

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE
GUATEMALA.**



FACULTAD DE INGENIERIA

**MANUAL PRACTICO SOBRE ENSAYOS DE LABORATORIO Y ANALISIS
DE CAMPO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION BASICOS
PARA UNA CORRECTA SUPERVISION.**

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA

POR

JUAN CARLOS GARRIDO LOPEZ.

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ABRIL DE 1997.

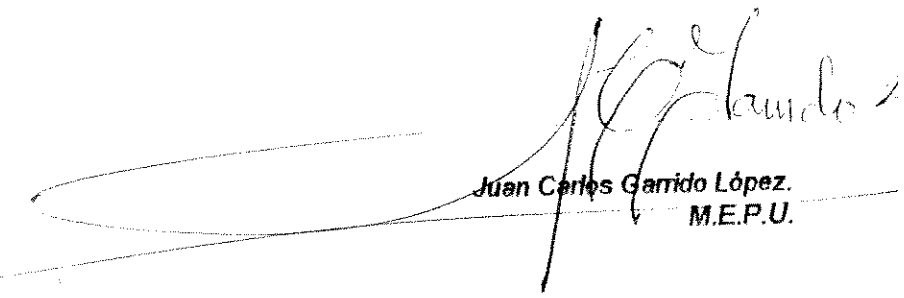
PROGRAMA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

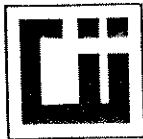
Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

**MANUAL PRACTICO SOBRE ENSAYOS DE LABORATORIO Y ANALISIS
DE CAMPO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION BASICOS
PARA UNA CORRECTA SUPERVISION.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil de esta Facultad, con fecha 20 de febrero de 1,997.


Juan Carlos Garrido López.
M.E.P.U.

b-2
(E.E.B.E.)+
80



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS - MUNICIPALIDAD DE GUATEMALA



Guatemala, 05 de marzo de 1,997.

Ing. Francisco J. Quiñonez.
Jefe del Area de Materiales.
Facultad de Ingeniería.
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Estimado Ingeniero:

Habiendo revisado el trabajo de tesis titulado **"MANUAL PRACTICO SOBRE ENSAYOS DE LABORATORIO Y ANALISIS DE CAMPO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION BASICOS PARA UNA CORRECTA SUPERVISION"**, del estudiante **Juan Carlos Garrido López**, manifiesto ante usted que dicho trabajo de tesis ha llenado los requisitos del programa dentro del cual se efectuó y por la trascendencia de su utilización en el campo de la supervisión de obras en construcción la doy por aprobada.

Sin otro particular me suscribo, atento servidor,


ING. JORGE MARIO MORALES GONZALEZ.
ASESOR.



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS - MUNICIPALIDAD DE GUATEMALA



Guatemala, 3 de abril de 1.997

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

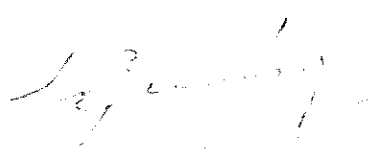
Señor Director.

Informo a usted que he revisado el trabajo de tesis titulado
MANUAL PRACTICO SOBRE ENSAYOS DE LABORATORIO Y ANALISIS DE CAMP
DE MATERIALES DE CONSTRUCCION BASICOS PARA UNA CORRECT
SUPERVISION, realizado por el estudiante universitario Jua
Carlos Garrido López, quien contó con la asesoría del Ing. Jorg
Mario Morales González.

El trabajo cumple con los objetivos para los cuales fu
planteado y aporta valiosa información para la Ingenieri
Nacional, por lo que recomiendo su aprobación.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Francisco Javier Quiñónez
Coordinador Área de Materiales

FJQ/jma

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



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 González y del Coordinador del Area de Materiales, Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz, del trabajo de tesis del estudiante Juan Carlos Garrido López, titulado MANUAL PRACTICO SOBRE ENSAYOS DE LABORATORIO Y ANALISIS DE CAMPO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION BASICOS PARA UNA CORRECTA SUPERVISION, da por este medio su aprobación a dicha tesis.


Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano



Guatemala, abril de 1, 1997.

JDIS/bbdeb.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



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 MANUAL PRACTICO SOBRE ENSAYOS DE LABORATORIO Y ANALISIS DE CAMPO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION BASICOS PARA UNA CORRECTA SUPERVISION, del estudiante Juan Carlos Garrido López, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:


Ing. Herbert René Miranda Barrios

DECANO

Guatemala, abril de 1,997



/bbdeb.

DEDICATORIA.

"El triunfo en la vida es algo en extremo celoso y elusivo; y nadie es capaz de obtenerlo con esfuerzos a medias y ambiciones mediocres. Este se conquista sólo con acciones firmes y bien intencionadas".

"Lástima de aquellas personas que disipan su tiempo libre como si éste fuera una fuente inagotable de placer, sin pensar que un buen día despertarán acosados por el remordimiento de haber dejado pasar los mejores años de su vida en la más completa indolencia y no les queda ya mucho tiempo para recuperar el tiempo perdido por la apatía con la que se condujeron en el pasado".

Frases como éstas han sido estímulo durante toda mi vida. Mi padre me las ha inculcado, y ambos, padre y madre, José Antonio Garrido Balcárcel y Esperanza López de Garrido, con su ejemplo cotidiano las han convertido en una forma de vida. Esta tesis, que representa el epílogo del esfuerzo de muchos años va dedicada especialmente a ellos. Gracias por su apoyo, comprensión y ejemplo. Por sus sacrificios en aras de mi porvenir. Hoy, quiero retribuirles, aunque sea en mínima forma: sus esfuerzos no fueron en vano.

A mis hermanos dedico esta tesis con mucho cariño. Gracias por su apoyo. Especialmente a mi hermana mayor Beverly Garrido de Alvarado. A los menores, que este peldaño más alcanzado en el empinado trayecto de la vida les sirva de ejemplo y estímulo.

La vida no estaría completa sino se llegase a encontrar esa alma gemela que la acompaña. A mi esposa, Sindy Figueroa Serrano de Garrido, por su amor y apoyo. Ella me ha demostrado qué fácil podría resultar pronunciar cientos de hermosas palabras, adornadas con dulzura y acentuadas tiernamente; pero qué es más difícil, pero más valioso el demostrar con hechos, el amor que tanto sale de los labios.

En fin, ocuparía más de un libro, para agradecer a todos ellos, familiares y amigos, que a lo largo de mi vida siempre han estado presentes y son de mucho aprecio para mí. Gracias a todos.

A mi Glorioso Instituto Normal "2 de Junio" y mi Tricentaria Universidad de San Carlos de Guatemala. Han inculcado en mí no solamente conocimiento y academia. Estos van acompañados de ética y consciencia. Me han hecho entender que además de la natural búsqueda de la superación personal, todos debemos aportar algo por este país. Pues al final es como dice mi padre: "El castigo más grande de los hombres capaces que rehusan participar en cuestiones de interés común es precisamente el de vivir bajo el dominio y subyugo de pseudo-hombres incapaces".

Juan Carlos Garrido L.

INDICE GENERAL.

	<u>Página</u>
INTRODUCCION	I
OBJETIVOS	II
 CAPITULO I.	
 EL ENSAYO DE MATERIALES.	
1.1. MATERIALES DE CONSTRUCCION	1
1.2. ELECCION DEL MATERIAL	1
1.3. CARACTERES DE LOS MATERIALES	2
1.4. EL ENSAYO. CLASES DE ENSAYO:	2
1.4.1. TIPOS DE ENSAYO SEGUN LOS MEDIOS UTILIZADOS.	
1.4.2. TIPOS DE ENSAYO SEGUN SU FINALIDAD	
1.4.3. TIPOS DE ENSAYO SEGUN SU CONVENIENCIA	
1.4.4. TIPOS DE ENSAYO SEGUN EL METODO UTILIZADO	
1.5. SUPERVISION Y ANALISIS DE CAMPO	4
1.6. ENSAYO DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES	5
1.6.1. ENSAYO DE LAS PROPIEDADES FISICAS	5
1.6.2. ENSAYO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS	10
1.6.2.1. PROPIEDADES MECANICAS	
1.6.2.2. SOLICITUDES MECANICAS	
1.6.2.3. ENSAYO DE LAS SOLICITUDES MECANICAS	
1.6.2.4. OTROS ENSAYOS MECANICOS	
1.6.3. ENSAYO DE LAS PROPIEDADES QUIMICAS	17
1.7. MAQUINAS DE ENSAYO	17
1.8. NORMALIZACION DE CARACTERES Y ENSAYOS	18
1.8.1. NORMALIZACION INTERNACIONAL	
1.8.2. NORMALIZACION NACIONAL	
1.8.3. ESPECIFICACIONES EN OBRA	
 CAPITULO II.	
 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCION. ENSAYOS DE LABORATORIO Y ANALISIS DE CAMPO.	
2.1. ACERO DE REFUERZO	20
2.1.1. ENSAYOS Y ANALISIS DE SUS PROPIEDADES.	
2.1.2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DEL ACERO.	
2.2. AGREGADOS DEL CONCRETO	
2.2.1. AGREGADO FINO	21
2.2.1.1. ENSAYOS Y ANALISIS DE SUS PROPIEDADES	
2.2.1.2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DEL AGREGADO FINO	
2.2.2. AGREGADO GRUESO	23
2.2.2.1. ENSAYOS Y ANALISIS DE SUS PROPIEDADES	
2.2.2.2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DEL AGREGADO GRUESO	
2.3. ALUMINIO	24
2.3.1. ENSAYOS Y ANALISIS DE SUS PROPIEDADES	
2.3.2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DEL ALUMINIO.	

2.4. BLOCKS DE CEMENTO O CONCRETO.	25
2.4.1. ENSAYOS Y ANALISIS DE SUS PROPIEDADES	
2.4.2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DEL BLOCK	
2.5. CAL	26
2.5.1. ENSAYOS Y ANALISIS DE SUS PROPIEDADES	
2.5.2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DE LA CAL	
2.6. CEMENTO	29
2.6.1. ENSAYOS Y ANALISIS DE SUS PROPIEDADES	
2.6.2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DEL CEMENTO	
2.7. CONCRETO	31
2.7.1. ENSAYOS Y ANALISIS DE SUS PROPIEDADES	
2.7.2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DEL CONCRETO.	
2.8. FIBROCEMENTO	36
2.8.1. ENSAYOS Y ANALISIS DE SUS PROPIEDADES.	
2.8.2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DEL FIBROCEMENTO	
2.9. HIERRO (MATERIALES FERROSOS)	37
2.9.1. ENSAYOS Y ANALISIS DE SUS PROPIEDADES.	
2.9.2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DEL HIERRO	
2.10 LADRILLOS	40
2.10.1. ENSAYOS Y ANALISIS DE SUS PROPIEDADES.	
2.10.2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DEL LADRILLO.	
2.11. LAMINA GALVANIZADA	41
2.11.1. ENSAYOS Y ANALISIS DE SUS PROPIEDADES	
2.11.2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DE LA LAMINA GALVANIZADA	
2.12. MADERA	43
2.11.1. ENSAYOS Y ANALISIS DE LAS PROPIEDADES DE LA MADERA	
2.11.2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DE LA MADERA.	
2.13. MARMOL	47
2.13.1. ENSAYOS Y ANALISIS DE SUS PROPIEDADES.	
2.13.2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DEL MARMOL.	
2.14. PLASTICOS	48
2.14.1. ENSAYOS Y ANALISIS DE SUS PROPIEDADES	
2.14.2. PROPIEDADES DE LOS PLASTICOS	
2.14.3. LOS PLASTICOS EN LA CONSTRUCCION.	
LA EBONITA.	
LAS RESINAS ACRILICAS.	
EL POLIESTIRENO.	
FLORURO DE POLIVINILO.	
POLIETILENO.	
CLORURO DE POLIVINILO.	
2.15. PISOS DE CEMENTO	50
2.15.1. ENSAYOS Y ANALISIS DE SUS PROPIEDADES	
2.15.2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DEL PISO DE CEMENTO	
2.16. VIDRIO	52
2.16.1. ENSAYOS Y ANALISIS DE SUS PROPIEDADES	
2.16.2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DEL VIDRIO	
2.17. YESO	53
2.17.1. ENSAYO Y ANALISIS DE SUS PROPIEDADES	
2.17.2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DEL YESO	

CAPITULO III.

CONTROL DE CALIDAD Y CUMPLIMIENTO DE NORMAS EN OBRAS DE CONSTRUCCION.

ENSAYOS DE LABORATORIO Y ANALISIS DE CAMPO BASICOS PARA UNA CORRECTA SUPERVISION.

3.1. VERIFICACION DE MEDIDAS Y ANGULOS DE TRAZO	56
3.2. CONFRONTACION DE NIVELES DE PLATAFORMA	56
3.3. INSPECCION DE ZANJAS DE CIMENTO	57
3.4. REVISION DE ARMADURAS	57
3.4.1. INSPECCION DE LAS VARILLAS DE ACERO DE REFUERZO.	
3.4.2. INSPECCION DEL RECUBRIMIENTO MINIMO	
3.4.3. CHEQUEO DEL AMARRE DE ESTRIBOS EN VIGAS Y COLUMNAS	
3.4.4. INSPECCION DE EMPALMES	
3.5. INSPECCION DEL CONCRETO Y SUS AGREGADOS	58
3.5.1. REVISION DE LA ARENA	
3.5.2. REVISION DE LA GRAVA.	
3.5.3. CHEQUEO DEL CEMENTO	
3.5.4. INSPECCION DEL CONCRETO EN SU COLADO Y CURADO	
3.6. CHEQUEO DE FORMALETAS Y DESENCOFRADO	59
3.7. SUPERVISION DE FUNDICION	59
3.8. INSPECCION DEL LEVANTADO DE PAREDES, MUROS Y TABIQUES	60
REVISION DE PINES EN LA MAMPOSTERIA REFORZADA.	
3.9. SUPERVISION DE INSTALACION DE TECHOS O FUNDICION DE LOSAS	60
3.10. INSPECCION DE PISOS	61
FUNDICION DE PISOS DE CONCRETO.	
COLOCACION DE PISOS DE CEMENTO.	
3.11. INSPECCION DE MARCOS DE VENTANA Y VIDRIOS	61
3.12. INSPECCION DE PUERTAS	61
3.13. INSPECCION DE LOS ACABADOS FINALES	61
3.14. SUPERVISION DE INSTALACIONES VARIAS	62
CONCLUSIONES	III
RECOMENDACIONES	IV
REFERENCIAS	V
BIBLIOGRAFIA	VI
APENDICE DE TABLAS	

INTRODUCCION.

La experiencia ha demostrado que cuando suceden percances trágicos en la construcción -como el desplome o hundimiento de una edificación-, o bien, ocurren desastres naturales impredecibles -terremotos o huracanes, por ejemplo-; en un alto porcentaje de los casos la falla o destrucción de las estructuras, no se ha debido a un mal diseño o incorrecto cálculo, sino más bien a la ausencia de una adecuada supervisión en la construcción del proyecto, en donde el uso de materiales inadecuados o defectuosos, que no cumplen con las normas mínimas de fabricación, transporte, almacenaje y utilización, constituye el principal factor. Las investigaciones efectuadas posteriormente al último terremoto ocurrido en la ciudad de México demostraron la veracidad de lo anterior.

Ante esta situación, el Ingeniero Civil o cualquier otro profesional dedicado a la construcción, necesita contar con una herramienta básica que le permita determinar, mediante análisis de campo y ensayos de laboratorio, la calidad de los materiales utilizados en el proyecto que se supervisa. Este manual pretende llenar el vacío que en este aspecto existe en nuestro medio actualmente. Las empresas productoras o importadoras de materiales y materia prima para la construcción, así como las diversas instancias normalizadoras y rectoras en este campo, ofrecen información sobre los controles de calidad llevados a cabo por ellos, así como de los caracteres, propiedades, resistencias y formas óptimas de uso de cada uno de los materiales de construcción. Recopilar esa información y presentarla al profesional en un solo volumen estructurado y organizado era igualmente una necesidad urgente de cubrir, a fin de contribuir a la solución del problema descrito. Además, el avance de la tecnología ha diversificado los materiales de construcción, existiendo ahora nuevos materiales que aún no se estudian de manera profunda en los cursos de pre-grado en la mayoría de facultades de ingeniería y arquitectura del área. Se hacía entonces, también necesario proporcionar al interesado un documento que le proporcione esa información.

La tesis se ha estructurado de una forma fácil de consultar. Inicialmente se estudian las propiedades y caracteres de los materiales en forma general. Una clasificación de los diferentes análisis de campo y ensayos de laboratorio que se pueden efectuar, de acuerdo a su finalidad, medios para su ejecución y naturaleza de estudio, entre otros, se encontrará en el capítulo I y será de mucha utilidad. En el capítulo II se estudian los materiales de construcción más comunes en nuestro medio. Se han ordenado alfabéticamente para facilitar su consulta. Una completa información sobre su naturaleza, propiedades y especificaciones; así como de los análisis y ensayos de que son susceptibles, se incluye de cada uno de ellos. Finalmente, en la última parte del texto se agrega una guía fácil de seguir sobre los controles de calidad y cumplimiento de normas en una obra en construcción básicos para una correcta supervisión. Los análisis e inspecciones más fáciles de efectuar se describen en este capítulo. Estos se han ordenado de manera que guarden relación con el desarrollo del proceso constructivo a fin de facilitar su estudio. Resultará interesante descubrir como simples análisis y observaciones contribuyen de forma considerable a aumentar la calidad, economía y seguridad de una construcción. Y para completar todo lo anterior, en el apéndice se incluye una serie de tablas con información de propiedades, caracteres, esfuerzos y utilización de los materiales.

Utilizar el manual como una herramienta auxiliar en el curso de MATERIALES DE CONSTRUCCION, haciendo énfasis en despertar una nueva conciencia en los estudiantes y futuros profesionales a fin de no sacrificar seguridad por economía a la hora de ejecutar sus proyectos, sería el objetivo más interesante de alcanzar. Pues es necesario recalcar el hecho de que pesa una responsabilidad ética y profesional en cada uno de nosotros al momento de desempeñar nuestra función en la sociedad guatemalteca.

OBJETIVOS:

1. Elaborar un manual práctico sobre los ensayos y análisis de campo y laboratorio más factibles de realizar, que constituya una herramienta básica en la correcta supervisión de proyectos de construcción y que brinde toda la información necesaria sobre los materiales a utilizar.
2. Enunciar todas las propiedades físicas, mecánicas y químicas de los materiales; así como sus caracteres y composición.
3. Describir los materiales de construcción según sus propiedades y características. Determinar tipos de ensayo y análisis que se les pueden efectuar. Y establecer las normas y requisitos que regulan su calidad.
4. Investigar los controles de calidad y la forma en que se cumplen las normas sobre materiales en una obra de construcción, a fin de elaborar una guía fácil de estudiar sobre estas situaciones.

CAPITULO I. CONCEPTOS GENERALES.

1.1. MATERIALES DE CONSTRUCCION.

Etimológicamente material significa *formado por materia*. Proveniente del latín, dícese de materia *substancia extensa, divisible e impenetrable, susceptible de toda clase de formas.*¹

Los antiguos designaban con el término de materia la substancia que constituye todas las cosas en general. Las teorías modernas dan a la materia, lo mismo que a la radiación, una representación corpuscular. Los cuerpos están formados de moléculas y éstas a su vez, están constituidas por átomos, cuyos elementos componentes -electrones, protones y neutrones- son los granos o expresiones mínimas de la materia.

Los materiales de construcción son todos aquellos elementos, substancias o mezclas que se utilizan en el proceso de construcción de una obra civil. Su clasificación más general sería la de **naturales**, aquellos extraídos del medio y utilizados sin ninguna modificación: maderas, rocas, arenas, etc.; y **artificiales**, los obtenidos luego de largos procesos de fabricación como aceros de refuerzo, cementos, etc. Los primeros tendrán que ser utilizados de acuerdo a sus bondades y propiedades, el uso adecuado de los mismos será fundamental. El análisis de sus características determinará su correcta utilización. Los segundos podrán fabricarse o modificarse de acuerdo a las necesidades de construcción. El ensayo para determinar sus propiedades, de acuerdo a las normas mínimas requeridas y la verificación de las bondades anunciadas por el fabricante serán igualmente importantes a la hora de determinar su utilización.

Los principales materiales usados en la construcción de edificios incluyen los metales y las aleaciones, la madera, el concreto de cemento portland, la mezclas bituminosas, los productos de barro, los materiales de mampostería y los plásticos. La principal función 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 y, por lo tanto, determinar a grandes rasgos la naturaleza de los ensayos a efectuar en esos materiales es fundamental.

1.2. ELECCION DEL MATERIAL.

El material es un elemento decisivo para la belleza y bondad de toda construcción, pues con materiales deficientes se obtendrán, como es lógico, edificios defectuosos y no es tampoco fácil conseguir, con materiales pobres, depuradas obras de arte.

La elección del material viene condicionada por los siguientes factores:

- a) cualidades estéticas apropiadas.
- b) aptitud para el trabajo que ha de soportar.
- c) resistencia a los agentes agresivos.
- d) costo, hasta quedar recibido en la obra.

De la debida proporcionalidad entre estos cuatro factores, algunos, como se intuye, antagónicos entre sí, depende el éxito de la empresa constructora.

¹ Segun referencia No. 1

1.3. CARACTERES DE LOS MATERIALES.²

De los cuatro factores que anteceden, el d) es una cifra, un precio, pero los otros tres pertenecen por entero al criterio del diseñador de la obra y a esa libertad de elección -dentro de las disponibilidades del mercado- corresponde una plena responsabilidad sobre la calidad de la misma, por lo cual se advierte cuánto interesa conocer de antemano las propiedades de los materiales de construcción para usarlos correcta y adecuadamente..

Pues bien; los primeros tres factores son consecuencia directa de los caracteres del material y pueden clasificarse en cuatro grandes grupos:

organolépticos,
físicos,
químicos y
biológicos.

Son **organolépticos** aquellos caracteres que se refieren al aspecto, color, tamaño y todos los demás que se pueden apreciar por el simple ejercicio de los sentidos; son **físicos** los referentes al volumen, peso y datos con ellos relacionados. Dentro de ellos merecen especial mención los caracteres **mecánicos** que denotan la capacidad de resistencia a las fuerzas. Los **químicos** dependen de la composición íntima, cualitativa y cuantitativa de la materia y de sus reacciones con la del medio que la rodea. Los biológicos no interesan a los fines de este estudio, excepto en maderas.

Para conocer y evaluar los caracteres dominantes de un material se somete a distintas pruebas e investigaciones que reciben el nombre de **ensayos**.

1.4. EL ENSAYO. CLASES DE ENSAYO.

El ensayo es un proceso experimental cuyos resultados permiten realizar la medición de series de valores proporcionales a los caracteres de un material. El significado real de cualquier ensayo reside en el grado al cual capacita para predecir el desempeño de un material en servicio. El ensayo ideal debe ser significativo, confiable, reproducible, de precisión conocida y económico.

Si, en efecto, si se desea comprobar la resistencia de una pieza cualquiera, el método más seguro sería el de su ensayo directo, pero la complejidad y el costo del tal sistema lo haría, en general, prohibitivo, salvo casos especialísimos o, en fin, como temas de investigación; la experiencia obtenida por medio de los estudios realizados demuestra que basta ensayar un pequeño trozo de dicha pieza, que se llama **probeta**, para deducir, con suficiente exactitud, el comportamiento de la pieza entera.

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 -Investigación de materiales y labor de desarrollo-
- 3) Obtener medida exactas de las propiedades fundamentales o constantes físicas -Medición científica-

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.

² Según referencia No. 10

La investigación de materiales tiene como propósitos: arribar a un nuevo entendimiento de los materiales conocidos, descubrir las propiedades de nuevos materiales y elaborar normas de calidad o procedimientos de ensayo significativos.

El ensayo científico tiene como meta 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.

1.4.1. TIPOS DE ENSAYO, SEGUN LOS MEDIOS UTILIZADOS PARA SU REALIZACION.³

Según los medios utilizados para realizar el ensayo, pueden clasificarse en dos grandes grupos:
Ensayo Organoléptico y Ensayo Tecnológico.

1.4.1.1. ENSAYO ORGANOLEPTICO que investiga caracteres del mismo nombre y que es *normalizado* -reglado, rígido- en cuanto hace referencia al plano, a la línea, a la dimensión y a la forma; y *personal* si aprecia color, aspecto o proporción; en cualquier caso es esencialmente *estático*, reduciéndose a comprobar si el material responde a un aspecto, calidad o color determinados.

Entre los ensayos organolépticos mas importantes están:

- a) La apariencia externa o vitola, primera impresión que produce la contemplación del material, permitiendo distinguir su forma, tamaño, manchas, imperfecciones, etc.
- b) El examen de su fractura, que permite comprobar la uniformidad, el tamaño de su grano y las grietas, poros o fallas que pueda contener en su interior.
- c) Las propiedades típicas, peculiares de cada materia, como, por ejemplo la transparencia u opacidad, el olor, la sonoridad a la percusión, el peso relativo, la tonalidad, etc.

Los ensayos organolépticos no pierden su carácter sensorial aun cuando el observador se valga de sencillos útiles a su alcance, tales como llaves, anillos, ácidos caseros, etc. Tienen valor cuando aquél posee experiencia y ausencia total de prejuicios; en caso contrario, lo probable es que se deje llevar por la desconfianza y rechace materiales admisibles.

1.4.1.2. ENSAYO TECNOLOGICO, sea físico, mecánico o químico, resultante de una investigación experimental normalizada a fin de que los resultados obtenidos sean comparables. Los físicos y químicos son estáticos, pero los mecánicos son dinámicos, con el concurso de fuerzas que actúan sobre el material hasta determinar, por lo general, su rotura.

1.4.2. TIPOS DE ENSAYO, SEGUN SU FINALIDAD.

Según la finalidad que persiguen, pueden distinguirse dos tipos de ensayos:

1.4.2.1. ENSAYOS DE ELECCION, cuyo objetivo es el conocimiento previo de las posibilidades de un material para utilizarlo correctamente en una construcción; a los materiales naturales -rocas, maderas, etc.- no podemos imponerles condiciones de bondad o resistencia, teniendo que aceptar las que ofrezcan, pero sabiendo elegir los que mejor resuelvan el problema planteado; y

1.4.2.2. ENSAYOS DE COMPROBACION para certificar si el material responde a una calidad o a un tipo fijados por las disposiciones vigentes o consagrados por la experiencia; los materiales artificiales, obtenidos tras largos procesos fabriles y después de manipulaciones, almacenajes y transportes, pueden sufrir fuertes alteraciones en sus propiedades, por lo que es preciso comprobar que, en el momento de su empleo, se encuentran en perfectas condiciones.

³ Según referencia No. 10

1.4.3. TIPOS DE ENSAYO, SEGUN SU CONVENIENCIA.

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 ensayo, 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.

1.4.4. TIPOS DE ENSAYO, SEGUN EL METODO A UTILIZAR.

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

- a) Ensayos en estructuras, miembros o partes de tamaño natural.
- b) Ensayos en modelos de estructuras, miembros o partes.
- c) Ensayos en probetas cortadas de las partes acabadas.
- d) Ensayos en muestras de materiales naturales o transformados.

1.4.5. TIPOS DE ENSAYO, SEGUN LA UTILIZABILIDAD DE UN MATERIAL DESPUES DE REALIZADO ESTE.

Con respecto a la utilizabilidad de un material o una parte después del ensayo, los ensayos pueden clasificarse como: destructivos y no destructivos.

Los ensayos para determinar la resistencia última de un material naturalmente implican la destrucción de la muestra. Los ensayos no destructivos son de particular interés para la supervisión de la obra.

1.6. SUPERVISION Y ANALISIS DE CAMPO.⁴

Aunque sus funciones se relacionen, es necesario distinguir entre el ensayo, como tal, y la inspección y análisis de campo. Como ya se hizo ver, el ensayo se relaciona específicamente con la realización física de las operaciones para determinar las medidas cuantitativas de ciertas propiedades. La inspección o análisis de campo 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 no deseables, tales como la humedad o temperaturas excesivas.

En principio, en cualquier obra de construcción el supervisor deberá solicitar muestras y ensayos de por lo menos, los siguientes materiales:

- a) Concreto y sus componentes: cemento, arena, grava.
- b) Acero de refuerzo estructural.
- c) Elementos de relleno: tabiques, blocks, ladrillos, etc.
- d) Tuberías de todo tipo.

⁴ Según referencia No. 13

e) Morteros y pastas hidráulicas.

El supervisor podrá exigir el ensayo de cualquiera o todos los materiales después de la entrega, incluyendo los que hayan sido aprobados y aceptados en la fuente de suministro y rechazará todos aquellos que no cumplan con las especificaciones técnicas.

Entre todas las funciones del supervisor destacan para el enfoque del presente trabajo:

1o. Examinar cuidadosamente los materiales que habrán de usarse en la obra y darles su aprobación o rechazo oportuno, según sea el caso, así como pedir o exigir pruebas de laboratorio de los distintos materiales, si así lo amerita.

2o. Ordenar los análisis y ensayos de laboratorio que sean necesarios para los materiales de construcción de los cuales se tenga duda o en caso de obras que exijan un estricto control de los materiales a emplearse. Los materiales, sus muestras o probetas de ensayo, deben mantenerse bajo directo control y vigilancia del supervisor y ser marcados de tal manera que sea fácil y segura su identificación.

1.6. ENSAYO DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES.

Entiéndase por propiedades, las cualidades, atributos o bondades atribuibles a un material. En el caso de los materiales de construcción, las propiedades que posean cada uno de los materiales a utilizar será fundamental para su correcta utilización en el proyecto que se está diseñando. A través de diferentes ensayos y análisis de campo y de laboratorio, el constructor podrá determinar si los materiales que utiliza poseen las propiedades necesarias para no fallar en el diseño que se ha proyectado.

1.6.1. ENSAYO DE LAS PROPIEDADES FISICAS.⁵

Siendo los más importantes:

a) MORFOLOGIA.

Tiene por objeto comprobar los elementos geométricos que dan forma al material, es decir, si sus rectas y planos lo son en efecto, si los ángulos tienen la correcta abertura y si las superficies que lo limitan son las debidas.

El ensayo morfológico tiene importancia para toda suerte de materiales de tamaño y dimensiones normalizadas, como, por ejemplo, el block, destinado a integrarse en *hiladas*, que tienen que ofrecerse rectos, sin sinuosidades o rajaduras.

Las rectas se comprueban a simple vista, observándolas en la dirección de su propia longitud y los planos, con auxilio de reglas, pudiendo evaluar las ordenadas de concavidad mediante cuñas graduadas. Los ángulos se verifican por medio de escuadras -en ángulo recto fijo- o baiveles, de ángulo variable a voluntad.

En todo material normalizado de dimensiones, es forzoso admitir *tolerancias* hasta ciertos límites fijados por las Normas Especiales, dentro de los cuales el material no es rechazable. Estos límites son excesos o defectos en la medida tipo que si son iguales se indicarán con el signo \pm antepuesto al límite; así por ejemplo una varilla de acero de refuerzo de 20 mm de diámetro posee una tolerancia

⁵ Según referencia No. 10

de \pm 5% lo cual quiere decir que son admisibles también los que tengan de diámetro 20.1 y 19.9 mm.

Toda medida expresada en números decimales cuyas últimas cifras sean ceros, indica que la misma ha sido obtenida con un error menor de la unidad, del último cero de la derecha; si se dice que un block tiene 24.90 cm de soga, se entenderá que dicha medida es con un error menor que 0.01 cm, pero si se consignará que dicha medida es 24.9 cm, se expresa que está obtenida con un error menor de 0.1 cm.

b) ESTRUCTURA.

La diferente forma de ordenarse las moléculas de un sólido produce su estructura. Existen dos grandes grupos de estructuras: la cristalina y la amorfa.

I. LA ESTRUCTURA CRISTALINA se caracteriza por su tendencia a la forma regular, limitada por superficies planas y es debida a una perfecta ordenación y especiamiento de las moléculas.

Cualquiera que sea el tamaño de los cristales, existen los siguientes tipos: *granulares*, estructuras compuestas de grandes granos cristalinos, *compactas*, masa cristalina uniforme y homogénea; y *veteadas*, masa cristalina compactada surcada por filones diversos.

II. LA ESTRUCTURA AMORFA en que no existe ordenación alguna del edificio molecular, con los siguientes tipos: *brechiforme*, de granos o fragmentos angulosos aglomerados por una masa general, y *miocénica*, idéntica a la anterior, pero sus fragmentos son redondeados.

Existen además, muchos materiales, principalmente rocas, cuya estructura física ofrece poros, fallos y oquedades y según el tamaño de los mismos hay estructuras *cavernosas* salpicadas de grandes cavidades; estructuras *celulares* con cavidades pequeñas, y estructuras *esponjosas*, de poros tenues, abundantísimos y con tabiques de separación de espesor reducido.

La estructura, examinada por fractura, suele ser un carácter organoléptico de primer orden del material, pues si se compacta, y si resulta cristalina, de grano fino y uniforme, el material puede clasificarse como de excelente calidad.

c) FINURA DE GRANO.

Muchos materiales, los *conglomerantes* sobre todos, se emplean finamente pulverizados y otros, como los llamados *áridos*, precisan tener proporciones definidas de sus distintos tamaños de granos para su debida compacidad, por lo que, con frecuencia, se requiere practicar *ensayos de cribado o finura de grano*, a través de cernedores que se clasifican en *cedazos*, si su luz de malla es superior a 5 mm y *tamices* si es igual o inferior a 5 mm.

d) EL COLOR.

Mediante un prisma de vidrio, Isaac Newton demostró hace ya más de doscientos años, que la luz solar era una síntesis de siete rayos cromáticos primarios, sobradamente conocidos; de estos siete rayos, unos son absorbidos por los objetos no produciendo sensación colorante alguna, mientras que otros son reflejados y percibidos por el ojo humano al que impresionan con una sensación que se llama *color* en perfecta correlación con el rayo o rayos reflejados. De lo expuesto se deduce que, teóricamente, los cuerpos, los materiales en sí no tienen color alguno si no mayor o menor capacidad de reflexión de uno o varios de los siete colores primitivos del espectro solar, por lo cual puede afirmarse que el color es una sensación subjetiva según el haz de rayos cromáticos reflejados que es dado percibir y prueba de ello es que si se esta contemplando una bella composición, plena de

armonía y ponderación cromática y so se oprime suavemente nuestro globo ocular, percibimos una sensación colorista distinta.

Ante esta subjetividad del color sólo se puede añadir que esta propiedad es fundamental para todo material que haya de quedar aparente en la composición arquitectónica.

e) CONTENIDO DE HUMEDAD.

Todos los materiales contienen en estado natural, cierta cantidad de agua, según variaciones higrométricas de la atmósfera, como se comprueba por la pérdida de peso que experimentan al desecarlos. Si se obtiene, en efecto, el peso natural de un material, G_N y después se introduce durante veinticuatro horas en un medio árido de agua - aire caliente seco o con H_2SO_4 , $CaCl_2$, CaO , etc.- se vuelve a pesar y se repite la operación con igual frecuencia hasta que dos pesadas consecutivas no difieran en más de su 0.2%, obteniendo un nuevo dato, G_S , la diferencia, $G_N - G_S$, es el peso del agua que contenía el material y el valor

$$H = \frac{G_N - G_S}{G_S} \cdot 100$$

mide, en %, el contenido de humedad del material ensayado, diciéndose que ha sido desecado a peso constante, G_S .

f) ABSORCION.

Si se satura un material con un líquido hasta peso constante, G_E y a continuación se deseca hasta peso constante también, G_S , la expresión

$$C_A = \frac{G_E - G_S}{G_S} \cdot 100$$

mide, en %, su capacidad de saturación. El valor C_A se llama **Coefficiente de absorción**.

El sistema normalizado de saturación se efectúa por medio de un cristizador en el que se coloca el material seco de modo que no toque el fondo; se vierte el líquido hasta que moje 1/3 de su altura, dos horas más tarde se eleva el nivel del líquido hasta los dos tercios y, finalmente, a las veintidós horas de comenzada la experiencia se añade líquido hasta que éste rebase cinco centímetros por encima del punto más alto de aquél. A las veinticuatro horas del comienzo del ensayo se pesa el material y cada veinticuatro horas consecutivas de su permanencia en el líquido, se repite la pesada hasta que dos de ellas no difieran en más de su 0.2%, en cuyo caso, el último valor es el peso constante embebido, G_E .

g) PESO ESPECIFICO.

Definido como peso de la unidad de volumen del material o, lo que es igual, como el cociente entre el peso y el volumen del mismo conviene no olvidar que ningún sólido se ofrece compacto y que todos, en mayor o menor grado, contienen poros o vacíos en su interior, por lo que, en realidad, poseen dos volúmenes distintos, el *aparente o externo*, V , incluidos todos sus poros o intersticios, y el *real o absoluto*, V_0 , excluidos los mismos; según el volumen que se considere, se obtendrán datos distintos: *la densidad aparente*,

$$\gamma = \frac{G_S}{V}$$

la densidad real,

$$V_o = \frac{G_s}{\rho_o}$$

Por ser $V_o > V$, la densidad real es siempre mayor que la aparente. Una vez obtenido el dato G_s , el problema se reduce al de hallar ambos volúmenes citados.

Para obtener V , cuando el sólido no afecta la forma geométrica cubicable, se emplea la balanza hidrostática, si G_E es el peso del material embebido en agua y G_A el peso del mismo en el seno de dicho líquido, el volumen aparente vale $G_E - G_A$ y la densidad aparente, siendo V_A la del agua,

$$V = \frac{G_s}{G_E - G_A} \cdot V_A$$

Siendo imposible eliminar los poros impenetrables contenidos en el interior de un sólido, para hallar su volumen real es preciso admitir que el material carece de poros cuando, reducido a polvo, el tamaño de sus partículas o granos no es superior, en cualquier sentido a 0.100 mm., lo que exige que todo él atraviese dicho tamiz. En estas condiciones se dispone de dos sistemas de operar: el del picnómetro, que registra pesos y el del volumenómetro, que evalúa volúmenes.

Un **picnómetro** es un frasco con tapón, ambos de vidrio, en que este último se prolonga en tubo capilar con embudo y señal de enrase, en correspondencia con un volumen conocido; llenándolo de un líquido hasta dicha señal, se puede obtener su peso, G_p ; a continuación se vacía y seca cuidadosamente, introduciendo un peso G_s del material pulverulento en ensayo, completando con líquido hasta la señal de enrase y obteniendo un nuevo peso G_Q . En estas condiciones el volumen real vale, siendo ρ_L la densidad del líquido utilizado

$$V_o = \frac{G_s - (G_Q - G_p)}{\rho_L}$$

El procedimiento normal operativo utiliza el agua, con densidad de 1 como elemento auxiliar; no obstante, cuando se opera con materiales tales como los conglomerantes que reaccionan con ella, es preciso valerse de otros líquidos inertes, tales como el bencol, el etanol, la glicerina, el xilol o el tolueno.

El **volumenómetro** es también un frasco de vidrio de mayor capacidad que el anterior, provisto de largo cuello, graduado en unidades de volumen. Para operar con él se enrasa hasta un cierto volumen, V_1 y se agrega un peso G_s del material pulverizado, produciéndose la ascensión de la columna líquida hasta un nuevo volumen, V_2 ; el peso específico del producto es:

$$V_o = \frac{G_s}{V_2 - V_1}$$

El sistema, menos exacto que el anterior, por los errores propios de toda simple apreciación visual, es mucho más rápido y suficiente en una mayoría de los casos operatorios.

Las densidades suelen expresarse en kg/dm^3 o en cualquiera de sus equivalentes, g/cm^3 o Tm/m^3 ; no obstante, cuando se trata de materiales pesados que suponen un notable incremento de las cargas soportadas por una estructura o pieza resistente, es corriente evaluarlos en kg/m^3 .

h) POROSIDAD.

Se da este nombre a la razón entre el volumen de poros contenidos por un sólido y su volumen aparente. Ya se ha dicho que todos los materiales, por compactos que parezcan, contienen poros o intersticios en su interior y de ahí que posean dos volúmenes distintos, el aparente y el real, por lo cual, además, son *compresibles*, es decir, susceptibles de que su volumen aparente pueda disminuirse, por medio de una fuerza de compresión, a un mínimo teórico que sería el volumen real.

Pero los poros contenidos en el volumen aparente de un material son de dos clases: **externos y penetrables desde el exterior o internos e inaccesibles por parte alguna**. El conjunto de los primeros constituye un volumen aparente de poros y la suma de todos ellos, accesibles e inaccesibles da el volumen real de poros, de donde se sigue que según se considere uno u otro volumen, se tendrá dos tipos distintos de porosidades: la aparente y la absoluta o real.

El volumen aparente de poros de un material viene dado por la diferencia

$$V_A = \frac{G_E - G_S}{\gamma_A}$$

y, por lo tanto, la porosidad aparente vale

$$\beta \text{ (\%)} = \frac{G_E - G_S}{V \gamma_A} = \frac{G_E - G_S}{G_S} \frac{\gamma}{\gamma_A} = C_A \frac{\gamma}{\gamma_A}$$

siendo, C_A el coeficiente de absorción.

El volumen real de poros de un material es, evidentemente, la diferencia entre los volúmenes aparente y real del mismo, por lo cual, la porosidad absoluta es de la forma,

$$f_A = \frac{V - V_0}{V} = \frac{\sqrt{0} - \sqrt{100}}{\sqrt{0}}$$

expresada también en %, como en el caso anterior.

i) COMPACIDAD.

Se da este nombre a la razón, expresada en % del cociente entre las densidades aparente y real. Como es lógico, la compacidad más la porosidad absoluta, suman la unidad o 100 si se expresa en %.

J) PERMEABILIDAD.

Propiedad muy ligada a la porosidad, con la condición de que los poros se hallen comunicados entre sí. La permeabilidad de un material ante un líquido que intente atravesarlo es siempre un dato relativo, dependiente de la presión del líquido, de su temperatura y de la del material, aparte de que, como enseña la experiencia, la permeabilidad tiende a reducirse con el tiempo por colmatación de los poros.

Para investigar la permeabilidad de los materiales se utiliza un aparato llamado **permeabilímetro**, consistente en una botella de aire a presión, un calderín y una probeta graduada. El material se emplea en forma de losa o laja y se ajusta al fondo del calderín, se añade agua hasta conseguir una altura de 10 cm sobre el material en ensayo y se permite la entrada del aire a presión de la botella; la presión inicial es de 0.5 kg/cm² y se mantiene constante durante 48 horas. Si al final de este plazo no se advierte el paso de agua, se aumenta la presión con igual ritmo y frecuencia hasta conseguirlo. La permeabilidad del material se mide por el número de kg/cm² que han sido necesarios para lograr que rezume el agua por la cara inferior de la muestra.

k) CONDUCTIBILIDAD TÉRMICA.

Cuando una cara de un material toma contacto con un medio más caliente que él, en virtud de las leyes del desnivel térmico, se calienta a su vez y este aumento de su temperatura se transmite a través del mismo con mayor o menor rapidez hasta hacer su aparición en la cara opuesta. Esta velocidad de transmisión depende de un coeficiente típico y característico de cada materia o conjunto de ellas.

Mediante el aparato para el ensayo de la conductibilidad térmica, dicho coeficiente se obtiene y se define como la cantidad de calor que en una hora atraviesa una probeta del material de 1 m² de caras paralelas distantes entre sí 1 m de espesor, cuando la diferencia de temperatura entre ellas es de 1 °C.

1.6.2. ENSAYO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS. SOLICITUDES MECANICAS.

1.6.2.1. PROPIEDADES MECANICAS.⁶

Si una fuerza actúa sobre un material imposibilitado de moverse, se deforma oponiendo, a su vez, otra fuerza igual y contraria, hasta lograr equilibrarla, en cuyo caso se dice que el material resiste; pero si, por la intensidad de la primera, el material carece de resistencia suficiente para mantener dicho equilibrio, el material se rompe. De aquí se deduce que las fuerzas que pueden actuar sobre un material son de dos clases: **exteriores**, como el peso y las cargas externas e **interiores**, como la cohesión.

En la resistencia de los materiales metálicos juega papel importante su temperatura; en el hierro dulce, se producen pérdidas de resistencia debidas al calor que facilitan mucho los cambios morfológicos y especialmente la *maleabilidad* o posibilidad de obtener láminas de pequeño espesor y la *ductibilidad* estirándolo en hilos muy delgados.

En la tabla I del apéndice se muestran los valores promedios de densidad y conductibilidad térmica de algunos materiales

6 Según referencia No. 10

Las propiedades mecánicas pueden definirse específicamente como aquellas que tienen que ver con el comportamiento (ya sea elástico o inelástico) de un material bajo fuerzas aplicadas. Las propiedades mecánicas se expresan en términos de cantidades que son funciones del esfuerzo o de la deformación o ambas simultáneamente.

Las propiedades mecánicas fundamentales son *la resistencia, la rigidez, la elasticidad, la plasticidad y la capacidad energética*.

a) LA RESISTENCIA.

En su acepción más amplia, la resistencia se refiere a la capacidad de una estructura o máquina para soportar cargas sin fallar, lo cual puede ocurrir por la ruptura debida al esfuerzo excesivo o verificarse a causa de la deformación excesiva. La resistencia de un material se mide por el esfuerzo según el cual se desarrolla alguna condición limitativa específica. Las principales condiciones limitativas o criterios de la falla son la terminación de la acción elástica y la ruptura. La dureza, usualmente indicada por la resistencia a la penetración o a la abrasión en la superficie de un material, puede considerarse como un tipo o una medida particular de resistencia.

b) ELASTICIDAD, PLASTICIDAD Y FRAGILIDAD.

La *elasticidad* es una fuerza interior que tiende a restablecer la morfología primitiva de un material deformado, tan pronto como cese la causa o fuerza externa que lo deformó; el ejemplo más típico lo constituye el comportamiento de una cinta elástica de caucho solicitada por tracción. Para una misma materia, la elasticidad puede ser función de la forma, caso en que se encuentran, por ejemplo, los resortes de acero.

La *plasticidad*, por el contrario, es la propiedad de un material de conservar indefinidamente, la deformación ocasionada por una fuerza exterior, aun después de cesar ésta, como en el caso del plomo o la arcilla húmeda. La plasticidad no presupone inexistencia o relajación de las fuerzas de cohesión interna -atracción molecular- típicas del estado sólido, pero si una disposición de las moléculas que les permite deslizarse unas alrededor de las otras, sin variar la distancia relativa.

La *fragilidad* es un carácter muy particular de determinados materiales en virtud del cual, imposibilitados de experimentar la más mínima deformación, ni elástica ni plástica, se dividen bruscamente en pedazos o fragmentos ante la acción de las fuerzas exteriores. Suele darse esta propiedad en los materiales de mayor dureza como, por ejemplo, el diamante, el vidrio o el acero fuertemente templado.

c) LA RIGIDEZ Y LA CAPACIDAD ENERGETICA.

La rigidez tiene que ver con la magnitud de la deformación que ocurre bajo la carga; dentro del rango del comportamiento elástico, la rigidez se mide por el "módulo de elasticidad". La capacidad de un material para absorber energía elástica depende de la resistencia y la rigidez; la capacidad energética en el rango de acción elástica se denomina *resiliencia*. La energía requerida para romper un material se toma como la medida de su *tenacidad*.

1.6.2.2. LAS SOLICITUDES MECANICAS.

Se llama *solicitud o sollicitación mecánica* a cada uno de los distintos modos de actuar las fuerzas sobre los materiales. La intensidad unitaria de una fuerza que actúa sobre una superficie se mide por su *tensión*, que es, por definición, el cociente de dividir la intensidad de la fuerza por la superficie de dicha sección; así la fuerza F en kg, actuando sobre una superficie A en cm^2 producirá una tensión de

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \text{kg/cm}^2.$$

La tensión capaz de producir la destrucción o desintegración del material se denomina **tensión de rotura** y dado que en la construcción se propone lograr obras durables y ajenas a todo peligro de derrumbamiento, para el cálculo de las distintas piezas resistentes se utilizan tensiones de cálculo que son una parte - 1/2, 1/3, 1/4, etc. - de las de rotura. Al cociente,

$$R = \frac{\sigma_{\text{rotura}}}{\sigma_{\text{admisible}}}$$

se le llama **coeficiente de minoración o de seguridad**.

Se ha dicho que cuando el material no es capaz de equilibrar con sus fuerzas interiores la acción de las exteriores, sobreviene la rotura del mismo; pues bien, esta rotura y las deformaciones que preceden, son consecuencia del tipo de solicitud y de la intensidad de la misma.

Las solicitudes primarias son cinco: **tensión, compresión, corte, flexión y torsión**.

1.6.2.3. ENSAYOS DE LAS SOLICITUDES MECANICAS PRIMARIAS.

En los ensayos de tensión y compresión, se intenta aplicar una carga axial a una probeta a modo de obtener una distribución uniforme del esfuerzo sobre la sección transversal crítica. En los ensayos de corte directo, se intenta obtener una distribución uniforme del esfuerzo, pero esta condición ideal nunca es satisfecha en la práctica debido a la manera en que los esfuerzos cortantes se desarrollan dentro del cuerpo bajo cargas de corte directo, y debido a los esfuerzos incidentales establecidos por los dispositivos de sujeción. Los ensayos de torsión poseen una ventaja sobre las de corte directo en cuanto a que las deformaciones pueden determinarse por la medición del ángulo de torsión. En los ensayos de flexión, tanto la tensión como la compresión quedan involucradas (y también el corte, si se introduce otra flexión que la pura), y los efectos compuestos se estudian; por ejemplo, las deflexiones se miden directamente y el módulo de ruptura se determina.

a) TENSION. LEY DE HOOKE.⁷

De las numerosas experiencias y estudios realizados se desprende que no existen materiales absolutamente elásticos cuyas deformaciones desaparezcan por completo al cesar la carga que las produjo; hay, empero, un límite para las tensiones dentro del cual el cuerpo se comporta como elástico y fuera del cual, aun desaparecida la carga, subsiste una deformación permanente; este se llama *límite de elasticidad* y dentro de él se cumple la ley formulada por Hooke en 1678 que dice:

- 1) La deformación es proporcional a la tensión y
- 2) el valor absoluto de la deformación es el mismo cuando se sustituye la compresión por la tracción o cuando cambia el sentido de giro en la flexión o el de rotación en la torsión.

Al actuar una fuerza de compresión o de tracción sobre un material elástico se produce un acortamiento o un alargamiento del mismo, paralelo a la dirección de la solicitud; si le llamamos $\Delta l = l - l_0$ (l , longitud deformada y l_0 , longitud primitiva), la deformación unitaria se conoce con el nombre de *ducción* y vale,

⁷ Según referencia No. 10

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0}$$

y la ley de Hooke se enuncia entonces, por medio de la expresión:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

E es el llamado módulo de deformación longitudinal o módulo de Young, en kg/cm².

El módulo de Young de un material elástico se determina siempre mediante ensayo de tracción y por medio de aparatos sumamente sensibles, llamados **extensómetros o elongómetros** capaces de registrar cambios de longitud reducidísimos.

b) COMPRESION. ⁸

Se lleva a cabo este ensayo utilizando probeta cúbica, generalmente de 7.07 cm de arista; si F en Kg es la fuerza actuante y A en cm² es la sección, la tensión vale:

$$\sigma_c = - \frac{F}{A} \quad \text{kg/cm}^2$$

Conforme aumenta F, la probeta experimenta una reducción en altura acompañada de un aumento de las secciones normales a su directriz, con un máximo en la sección media; tenemos por lo tanto, otra reducción transversal μ_1 , y al cociente

$$\mu = \frac{\epsilon}{\epsilon} < 0.5$$

se le llama módulo o coeficiente de Poisson. Tratándose de materiales duros y cristalinos, la rotura sobreviene por desprendimiento de cuatro casquetes, quedando transformada la probeta en dos pirámides truncadas unidas por sus bases menores. En materiales fibrosos -madera, etc.- la rotura se produce por desgarramiento acompañado de astillado y torsión.

c) CORTADURA.

El método operatorio difiere según se trate de ensayar a esta solicitud materiales pétreos o leñosos, dando siempre por sentado que el conseguir una carga tangencial pura, exenta de esfuerzos de flexión, es difícil; para los primeros, se labran unas delgadas probetas que se asientan sobre piezas de apoyo capaces de soportar la carga F (kg). Si la sección de la pieza vale A (cm²), la tensión de cortadura será:

$$\tau = \frac{F}{2A} \quad \text{kg/cm}^2$$

Para el ensayo con madera, se labran probetas en forma de cruz que se someten a ensayo de compresión, obteniéndose una solicitud tangencial más pura que en el caso anterior.

⁸ Según referencia No. 6

d) FLEXION.

La flexión tiende a deformar el material por giro de las secciones paralelas a la fuerza -que, dentro del período elástico, permanecen planas-, lo cual determina un alargamiento -tensión- de la cara normal más lejana a la fuerza y un acortamiento -compresión- de la más próxima, y siendo ambas solitudes de signo contrario es evidente que hay un plano intermedio, normal a la dirección del esfuerzo, en que no se opera deformación alguna, que es la llamada línea o fibra neutra.

El ensayo a flexión se lleva a cabo con probeta prismática del material de 16 x 4 x 4 cm, aplicando carga única progresiva en el centro de la misma, hasta alcanzar la rotura, calculando después, el valor correspondiente.

e) TORSION.

El ensayo de torsión generalmente se circunscribe a materiales metálicos, utilizando probeta en forma de varrilla, provista de cabezas cúbicas para que sea posible aplicarles un par de torsión. No es finalidad en esta tesis la deducción de su fórmula.

$$\sigma_T = \frac{2 M}{\pi r^3} \text{ kg/cm}^2.$$

1.6.2.4. OTROS ENSAYOS MECANICOS.⁹

Además de los cinco ensayos fundamentales descritos anteriormente, suele ser necesario investigar el comportamiento de los materiales ante otros esfuerzos, entre ellos:

a) ADHERENCIA Y DESLIZAMIENTO.

Cuando dos cuerpos en contacto se desplazan mutuamente uno sobre otro de sus posiciones de reposo, existen tres tipos de movimientos:

- 1o. Si ambos elementos tienen un plano común de contacto, se dice que hay *deslizamiento*.
- 2o. Si su contacto se reduce a una línea, hay *rodadura*; y
- 3o. Si es sólo un punto -más o menos teórico- el desplazamiento es un *giro*.

El rozamiento se favorece por la rugosidad o aspereza de las superficies de contacto y la adherencia, por la interposición de materiales adhesivos o conglomerantes; por el contrario, el deslizamiento se facilita por la finura y pulimiento o por medio de materiales viscosos o lubricantes.

Cuando dos o más materiales deben trabajar juntos, hay que favorecer la adherencia entre ellos y existen tres sistemas de ensayar la tensión en cada caso:

- uniendo dos probetas entre las cuales se ha interpuesto el adhesivo y sometiendo el conjunto a una tensión;
- mediante tres probetas adhesivas sobre las que actúa una compresión; o
- preparando una serie horizontal de probetas solidarizadas entre sí y desorganizando el conjunto por flexión.

En cada caso se empleará el sistema más en consonancia con el trabajo del material en obra.

⁹ Según referencia No. 10

b) DURABILIDAD DE LOS MATERIALES.

El concepto durabilidad no admite otra definición más precisa que la general y vulgar que todos poseemos sobre ella, es decir, la resistencia del material ante la acción de los agresivos que, de un modo o de otro, tienden a lesionarlo, e incluso destruirlo.

Hay tres grandes grupos de entes agresores que atentan contra la integridad del material:

Agresores mecánicos.....	Choque	
	Roce	
Agresores físicos.....	Agua	líquida
		hielo
	Calor	
Agresores químicos.....	Reactivos	

c) DUREZA Y DESGASTABILIDAD.

Se llama dureza de un material a la fuerza que opone a la abrasión, a dejarse rayar o herir superficialmente por otros; es proporcional a la razón

$$a = \frac{\text{densidad}}{\text{peso atómico}}$$

llamada concentración molecular y se mide por medio de la escala de durezas de Mohs, ordenada de tal modo que cada material raya al anterior y es rayado por el siguiente: 1, talco -2, yeso -3, calcita -4, espato flúor -5, apatito -6, ortosa -7, cuarzo -8, topacio -9, corindón -10, diamante.

Por interpolación entre ellos, se hallará la dureza relativa de cualquier material; no obstante, para conseguir datos más precisos, en los aceros y metales se emplean otros sistemas como el de **Rockwell** o el del impacto por la bola de **Brinell**.

Cuando dos cuerpos se deslizan entre sí, se produce una pérdida de volumen mutuo en las superficies de contacto, más rápida en el material más blando, que se mide por su **desgastabilidad**, de la forma:

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

en que V_i , en cm^3 es el volumen inicial del material, V_f , el final y A , en cm^2 , la sección de la cara o plano de contacto. La desgastabilidad viene, por tanto, medida en cms.

Para llevar a cabo este ensayo se adopta una probeta paralelepípedica de volumen V_1 , una de cuyas caras, de superficie A , se comprime con una carga unitaria de 0.06 kg/cm^2 sobre una pista giratoria de acero duro interponiendo un abrasivo de arena silicea fina o polvo de carborúndum; después de un número de vueltas de la pista que represente un recorrido de 1,000 m., se retira la

probeta y se determina su nuevo volumen, V_F , con un error menor de 0.05 mm^3 . Este ensayo es de gran interés para toda suerte de materiales destinados a la pavimentación.

d) CHOQUE Y RESILENCIA.

Si sobre una probeta de material de ensayo, apoyada sobre un plano indeformable y de resistencia suficientemente grande, se deja caer una carga P (kg), desde una altura h (cm), el trabajo Ph , (kg/cm), será soportado por la probeta hasta un límite función de P y de h ; si, para mayor facilidad, se conserva constante P , la tensión de rotura por choque será:

$$\sigma_K = \frac{P \cdot h_{\max}}{V}$$

es decir, dependerá de la altura máxima de caída y del volumen aparente en cm^3 de la probeta, por lo cual dicha tensión vendrá expresada en kg/cm^2 .

Si el material se apoya por sus extremos, como en el caso de la flexión y se somete a igual experiencia, se obtendrá otra clase de tensión de rotura a flexión por choque o resiliencia, ensayo de interés para las maderas por ser quien mejor identifica su calidad.

e) SOLUBILIDAD.

Es una acción agresiva por virtud de la cual, el material, parcial o totalmente soluble en el agua, tiende a disminuir progresivamente de volumen; los materiales destinados al exterior de las construcciones - materiales aparentes- azotados por las lluvias y los vientos experimentan erosiones más o menos importantes, que pueden evaluarse merced a un ensayo de solubilidad.

Si se pulveriza el material hasta finura tamiz No. 200 desecándolo a peso constante G_1 , se vierte en agua, se agita vigorosamente, se filtra el líquido y el retenido se deseca a peso constante G_2 , la razón:

$$S = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \cdot 100$$

mide en %, el contenido de elementos solubles del material propuesto.

Otra consecuencia de tal fenómeno, por cierto deplorable, es la *eflorescencia*, ocasionada por la cristalización de sales solubles al evaporarse al agua en tiempo seco o cálido, produciendo típicas manchas curvilineas concéntricas que afean las superficies aparentes de las construcciones.

f) HELADICIDAD.

El cociente entre las porosidades aparente y absoluta de un material -consultar el inciso h del punto 1.6.1.-, evaluado en %, recibe el nombre de *modulo de saturación* y viene expresado por

$$\xi = \frac{\beta}{\eta} \cdot 100$$

midiendo, por lo tanto, la proporción de poros accesibles de entre los totales del material, es decir, la penetrabilidad a los fluidos de todas clases. Este efecto de penetrabilidad tiene especial gravedad e importancia cuando se trata del agua en climas crudos, por cuanto el líquido elemento, al congelarse, aumenta un 9% aproximadamente de volumen, desarrollando tensiones considerables que pueden

determinar la destrucción interna del material, fenómeno que se conoce con el nombre de heladicidad.

Se admite que un sólido no es sospechoso de ser heladizo cuando su módulo de saturación, es inferior al 70%; en caso contrario debe ensayarse a heladicidad, desecándolo a peso constante, G_1 , saturándolo de agua, sometiéndolo en cámara frigorífica, durante cuatro horas a la temperatura de $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, extrayéndolo después, deshelando a $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ en agua y repitiendo idéntico ciclo 20 veces, el módulo de heladicidad vale

$$h = \frac{G_1 - G_2}{G_2} \cdot 100$$

si durante el experimento el material acusa grietas, se desintegra o su módulo h es superior al 3%, es fuertemente heladizo y no debe ser usado, sin protecciones especiales, en climas fríos.

1.6.3. ENSAYO DE PROPIEDADES QUÍMICAS.

El ensayo de las propiedades químicas de los materiales no será objeto de estudio en la presente tesis, por cuanto la metodología y mucho de los conceptos a utilizar están fuera del conocimiento del Ingeniero Civil.

Entre las propiedades químicas de los materiales de construcción destacan:

- La oxidación o composición compleja.
- La acidez o alcalinidad.
- La resistencia a la corrosión o a la interperie,
- Etc.

Son numerosos los productos químicos que atacan a los materiales, alterando su composición hasta llegar a desintegrarlos enteramente.

1.7. MAQUINAS DE ENSAYO.

La creciente importancia del ensayo de los materiales ha dado origen a una gran variedad de aparatos destinados a este fin. Toda máquina de ensayos consta de tres elementos esenciales:

- 1o. Un generador del esfuerzo;
- 2o. un medidor del mismo, y
- 3o. un dispositivo receptor de aquél y transmisor al material.

El esfuerzo puede producirse a mano o mecánicamente, siendo transmitido por engranaje o embrague mediante mecanismos compensadores, para que los incrementos de la carga sean graduales.

El medidor es un dinamómetro de diversos sistemas cuya aguja indicadora arrastra a un índice loco que, al retroceder aquélla después de la rotura del material, permanece fijo y marca la carga máxima que se produjo.

El receptor adopta, según los esfuerzos, la forma más conveniente para que se ejerzan con la menor pérdida posible.

En la tabla II del apéndice se muestra el comportamiento de algunos materiales ante la acción de diversos agentes agresivos.

Actualmente las máquinas de ensayo poseen sistemas adaptadores para trabajar según distintos esfuerzos.

La selección de los aparatos para un ensayo particular involucra consideraciones como: propósito del ensayo, exactitud requerida, conveniencia o disponibilidad y economía. El requerimiento usual para las máquinas de ensayo ordinario es que sean exactas hasta un 1% dentro del rango de carga.

Como se ha indicado, la carga puede aplicarse por medios mecánicos, mediante el uso de mecanismos de engrane y tornillo, caso en el cual las máquinas son llamadas de "engrane y tornillo" o mecánicas. Cuando la carga es aplicada por medio de un gato o prensa hidráulica, el dispositivo es llamado "máquina hidráulica". La fuerza puede proveerse manualmente o por medio de alguna máquina motriz -por lo general, un motor eléctrico- a una bomba o una cadena de engranes, dependiendo del diseño de la máquina y su capacidad.

Algunas máquinas son diseñadas para un solo tipo de ensayo, como una máquina de tensión hecha para ensayar cadenas y alambre; y otras hechas únicamente para ensayos de compresión. Sin embargo, si una máquina es diseñada para ensayar probetas en tensión, compresión y flexión, es llamada "máquina de ensayo universal". También hay máquinas especiales para torsión, dureza, impacto, resistencia, flexión en frío y otros ensayos. En algunas de estas máquinas especiales, la carga no es medida.

1.8. NORMALIZACION DE CARACTERES Y ENSAYOS.¹⁰

Un notable desarrollo de las pasadas décadas, particularmente en lo concerniente a los materiales, ha sido la preparación y el uso de especificaciones "normales". Una especificación normal 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.

Una especificación normal 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 especificaciones normales 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 especificaciones de materiales son:

- 1o. Usualmente representan el conocimiento combinado del productor y del consumidor y reducen la posibilidad de que surjan malentendidos a un mínimo.
- 2o. 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.
- 3o. Reducen los costos unitarios al tornar posible la producción en masa de artículos normalizados.
- 4o. Permiten al consumidor usar una especificación ya ensayada y que puede ponerse en vigor.
- 5o. Permiten al diseñador elegir un material con la certeza razonable de adquirirlo.
- 6o. Simplifican la preparación de especificaciones para uso especial porque las especificaciones normales publicadas pueden incorporarse por referencia.

¹⁰ Según referencia No. 1

1.8.1. NORMALIZACION INTERNACIONAL.¹¹

Gran número de países tienen establecidas normas técnicas que definen cualidades, tipos, tamaños y ensayos de los materiales; Francia tiene las normas AFNOR, de la Association Française de Normalisation; Alemania, las normas DIN -Deutsche Industrialische Normen- extendidas a numerosas actividades; los Estados Unidos las de la ASTM -American Society for Testing Materials- Italia, la UNI, Une Norme Italiana, y en España, la UNE -Una Norma Española-.

Las normas promulgadas por la American Society for Testing and Materials (Sociedad Norteamericana para el Ensayo y los Materiales) son de especial importancia para quienes se ocupan del ensayo e inspección de los materiales. La ASTM desempeña la doble función de: la normalización de las especificaciones y los métodos de ensayo de los materiales; y el mejoramiento de los materiales de ingeniería.

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.

La Asociación Norteamericana de Normas fue organizada en 1918 para proveer un medio para la industria, las organizaciones técnicas, y los departamentos gubernamentales para trabajar conjuntamente en el desarrollo de normas industriales nacionales aceptables para todos los grupos.

1.8.2. NORMALIZACION NACIONAL.¹²

En nuestro país la entidad encargada de normalizar es la "Comisión Guatemalteca de Normas" COGUANOR y, según sus estatutos de fundación, sus funciones son las siguientes:

- 1o. Dirigir, coordinar y unificar las actividades y las políticas del país en materia de normas.
- 2o. Estudiar, elaborar, modificar y proponer al Organismo Ejecutivo por conducto del Ministerio de Economía, la adopción de normas formuladas.
- 3o. Constituir los Comités Técnicos de Trabajo para el estudio, elaboración y en su caso, modificación de cada norma en particular.
- 4o. Vigilar la aplicación de las normas adoptadas.
- 5o. Establecer y mantener relaciones con las organizaciones internacionales y regionales de fijación de normas.
- 6o. Tener bajo su jurisdicción todos los demás asuntos relacionados con la fijación de normas en Guatemala. Y
- 7o. Verificar el cumplimiento de las normas vigentes.

1.8.3. ESPECIFICACIONES EN OBRA.¹³

Se entiende por especificaciones el conjunto de disposiciones, requisitos, condiciones y normas que se establecen para la contratación y ejecución de una obra de construcción. Las especificaciones son instrucciones escritas que suplementan los dibujos y diagramas de los planos en la formulación de los requerimientos técnicos de los trabajos a realizar. También definen la calidad de los materiales y manufactura deseada y sirven particularmente como norma y guía para la supervisión y el control de la obra.

11 Según referencia No. 6

12 Según referencia No. 13

13 Idem a la anterior.

Básicamente, en cualquier tipo de obra o proyecto hay tres tipos de especificaciones, en las cuales se define la totalidad del proyecto y éstas son:

1.8.3.1. Especificaciones generales: hablan en general del proyecto y detalles sobre pormenores de la obra que no se ponen en los planos ni en las especificaciones técnicas ni especiales, y por lo general, hacen alusión a definiciones, el contrato, métodos de diseño, control de trabajo, equipo a usarse, responsabilidades públicas y legales, etc.

1.8.3.2. Especificaciones técnicas: estas hablan, en sí, de los detalles técnicos de la obra o proyecto y detallan materiales, forma, calidad, forma de colocación, etc., del proyecto, renglón por renglón, por lo que son las más usadas y consultadas a la hora de construir. Aquí se incluyen las normas que deben satisfacer los materiales a utilizar.

1.8.3.3. Especificaciones especiales: éstas hablan sobre detalles especiales o muy delicados del proyecto.

CAPITULO II. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCION. ENSAYOS DE LABORATORIO Y ANALISIS DE CAMPO.

2.1. ACERO DE REFUERZO.

Se da el nombre de acero al hierro con carbono químicamente disuelto en él, sin carbono libre en estado grafitico. Cuando se calienta al rojo y se enfría repentinamente, se vuelve extraordinariamente duro por la formación de carburos. Esta dureza se puede modificar por un tratamiento térmico subsiguiente. Los aceros con menos del 0.15% de carbono endurecen sólo ligeramente, y se clasifican técnicamente como hierros, aunque el nombre de acero es usado aún cuando el contenido de carbono sea muy bajo, especialmente si hay otros elementos en el material que forman carburos.

El acero con más de 1.25% de carbono es muy quebradizo a menos que contenga algunos elementos compensadores. Los aceros de poco carbono se fresan fácilmente y se pueden forjar también con facilidad. Los que contienen más de 0.90% de carbono son difíciles de forjar y fresar. En general, los aceros pobres en carbono se usan para estructuras y los aceros ricos en carbono para herramientas y piezas de alta resistencia.

2.1.1. ENSAYO Y ANALISIS DE SUS PROPIEDADES.

Análisis de campo.

En el ensayo organoléptico o análisis de campo de las varillas de acero para refuerzo interesa determinar: apariencia, peso, diámetro, perímetro, área, corrugaciones: espaciamiento y longitud; ancho de ribele y altura. Todas estas especificaciones deben estar comprendidas dentro de los límites permitidos por la norma COGUANOR NGO 36011 BARRAS DE ACERO PARA HORMIGON ARMADO (CONCRETO).

Ensayos de laboratorio.

En el ensayo tecnológico de sus propiedades mecánicas destacan la determinación de: la resistencia a la tensión, el límite de fluencia, el esfuerzo máximo, el esfuerzo de ruptura, el porcentaje de reducción de área, el porcentaje de alargamiento en 5 y 20 cm, etc.; que también deberán cumplir con la norma anterior.

2.1.2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DEL ACERO.

El peso específico promedio del acero común es de 7,830 kg por metro cúbico. La mayoría de los aceros dependen tanto del tratamiento térmico como de su composición para desarrollar propiedades mecánicas particulares. Una especificación típica para el acero al carbono es la ASTM A7. No especifica un contenido de carbono sino que lo estipula. Esta especificación cubre perfiles, placas y barras de acero al carbono de calidad estructural para usarse en la construcción de puentes, edificios y propósitos estructurales generales. Para considerarse aceptable el material debe ceñirse a los siguientes requerimientos de tensión.

Resistencia a la tensión.....	60,000 - 72,000 lb-plg ² 4,227.28 - 5,072.73 kg/cm ²
Punto de cedencia mínimo.....	33,000 lb-plg ² 2,325 kg/cm ²
Porcentaje de alargamiento mínimo, en 8 plg (20 cm).....	21 plg (54 cm)
Porcentaje de alargamiento mínimo, en 2 plg (5 cm).....	24 plg (60 cm).

Un número de ensayos en barras de acero estructural de 1 plg de diámetro arrojó resistencias en corte simple de alrededor de 45,600 lb-plg² (3,200 kg/cm²) y en corte doble de aproximadamente 44,200 lb-pulg² (3,110 kg/cm²).

2.2. AGREGADOS DEL CONCRETO.

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 del concreto actúe como una combinación relativamente sólida, homogénea y densa, con los tamaños más pequeños actuando como relleno inerte de los vacíos que existen entre las partículas más grandes.

Existen dos tipos de agregados:

Agregado fino (arena natural o fabricada).

Agregado grueso (grava, piedra triturada o escorias de alto horno). Comúnmente pedrín.

2.2.1. AGREGADO FINO.

El agregado fino es un relleno más pequeño que la grava, constituido por 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.

Se le llama arena a la acumulación de granos del material primitivo, derivado de la desintegración de las rocas. Se distingue de la grava, sólo por el tamaño de los granos o partículas; pero es distinta de las arcillas que contienen material orgánico. Generalmente la arena comercial se obtiene de los lechos de los ríos o de las dunas de arena, originariamente formadas por la acción del viento. Las arenas comerciales más útiles están formadas principalmente por sílice a menudo con más de 98%.

La arena de construcción es utilizada para hacer concreto y morteros para unir entre sí ladrillos y blocks.

2.2.1.1. ENSAYO Y ANALISIS DE SUS PROPIEDADES.

Análisis de campo.

"Un análisis organoléptico que determinará la ausencia de limos e impurezas en el arena de río a utilizar en una construcción consistirá en tomar un poco de ésta en la mano y apretarla, luego abrir la mano y si se desmenuza inmediatamente será arena de calidad y estará limpia de impurezas;

contrariamente, permanecerá unida y apelotonada en la mano, lo que indica que no está limpia de limo y de materia orgánica, por lo que es necesario proceder a lavarla para que quede completamente limpia".¹⁴

Una prueba para determinar la humedad del agregado fino puede realizarse en obra: *Evaporar la humedad quemando alcohol*. 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 seque. Después de quemado, la arena se enfría por unos minutos y es pesada. El porcentaje de humedad es entonces calculado.

Ensayos de laboratorio.

Entre las pruebas de laboratorio para agregados finos más usuales están:

a) Prueba para impurezas orgánicas.¹⁵

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 estandar. Si el color es más oscuro que el estándar, la arena no debe emplearse para trabajos importantes sin un análisis 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 la formación de burbujas de fácil ruptura; y pueden reducir la durabilidad cuando el concreto se expone al intemperismo.

b) 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% de arena. La prueba se realiza 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. -ASTM C142, CSA A23.2.3.)

c) Pruebas para determinar la humedad de los agregados.

Varios métodos pueden usarse 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.*). 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.

14 Según referencia No. 13

15 Según referencia No. 2

2.2.1.2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DEL AGREGADO FINO.¹⁶

La arena se expende por metros cúbicos o por toneladas; pero el transporte se hace siempre en base al peso. Este varía desde 1,560 a 1,860 kg por metro cúbico. Las antiguas especificaciones exigían que la arena fuese de granos de bordes cortantes; pero ahora se prefieren los granos de bordes redondeados, debido a que con ellos queda menor proporción de huecos en la mezcla. La arena de construcción debe ser limpia, con no más de 3% de arcilla, barro o materia orgánica. Las especificaciones ASTM exigen que todos los granos pasen a través de un tamiz de malla de 3/8 de pulgada (0.95 cm); el 85% a través del tamiz de malla No. 4 y no más del 30% a través del tamiz No. 50.

2.2.2. AGREGADO GRUESO.

La grava es un material natural compuesto de pequeñas piedras redondeadas, lisas, generalmente cantos rodados. Se distingue de la arena por el tamaño de los granos, que es generalmente de alrededor de 6 mm., pero la grava puede contener piedras mayores, de hasta 75 mm. de diámetro y algo de arena.

2.2.2.1. ENSAYO Y ANALISIS DE SUS PROPIEDADES.

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

Análisis de campo.

El pedrín deberá ser uniforme y del tamaño que se especifique para cada miembro estructural. Deberá estar limpio de impurezas o tierra orgánica y deberá ser en su mayoría uniforme, es decir, del mismo tamaño. Estas revisiones se pueden hacer visualmente.

Ensayos de laboratorio.

Siendo los más usuales:

a) Pruebas para la graduación.

La graduación para los agregados afecta considerablemente la proporción de la mezcla del concreto y su 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:

- a) Para determinar que el material cumple con las especificaciones.
- b) Para seleccionar el material más adecuado si hay de donde escoger.
- c) 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.

¹⁶ Según referencia No. 4

b) Prueba de desgaste de agregados gruesos para concreto. (ASTM C131).¹⁷

El procedimiento a emplear es el siguiente:

1. De acuerdo con la granulometría clasificar el agregado conforme la norma del ensayo.
2. Para la graduación escogida seleccionar carga de bolas a usar en la Máquina de los Angeles.
3. Anotar características de la máquina.
4. Pesarse muestra del agregado y colocarla en el tambor de la máquina junto con la carga abrasiva (de 6 a 12 esferas de acero de 127/32" de diámetro).
5. Se hace girar el tambor a velocidad de 30-33 rpm. hasta completar 500 vueltas.
6. Se saca el material, se pasa por tamiz No. 12 (ASTM E11).
7. El material retenido en tamiz No. 12 se lava y seca al horno a 105-110° C. hasta llegar a peso constante.
8. Se pesan las fracciones retenidas y que pasan el tamiz No. 12.
9. Se calcula desgaste por peso: la diferencia entre el peso original y el peso final de la muestra, con relación al peso final de la muestra, con relación al peso original y expresado en % es el desgaste del agregado.

2.2.2.2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DEL AGREGADO GRUESO.

En nuestro medio, la grava se expende por metro cúbico o tonelada. Esta, en bruto, con material grande y pequeño, pesa alrededor de 1,800 kg/m³. La grava se usa para hacer concreto para la construcción, y como material disperso para la pavimentación. Contiene también trozos de pizarra, arenisca y otros materiales rocosos.

2.3. ALUMINIO.

"El aluminio es uno de los metales para la construcción relativamente fuertes, de peso ligero, y solamente el oro es más maleable. Su valla como conductor eléctrico, aun cuando su conductividad es dos veces tan buena como la del cobre de su misma longitud y peso, queda reducida por su baja resistencia a la fatiga. El aluminio posee una buena resistencia a la corrosión atmosférica pero es rápidamente atacado por los álcalis fuertes y ciertos ácidos. Como sus propiedades mecánicas pueden mejorarse considerablemente con pequeñas cantidades de otros metales, la mayor parte del aluminio se usa en estado de aleación."¹⁸

Es un metal de color blanco con un tinte azulado. Es el elemento más abundante en la Tierra después del oxígeno y del silicio. Es no magnético, aun cuando se halle aleado a grandes cantidades de hierro.

El aluminio se halla en el comercio en forma de barras, varillas, tubos, chapas, alambres y perfiles. Debido a la gran resistencia a la tracción de este metal, una gran parte de la producción se destina a la construcción de equipos de transporte y de piezas móviles de maquinarias. Se utiliza también para arquitectura ornamental, recipientes, baterías de cocina y para fabricar piezas en las que se requiere poco peso y buenas calidades de trabajo. El metal es transparente a los rayos X. Se deforma con facilidad y se utiliza por ello para reemplazar a aleaciones de estaño en la fabricación de cañerías deformables. Los aceros que contienen aluminio son resistentes en caliente y se usan para piezas que requieren resistencia en caliente y para válvulas de motores.,

17 Según referencia No. 7

18 Según referencia No. 6

2.3.1. ENSAYOS Y ANALISIS DE SUS PROPIEDADES.

En el caso del aluminio, como todos los metales ferrosos y no ferrosos, podrá someterse a toda clase de ensayos de laboratorio tendientes a obtener los mismos parámetros que interesan en el acero. Las propiedades mecánicas a determinar son las mismas.

Para el análisis en obra bastará con inspeccionar que la forma comercial a utilizar se encuentre en buen estado, de apariencia aceptable y libre del ataque de ácidos y álcalis.

2.3.2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DEL ALUMINIO.

"La densidad del aluminio es de 2.70 kg/dm^3 ; su punto de fusión es de 658° C . La resistencia a la tracción del aluminio fundido es de $12,000 \text{ lb-plg}^2$. (845 kg/cm^2). y una elongación del 60%. La conductibilidad eléctrica es de 59% la del cobre y tiene un coeficiente de dilatación térmica de 0.0000137. La dureza en grados Brinell es de 30. Su peso es de 0.097 lb-pie^3 ."¹⁹

2.4. BLOCKS DE CEMENTO O DE CONCRETO.

Cuando se trata de construir una obra civil, el constructor puede valerse de bloques -blocks- fabricados a base de cemento o de concreto los cuales sirven para llenar los espacios dejados por los marcos estructurales o para edificar columnas a base de pines aprovechando los huecos de los mismos bloques.

Los bloques pueden fabricarse a base de morteros o concretos y sus agregados pueden ser agregados normales (arena de río y piedrín pequeño) o bien agregados livianos. En Guatemala se fabrican con un material livano que abunda en la región y que se denomina arena pómez. En realidad lo que se persigue en la utilización de bloques es disminuir el peso en las construcciones y si son livianos obtener mayor facilidad de operación.

2.4.1. ENSAYO Y ANALISIS DE SUS PROPIEDADES.

La toma de muestras se efectuará de acuerdo a lo establecido por la norma COGUANOR NGO 41055 "Bloques huecos de hormigón o cemento para paredes o muros, y tabiques". El tamaño de la muestra estará en relación con el tamaño del lote. Los especímenes serán tomados completamente al azar en la fábrica, en obra siguiendo especificaciones del producto almacenado o durante su traslado.

Análisis de campo.

Los análisis de bloques huecos de cemento o concreto se realizarán de acuerdo a la norma COGUANOR NGO 41054 "Bloques huecos de hormigón o cemento para paredes o muros y tabiques" con el objeto de verificar los requisitos que deben cumplir los bloques a ser utilizados en paredes o muros, destinados o no a soportar cargas.

En el ensayo organoléptico del bloque interesará:

- La apariencia externa del mismo; la impresión que produce el material, distinguiendo su forma, tamaño, manchas, imperfecciones, etc.
- Las medidas principales de los bloques y los espesores mínimos de sus paredes, los que deberán estar dentro de los límites de la especificación.

¹⁹ Según referencia No 4

Ensayos de laboratorio.

Los ensayos se realizarán de acuerdo a la norma COGUANOR NGO 41056 "Métodos de ensayo".

Interesa fundamentalmente determinar las siguientes características mecánicas:

- Resistencia mínima a la compresión.
- Máxima absorción de agua.
- Porcentaje de humedad. Etc.

2.4.2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DE LOS BLOCKS.

Los bloques que se emplean en la construcción deben tener características físicas y mecánicas especiales para que cumplan a cabalidad el papel que desempeñan en la misma.

REQUISITOS PARA BLOQUES HUECOS DE CEMENTO O CONCRETO.²⁰ NORMA MINIMA F.H.A.

SUPERFICIE DE VACIOS MAYOR DEL 25% DEL AREA TOTAL.

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 concreto debe ser del tipo "A" como mínimo.

El block de pómez debe ser del tipo "C" como mínimo.

2.5 CAL.

"Es óxido de calcio, CaO, conocido químicamente como calcia, se presenta en gran abundancia en la naturaleza, principalmente en combinaciones con el dióxido de carbono en forma de carbonato de calcio, piedra caliza, mármol, tiza, coral y conchillas. La cal se emplea en morteros, cementos, como flujo de la fundición del hierro, en muchos procesos químicos, como un absorbente y para encalar suelo ácidos. Se obtiene calcinando piedra caliza en un horno común, o rotatorio a 540° C, con lo cual se elimina el gas dióxido de carbono. El residuo se llama cal viva o cal cáustica. La cal hidratada se hace moliendo la cal viva, apagando el polvo con agua y transformándolo luego en un polvo fino. Es más fácil de manejar y es un producto más conveniente que la cal ordinaria."²¹

La cal es un material aglomerante simple. 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. Esta además de ser usada en la construcción de estructuras de mampostería también puede ser utilizada en la estabilización y modificación de suelos.

²⁰ Según referencia No. 9

²¹ Según referencia No. 4

Como material cementante tiene diferentes usos, como material aglomerante para morteros y en la composición de materiales decorativos para acabados. Sus usos, en morteros, para la unión de blocks o ladrillos en la construcción de paredes, o bien, como elemento de repello, son los más tradicionales.

En general la cantidad de cal en proporción del cemento y la arena, estará dada en función del uso que tendrá el mortero y la resistencia necesaria. Mientras que el cemento da la mejor fuerza, la cal por su propiedad altamente pastosa da una mejor trabajabilidad al mortero. Las proporciones más utilizadas en el medio son las siguientes:

	CEMENTO PORTLAND	PARTES POR VOLUMEN 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 paredes no son expuestas a la lluvia o en climas áridos son adecuados los morteros compuestos de 1 parte de cal y 2 ó 3 partes de arena.

La preparación de la cal en obra, dependerá de los fines que se persiguen:

- Para blanqueados:* se fabrica la pasta y se tamiza por cedazo fino -tamiz No. 10-. Luego se almacena de 2 a 5 días.
- Para cementos:* se tamiza por cedazo de 1/16" -tamiz No. 8- y se añade arena en partes iguales por volumen. Luego se almacena de 2 a 5 días.
- Para repellos o juntas:* se añade la arena requerida -3 partes por lo general- y se almacena de 2 a 5 días.

La cal hidratada en polvo no requiere más de uno o dos días de almacenaje.

2.5.1. ENSAYO Y ANALISIS DE SUS PROPIEDADES.

Análisis de campo.

Forma de apagado en obra.

- Para cal viva de hidratación rápida: se añade agua a la cal hasta cubrirla por completo (2 1/2 a 3 volúmenes de agua por 1 de cal). Observar la cal -Al aparecer chorros de vapor añadir más agua-.
- Para cal viva de hidratación media: añadir agua a la cal hasta que ésta quede sumergida (misma proporción que la anterior). Riéguese más agua si empiezan vapores. Evitar excesos de agua.
- Para cal viva de hidratación lenta: añadir agua suficiente para humedecer la cal. Déjese en reposo y añádese después agua en pequeñas cantidades.

Ensayos de laboratorio.

" Para la investigación de este material la toma de muestras se efectúa de acuerdo con la norma COGUANOR NGO 41021 "Cal hidratada, cal viva y caliza". Entre los ensayos que interesan destacan:

- Determinación de la materia insoluble y sílice.
- Determinación de óxidos de hierro, calcio, magnesio y aluminio.
- Determinación de dióxido de carbono y óxidos no hidratados.

Además, en el ensayo de cales interesa determinar los siguientes requisitos físicos: (Norma ASTM C110)

- Peso específico. -El método es el mismo que el aplicable a cementos. Consultar en 2.6 -
- Residuos retenidos en tamices No. 30 y No. 200.
- Retención de agua del mortero. Y
- La consistencia normal.²²

Método del residuo.²³

El método de Residuo para cal viva describe el siguiente procedimiento: se ocupa una muestra de 5 lb; se tritura hasta que pase el tamiz de 1" y sea retenida en el tamiz de 1/4". (La cal en polvo se ensaya tal y como se recibe). Se coloca en un cajón de madera y se apaga de modo que produzca la mayor cantidad de pasta de cal (2 1/2 a 3 partes de agua por 1 de cal). Se deja en reposo 1 hora y se lava en tamiz No. 20. -Tiempo máximo de lavado: 30 minutos-. Se seca el residuo a peso constante y se calcula como % del peso original.

El método de Residuo para cal hidratada expresa: se toma una muestra de 100 gramos de cal y se coloca en el tamiz No. 30 colocado sobre el tamiz No. 200. Se lava a través de los tamices por medio de una manguera, hasta que el agua salga limpia. -Tiempo máximo de lavado: 30 minutos-. Se secan los residuos de ambos tamices a peso constante. Luego se calculan los % sobre el peso original. El % retenido del tamiz No. 30 debe ser sumado al % retenido del tamiz No. 200. Este dará el residuo correcto sobre el tamiz No. 200.

Consistencia normal.

Para este ensayo se utiliza el aparato de Vicat modificado -el extremo inferior de la aguja deberá ser de 12.5 mm. de diámetro y tener un peso total de 30 gramos-. El molde cónico a utilizar será de 7 cms. de diámetro en la base y 3 cms. en el tope con una altura de 4 cms. La plancha de base deberá ser de 10 cms. por lado y de vidrio. Se tomará una muestra de 300 grms. de cal hidratada y se mezclará con agua hasta lograr una pasta espesa, revolviéndose de 2 a 3 minutos con una espátula. Finalmente, se mezclará más agua (en pequeñas cantidades) hasta cumplir con el requisito de penetración especificado.

Apagado de la cal.

Para este ensayo se utiliza un mezclador mecánico de 300 ± 50 rpm. con un aditamento agitador especial de vidrio, un frasco de una capacidad de 1/4 de galón, un termómetro, una balanza y un tamiz No. 6.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

a) Se ajusta la temperatura del agua a usar de acuerdo con la siguiente tabla y se coloca en el frasco la cantidad necesaria.

	Cantidad de material a ensayar	
	Tipo de cal.	
	Dolomítica	Cálcica
Temperatura del agua, C	40	24
Cantidad de agua, en mm	400	380
Cantidad de cal, en gr	120	76

22 Según referencia No. 6

23 Según referencia No. 7

- b) La cal se pasa por el tamiz No. 6 rápidamente para prevenir su deterioro, y se pesa la cantidad a usar de acuerdo a la tabla anterior.
- c) Se pone el agitador, se añade la cal al agua y se cubre el frasco inmediatamente.
- d) Se toma la lectura de la temperatura 30 segundos después de agregada la cal, se observa la reactividad (hidratación) y se continúan las lecturas a los intervalos siguientes:

Hidratación	Intervalo de lectura.
Rápida	30 segundos.
Media	1 minuto.
Lenta	5 minutos.

- e) Se continúa hasta que las lecturas no difieran en más de 0.5 °C en tres lecturas consecutivas.

El tiempo total de apagado activo será el tiempo al que la primera de las tres lecturas consecutivas se hizo. La temperatura a este tiempo se considerará como la temperatura final de reacción. La elevación de la temperatura se obtiene por diferencia entre la final e inicial.

2.5.2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DE LA CAL.

La cal viva es blanca y amorfa o cristalina. Su densidad es 3.2 kg/dm³ y su punto de fusión 2,570° C. Las cales comerciales para albañilería contienen 94% de óxido de calcio, algo de carbonato de calcio y menos de 0.50% de magnesia. La cal química debe poseer un 97.9% de CaO; 0.43% de sílice; 0.45% de óxidos de hierro y aluminio y 0.52% de óxido de magnesio. Las cales hidratadas de buena calidad deben tener un grano tan fino como para que el 98% pase a través del tamiz No. 100 y no deben tener más de 2% de magnesia. El mortero de cal, hecho con una mezcla de cal hidratada, arena y agua, tiene una resistencia a la compresión de 28 kg/cm². (400 psi).

2.6. CEMENTO.

"Es un material generalmente en forma pulverulenta, que puede transformarse en pasta, habitualmente por agregado de agua, pasta que si se coloca en moldes o se vierte sobre una superficie, se endurece, esto es, fragua, dando una masa dura, consistente. El más conocido y más universalmente usado es el cemento Portland: es un polvo gris azulado que se obtiene por molienda muy fina del clinker, obtenido, a su vez, calentando intensamente una mezcla íntima de minerales arcillosos y calcáreos. El principal material utilizado como materia prima es una mezcla de piedra caliza pura y arcilla. La mezcla debe contener un 75% de carbonato de calcio y el resto ser casi en su totalidad silicato de aluminio y sílice libre."²⁴

Cuando el cemento se utiliza en morteros para ladrillos y piedras se llama cemento de albañilería. Estos cumplen con los requerimientos de la norma ASTM C 91, la cual los clasifica como Tipo N, Tipo S y Tipo M. El mortero de cemento es una mezcla de cemento portland, arena y agua. Es mucho más duro y más duradero que los morteros de cal; pero lo recomendable es añadir algo de cal para que se distribuya mejor.

En Guatemala, se fabrica el cemento Portland Modificado I (PM) de acuerdo a la norma ASTM C-595 que tiene su equivalencia en la COGUANOR NGO 41001 "Cementos hidráulicos mezclados. Terminología y especificaciones".

Además "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 41005), de especificaciones del Cemento Portland, se contemplan los siguientes ocho tipos:

Tipo I -Normal-: de uso general en la construcción.

²⁴ Según referencia No. 2

Tipo IA -Normal con inclusores de aire-

Tipo II -Moderada resistencia a los sulfatos-: modificado para usos generales y se emplea cuando se prevé una exposición moderada al ataque de sulfatos. Este cemento adquiere resistencia con más lentitud que el tipo I; pero al final alcanza la misma resistencia.

Tipo IIA -Moderada resistencia a los sulfatos con inclusores de aire.

Tipo III -Alta resistencia a edad temprana-: 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 cementos tipo I o tipo II.

Tipo IV -Bajo calor de hidratación-: para usarse en fundiciones masivas o voluminosas. Si se utiliza tipo I en volúmenes grandes que no puedan perder calor por radiación, éste desprende suficiente calor durante la hidratación aumentando la temperatura del concreto hasta los 18 ó 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.

Tipo V -Alta resistencia a los sulfatos-: 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.

Los cementos portland con inclusores de aire están disponibles para la producción de concreto expuesto a heladas severas.²⁵

2.6.1. ENSAYO Y ANALISIS DE SUS PROPIEDADES.

Análisis de campo.

El ensayo organoléptico fundamental en toda supervisión consistirá en verificar que el cemento almacenado en obra aún se encuentre en estado pulvulento, libre de terrones o partes duras. El endurecimiento del mismo será razón de peso para prohibir su utilización. El almacenaje del cemento deberá realizarse en condiciones libres de humedad. Normalmente se utilizan camas de madera u otro material que evite el contacto directo con la humedad del suelo. No podrá ubicarse a la interperie. El cemento no podrá permanecer durante largos períodos almacenados, pues pierde sus propiedades de resistencia. Es recomendable revisar en el control de bodega su ingreso a la obra.

Ensayos de laboratorio.

Para la investigación de este material, se toman las muestras de acuerdo con la norma COGUANOR NGO 41004 "CEMENTOS HIDRAULICOS, MUESTREO". Los ensayos se realizan de acuerdo con las normas COGUANOR NGO 41003 y COGUANOR NGO 41004. En base a éstas, se determinan los siguientes requisitos químicos: dióxido de silicio, óxido de aluminio, óxido férrico, óxido de magnesio, trióxido de azufre, pérdida por calcinación, residuo insoluble, álcalis, calcio y magnesio.

Los análisis de cemento se realizan de acuerdo con la norma COGUANOR NGO 41005 "CEMENTO PORTLAND, CLASIFICACION Y ESPECIFICACIONES". Los requisitos físicos que se determinan son: la consistencia normal, fraguado Gillmore inicial y final, expansión en autoclave y resistencia a la compresión a los tres, siete, veintiuno y veintiocho días.

²⁵ Según referencia No. 2

Según la ASTM, usualmente se prescriben cuatro ensayos físicos para la aceptación de un cemento. Estos son: de finura, bondad, tiempo de fraguado y resistencia de un mortero hecho con el cemento. (ASTM C 109, C 115, C 126, C 151, C 190, C 190 y C 191).

Finura.

La finura se expresa en términos de la "superficie específica", es decir, el área superficial de las partículas, contenidas en un gramo de cemento. Esta medida de finura por lo común se determina midiendo la permeabilidad áerea de una cama de cemento especialmente compactada.

Regularidad o constancia volumétrica.

La regularidad o constancia volumétrica de un cemento se determina midiendo la expansión de una barra de cemento que ocurre mientras se le cura durante 5 horas en una autoclave a una máxima presión de vapor de 295 lb-pulg². Para ser aceptable esta expansión debe exceder 0.50%.

Tiempo de fraguado.

Para garantizar tiempo suficiente para colar el concreto mientras permanece plástico, se impone un límite mínimo al período de fraguado "inicial", el cual puede tomarse como la condición de la masa cuando empieza a endurecerse de modo apreciable. Las especificaciones ASTM requieren que no tenga lugar antes de una hora. Dependiendo del ensayo usado para determinarlo, el fraguado inicial usualmente ocurre entre de 2 y 4 horas. Para garantizar un cemento que se endurezca al usarse, se impone un límite máximo al período de fraguado final. Las especificaciones ASTM requieren que el fraguado final ocurra dentro de 10 horas. Estas condiciones de fraguado inicial y final son determinadas por la penetración de agujas o varillas normales en una pasta pura (sólo de cemento) de consistencia especificada.

Resistencia del mortero de cemento.

Los ensayos de resistencia se hacen sobre briquetas de tensión o cubos de compresión de 2 pulg. hechos con arena estándar. El mortero es de 1 parte de cemento por 3 partes de arena por peso, y los ensayos se realizan a las edades especificadas. Para que un cemento de tipo I sea aceptable según las especificaciones ASTM, las muestras se fabrican y almacenan en condiciones estándares de curado, que prescriben aire húmedo durante un día seguido por almacenamiento de agua posterior, todo a una temperatura de 21° C.

2.6.2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES.

La densidad del cemento es, por lo menos, de 3.10 kg/dm³. Un buen cemento siempre está finamente molido, con un 98.5% que pasa por el tamiz No. 200. Un mortero compuesto por una parte de cemento Portland y tres partes de arena tiene una resistencia a la compresión después de un día de fraguado de 800 Psi (56 kg/cm²); después de 7 días esta resistencia aumenta a 2,750 Psi (189 kg/cm²) y después de 28 días a 3,500 psi (240 kg/cm²). Una biqueta del mismo mortero debe poseer como mínimo una resistencia a la tensión de 275 Psi a los 7 días y 350 Psi a los 28.

2.7 CONCRETO.

"Material de construcción compuesto de cemento portland, arena y grava. Cuando se endurece en estructuras compactas resulta ser prácticamente una roca artificial. La calidad del concreto se juzga generalmente por su resistencia a la compresión. El aumento gradual de la resistencia del concreto se debe a la hidratación del silicato y del aluminato tricálcicos contenidos en el cemento y debe haber un suficiente intervalo de tiempo para poder trabajarlo antes de que comience el fraguado. Con un cemento portland de buena calidad el fraguado no se inicia antes de una hora."

"El concreto es una mezcla de cemento portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua. Es un material temporalmente plástico que puede colarse 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. El diseñador del concreto puede variar las proporciones de sus cinco componentes dentro de límites amplios, para lograr las propiedades deseadas."²⁶

2.7.1. ENSAYO Y ANALISIS DE SUS PROPIEDADES.

Las muestras de concreto fresco deben ser obtenidas y manipuladas de acuerdo con el Método 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. Agrega además, que la muestra debe ser usada dentro del lapso de 15 minutos después de haber sido obtenida la batida y debe ser protegida de la luz solar y el viento durante ese período.

Análisis e Inspección de campo:

Pruebas de consistencia.

El término consistencia se relaciona con el estado de fluidez de la mezcla y abarca dicho rango desde las mezclas más secas hasta las más mojadas. Tres ensayos comunes para determinar la consistencia son:

- El ensayo de revenimiento.
- El ensayo de penetración con balín. Y
- El ensayo de flujo.

-El ensayo de revenimiento.

La trabajabilidad o ductibilidad deseada en el concreto se mide usualmente por el asentamiento en el cono de Abrahams. Las pruebas de asentamiento o revenimiento para determinar la consistencia del concreto deben ser hechas de acuerdo con el Método de Prueba de Asentamientos 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 cms (2 1/2 pulg.) después del varillado para la primera capa y hasta la mitad del cono para la segunda. El análisis se hace midiendo la contracción del pilón de concreto.

ASENTAMIENTOS USUALES.

Clase de concreto	Asentamiento	Consistencia
Concreto mezclado a máquina y colocado con vibrador.	0 - 2 cm 2 - 5 cm	Seca Plástica
Concreto mezclado a mano o a máquina, colocación y apisonado manual.	5 - 10 cm	Blanda
Fundición de secciones angostas y profundas	10 - 15 cm	Fluida.

²⁶ Según referencia No. 11

El ensayo de penetración con balón.

El 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- se basa en la profundidad que logra una bola de 13.6 kg y 15 cm de diámetro (30 lb y 6 plg) que se hunde en el concreto fresco. Esta prueba tiene la ventaja de ser relativamente simple y no requiere de un espécimen moldeado. La prueba puede ser hecha sobre concreto fresco en cualquier recipiente abierto que tenga la dimensión lateral mínima de 46 cm y una profundidad de 20.

El ensayo de flujo.

El ensayo de flujo se efectúa de acuerdo a la norma ASTM C124 y consiste en zarandear un pilón de concreto especificado formado en un cono truncado sobre una mesa metálica, la cual se sube y se deja caer 1/2 pulg. 15 veces en aproximadamente 15 segundos, anotando el desparramamiento del pilón como un porcentaje del diámetro original formado de 10 pulgadas.

Por conveniencia, los varios grados de humedad de una mezcla pueden clasificarse de manera aproximada como seca, rígida, mediana, húmeda y delgada. Se dice que un concreto es de consistencia mediana o plástica cuando está justamente húmedo para fluir con lealtad, no tan seco que se desmorone o tan mojado que el agua o la pasta escurran de la masa.

RANGO APROXIMADO DE REVENIMIENTO Y FLUJO DEL CONCRETO PARA VARIOS GRADOS DE CONSISTENCIA.

CONSISTENCIA	REVENIMIENTO	FLUJO	OBSERVACIONES
Seca	0 - 1 pulg	0 - 20 %	Se desmorona y separa bajo manejo ordinario; puede compactarse hasta convertirse en una masa rígida mediante picado vigoroso, alta presión o vibración, pero a menos que se tenga cuidado exhibirá huecos y aplanamiento.
Rígida sólida	1/2 - 2 1/2	15 - 60%	Tiende a mantenerse como pilón; se mantiene unida bastante bien, pero se desmorona en el traslado. Con cuidado y esfuerzo puede compactarse en una masa y densa, satisfactoria para compactación vibratoria.
Mediana	2-5 1/2	50 - 100%	Términos alternos: plástica, atoluda, vibratil. Fácilmente moldeable, aunque requiere algún cuidado, logrará la completa compactación.
Húmeda	5 - 8	90 - 120%	El pilón se aplasta fácilmente al vaciarlo; puede colocarse en el lugar definitivo.
Delgada	7 - 10	110 - 150%	La lechada o el mortero tiende a salirse del pilón, abandonando el material más grueso.

Pruebas para el contenido de aire.

Un número considerable de métodos para medir el contenido del aire del concreto fresco está en uso. Existen normas estandarizadas que cubren el método de presión (ASTM C231 A23.2.19), el método volumétrico (ASTM C173, CSA A 23.2.18) y el método gravimétrico (ASTM C138, CSA A 23.2.17).

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.

El método volumétrico requiere la remoción del 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. Se debe tener cuidado para que la muestra se agite lo suficiente con el fin de que el aire se remueva en su totalidad.

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.

Medida de la temperatura.

Debido a la influencia tan grande de la temperatura en las propiedades del concreto fresco y endurecido, existen muchas especificaciones que definen los límites de temperatura del concreto fresco. Esta se puede obtener por medio de termómetros blindados con una exactitud de más o menos 0.1° C que deben permanecer en una muestra representativa hasta que su lectura llegue a ser estable.

Inspección del sudado.

La tendencia del agua a subir a la superficie del concreto recién colado se conoce como "ganancia de agua" o "sudado". Resulta de la incapacidad de los materiales constitutivos para conservar toda el agua para mezclado. Como resultado del sudado, películas de agua se acumulan debajo de las partículas del agregado grueso y de las varillas de refuerzo. El concreto sujeto a ganancia de agua no es tan resistente, durable o impermeable. La ganancia de agua puede controlarse, cuando menos parcialmente, haciendo una mezcla trabajable con una mínima cantidad de agua, un mayor contenido de cemento y arenas naturales que tengan un adecuado porcentaje de finos.

Ensayos de laboratorio: *Pruebas de resistencia.*

La resistencia de un concreto se toma como un índice importante de su calidad general. Los ensayos de resistencia son relativamente fáciles de realizar, y como la resistencia es requisito fundamental para el diseñador de las estructuras, esta propiedad es la que con mayor frecuencia se determina. Los ensayos, por lo común se hacen en compresión y flexión y, en ocasiones, en tensión. El ensayo de compresión de un cilindro de 6 X 12 plg (15.2 X 30.5 cm) a una edad de 28 días, después de un almacenaje húmedo a una temperatura de 22 a 24° C (70° F), es un ensayo estándar.

Los especímenes para las pruebas de resistencia deben ser hechos y curados de acuerdo 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 Specimens in the Laboratory, ASTM C192, CSA A.23.2.12-*

Las vigas para la prueba de flexión deben ser de 6 X 6 plg (15.2 X 15.2 cm) en la sección transversal para agregados de hasta 5.1 cm (2 plg). 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 plg) y el espécimen debe tener al menos 5.1 cm (2 plg) de largo, o una longitud total no menor de 51 cm (20 plg).

Los cilindros de prueba que se van a envarillar son llenados en aproximadamente tres capas; los especímenes de vigas y los cilindros de prueba que se van a vibrar son llenados en dos capas. El concreto con un asentamiento menor de 1 plg (2.5 cm) debe ser vibrado, mientras que un asentamiento de 3 plg (7.6 cm) en exceso debe ser envarillado. Cualquier método puede ser usado

cuando el asentamiento varía de 1 a 3 plg inmediatamente después del colado, la parte superior de los especímenes debe cubrirse con un vidrio aceitado o con un plato de acero, o una doble capa de tela de yute húmeda.

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.

Prueba del martillo de impacto.

Esta prueba no destructiva consiste en medir 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.

Ensayos de durabilidad e impermeabilidad.

Un factor que ha sido muy poco considerado en el diseño de las mezclas de concreto es la durabilidad. La acción de la interperie en el deterioro de las estructuras de concreto se debe en parte a la expansión y contracción cíclicas en condiciones de humedad y temperatura cambiantes, en parte a la fuerza expansiva de los cristales de hielo al formarse en los poros de concreto, y en parte a la extracción de compuestos solubles de la masa por el agua. Resulta obvio, entonces, que un concreto relativamente impermeable es también resistente a la interperie.

Los ensayos de impermeabilidad y durabilidad no arrojan resultados tan definidos como los ensayos de resistencia, pero sirven para comparar concretos diferentes sobre la misma base. El ensayo de permeabilidad se efectúa sometiendo una superficie de una losa o un bloque de concreto a una columna de agua y midiendo la cantidad que penetra o atraviesa el concreto. Un ensayo de durabilidad acelerada se realiza sometiendo probetas de concreto a ciclos de congelación, descongelación, secado y humedecimiento, notando luego el grado de deterioro, ensayando la probeta en compresión y comparando los resultados con aquellos correspondientes a probetas iguales que hayan sido almacenados en condiciones estándares.

2.7.2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DEL CONCRETO.

El peso específico del concreto armado es de 2,400 kg/m³ y su coeficiente de conductibilidad térmica es de 1.350. El óptimo rango de temperatura para el curado de los concretos ordinarios parece estar entre los 20 y 38° C (70-100° F) por un período de 28 días. El concreto, por lo general, resulta seriamente dañado por las temperaturas inferiores a la congelación.

La resistencia a la compresión del concreto, elaborado y ensayado en condiciones estándares, puede ordinariamente variar de 1,500 a 4,000 Psi, de acuerdo a las proporciones utilizadas. No debe encontrarse ninguna dificultad en dichas condiciones, para lograr resistencias mayores de 2,500 Psi a los veintiocho días.

La resistencia de la tensión del concreto es aproximadamente el 10% de la resistencia a la compresión, y la resistencia a la flexión del concreto ordinario, al medírsele según el módulo de ruptura, está más o menos entre el 15 y el 20% de la resistencia a la compresión.

Otras propiedades que no han sido consideradas, pero que pueden ser importantes en condiciones especiales son: los cambios volumétricos debidos a la variación del contenido de humedad, el desgaste, la densidad, la extensibilidad, la fatiga y las propiedades térmicas.

Finalmente, entre las ventajas del concreto se pueden mencionar: su moderada resistencia a la intemperie, su moldeabilidad, y el no ser inflamable. Entre sus desventajas: su mucho peso y su rigidez.

2.8 FIBROCEMENTO.

"El fibrocemento es un material de construcción moderno fabricado básicamente de una mezcla de cemento y amianto, reducida a placas delgadas por una fuerte presión. El amianto es un material filamentosos que resiste poderosamente la acción del fuego. La madera de amianto es una mezcla compleja de amianto, cemento y oxocloruros de magnesio o silicatos y aluminatos de calcio. Algunas veces se usa el asbesto, mineral muy parecido al anterior pero de fibras más rígidas."²⁷

En la fabricación de fibrocemento generalmente se usa un mortero formado de cemento Portland con una variedad de amianto denominada crisolito, serpentina u olivino, que es un silicato magnésico hidratado de color blanco o gris, de fibras muy cortas, de pocos centímetros de longitud, pero muy resistentes a la tracción y flexión.

2.8.1. ENSAYO Y ANALISIS DE SUS PROPIEDADES.

Análisis organoléptico.

A la hora de usarse interesa determinar que sus dimensiones: largo, ancho y espesor sean las especificadas por el fabricante. La apariencia externa o vitrola será importante: el producto fabricado con ese material deberá poseer un acabado aceptable, libre de fracturas.

Los productos de fibrocemento más utilizados en Guatemala son:

- Láminas: con dimensiones desde 3 a 12 pies de largo, 1.03 metros de ancho y espesor de 6.8 mm.
- Cielos falsos: con dimensiones de 2 X 2 y de 2 X 4 pies. (0.61 X 0.61 y 0.61 X 1.22 m) y espesor de 5.5 mm.
- Planchas para tabiques: para uso interior y exterior. De dimensiones: 4 X 8 pies; y 8 ó 11 mm de espesor."²⁸

Ensayos de laboratorio.

Los ensayos de laboratorio que las empresas productoras del material utilizan para su control de calidad son:

- Resistencia a la compresión, tracción, flexión y desgaste.
- Resistencia al calor y a la intemperie.
- Determinación de sus principales propiedades físicas.

2.8.2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DEL FIBROCEMENTO.

"Entre las propiedades comunes del fibrocemento están: poco peso, homogeneidad, grandes resistencias mecánicas, poder aislante elevado, su naturaleza incombustible e imputrescible, su factibilidad al teñido con colorantes minerales y su utilización similar a la madera: se puede tornear, serrar, taladrar, clavar, etc.

El fibrocemento posee una densidad real relativa igual a 2.4 kg/dm³; su absorción de agua oscila entre 10 y 18%; su porosidad es alrededor del 12% y su dureza con el método de Brinell, con bola de 10 mm. y carga de 500 kg., es de 2.72 kg/mm². Las chapas de fibrocemento de 5 mm de espesor,

27 Según referencia No. 15

28 Idem a la anterior.

poseen una conductividad térmica para variaciones de temperatura desde la ambiental hasta 100° C de 0.25 a 0.5. Además son impermeables para una columna de agua de 25 cm al cabo de una semana.

El fibrocemento no es heladizo y no es combustible, teniendo a 250° C las mismas propiedades físicas y mecánicas que a temperatura normal."²⁹

2.9. HIERRO. (MATERIALES FERROSOS).

El más común de los metales comerciales. Industrialmente se designa con este nombre a todas las aleaciones de este metal con otros elementos que le acompañan, en forma de impurezas, en su obtención o añadidos expresamente para modificar sus propiedades. El hierro es un metal grisáceo que se oxida fácilmente por agentes atmosféricos y es atacado por muchos ácidos.

Se denomina **hierro en lingotes** al hierro casi químicamente puro, llamado en algunas regiones de Europa como acero dulce. Sin embargo, según las normas norteamericanas la línea divisoria entre hierro y acero se traza en el 0.15% de carbono contenido. El hierro en lingotes tiene un contenido de carbono de 0.02%. Este material se utiliza para trabajos de construcción en los que se necesita un metal dúctil, resistente a la corrosión, especialmente para tanques, calderas, etc.

El **hierro forjado o hierro comercial**, resultante de la reducción del carbón en la fundición, se obtiene fundiendo hierro blanco colado y pasando una llama oxidante sobre él. Se le llama **hierro galvanizado** a las chapas de hierro recubiertas con cinc que se emplean para techos, revestimientos, alcantarillas y para fabricar estructuras como tanques que tienen que resistir la oxidación sin pintura. El **hierro inoxidable** es una aleación de hierro-cromo que contiene generalmente de 12 a 20% de este último. El cromo da a la aleación la propiedad de ser altamente resistente a la oxidación y corrosión aún a temperaturas elevadas.

2.9.1. ENSAYOS Y ANALISIS DE SUS PROPIEDADES.

Análisis de campo.

Aunque las impresiones sensoriales de un metal o aleación no basten para juzgar de la calidad de los mismos, no cabe duda que el aspecto organoléptico puede decir algo sobre él; un examen morfológico a simple vista nos dará indicios sobre el esmero de su moldeo o perfilado y si es posible contemplar su fractura, si es esponjosa o vacuolar, denotará, en general, baja calidad; si es unida y concoidea, corresponderá a un metal agrio y quebradizo y, en fin, cuando aparece fibrosa y astillada será signo de suavidad y blandura.

Si golpeamos la pieza con el martillo del forjador, el sonido limpio y entonado indica un metal compacto y homogéneo, y el bronco o sordo, todo lo contrario; el simple examen de la huella del impacto algo nos dirá también sobre su dureza, pero la capacidad de resistencia y el comportamiento ante las solicitudes mecánicas sólo podrán evaluarse con los correspondientes ensayos de laboratorio.

Ensayos de laboratorio.

Con los metales, incluyendo el hierro, se practican todas las investigaciones ya conocidas, pero las más importantes y que mejor ponen de manifiesto la calidad, según los casos, son:

- Ensayo de tensión: determinación de los límites de proporcionalidad, fluencia y rotura. Y

²⁹ Según referencia No. 15

- Ensayo de dureza.

Para piezas especiales interesan también:

- Los ensayos de dobladura.
- Los ensayos de rotura en caliente.
- El ensayo de aplastamiento.
- El ensayo de forjabilidad. Y
- El ensayo de punzonado.

- Ensayo de tensión.

La resistencia a la tensión y los diversos tipos de deformaciones y períodos por que atraviesan las piezas de tal suerte solicitadas, permiten estudiar al detalle el comportamiento de los metales o aleaciones de que están confeccionadas, clasificándolos como de baja, de media o de alta resistencia. Para la ejecución de un ensayo por tensión se requiere disponer de los siguientes elementos:

- a) La máquina, provista de potentes mordazas que eviten todo deslizamiento de la probeta, debiendo coincidir la recta de aplicación del esfuerzo con el eje de la misma.
- b) La probeta, de morfología apropiada para este tipo de ensayos, suele ser un trozo de varilla de longitud inicial, l_0 , en mm, aproximadamente igual a:

$$l_0 = 8.16 \quad A_0$$

siendo A_0 , en mm^2 , el área de su sección recta antes del ensayo. Según la comúnmente usada norma española UNE 7.010, es recomendable utilizar probetas de una de las dos series de dimensiones siguientes:

l_0 (mm)	A_0 (mm^2)	d_0 (mm)
100	150	13.8
50	37.5	6.9

- c) Un elongómetro o extensómetro, capaz de determinar con exactitud los incrementos longitudinales experimentados por l_0 por efecto de la tensión; cuanto mayor sea la longitud de su base más exacta medida proporcionará.

Si se considera una probeta de metal sujeta entre las mordazas de una máquina de pruebas de tensión y se observa simultáneamente la carga y el alargamiento de una determinada longitud de la misma. Los resultados se suelen representar en un gráfico en el que en las ordenadas se llevan las cargas y en las abscisas los correspondientes alargamientos. En la página siguiente se observa dicho gráfico. Se puede observar que no aparecen representadas las fuerzas y alargamientos totales, sino las fuerzas unitarias o esfuerzos y los alargamientos unitarios o deformaciones, ya que sólo se pueden comparar las propiedades de una muestra con las de la otra si se reducen los valores observados a unos puntos de referencia comunes.

En la figura se observa que, desde el origen O hasta un punto llamado límite de proporcionalidad, el diagrama esfuerzo-deformación es un segmento rectilíneo, de donde se deduce la tan conocida relación de proporcionalidad entre el esfuerzo y la deformación, conocida como Ley de Hooke. Es necesario hacer resaltar que esta proporcionalidad no se extiende a todo el diagrama, si no que termina en el límite de proporcionalidad y más allá de este punto, el esfuerzo deja de ser proporcional a la deformación. El límite de elasticidad o límite elástico es el esfuerzo más allá del cual el material no recupera totalmente su forma original al ser descargado, sino que queda con una deformación residual llamada *deformación permanente*. El punto de fluencia es aquel en que aparece un considerable alargamiento o fluencia del material sin el correspondiente aumento de carga que,

incluso, puede disminuir mientras dura la fluencia. *El esfuerzo último o límite de resistencia es la máxima ordenada de la curva. El punto de ruptura o esfuerzo en el punto de ruptura, es el último punto de la gráfica: próximo a tener lugar la ruptura, el material se alarga muy rápidamente y al mismo tiempo se estrecha, en una parte muy localizada de la probeta, de forma que la carga, en el instante de la ruptura, se distribuye realmente sobre una sección muy pequeña.*

Ensayo de dureza.

En rigor cabe distinguir dos tipos de dureza: la *mineralógica* o resistencia que opone el material a la abrasión; y la *mecánica*, o resistencia a la penetración. La dureza mineralógica se determina por interpolación en la conocida escala de Mohs. La dureza mecánica se investiga mediante el ensayo de Brinell, descrito en el capítulo anterior.

Prueba de doblado.

Para hierros planos, se obtienen previamente probetas en forma de cinta que se calientan al rojo templándose después en agua a 28° C, y que deberán ser dobladas según arcos cuyos diámetros sean:

- Igual al espesor de la probeta, si ésta fue cortada en sentido de la longitud de la pieza, o
- Igual al doble de dicho espesor, si el corte fue en sentido transversal.

En ninguno de ambos casos deben producirse agrietamientos superficiales.

Ensayo de rotura en caliente.

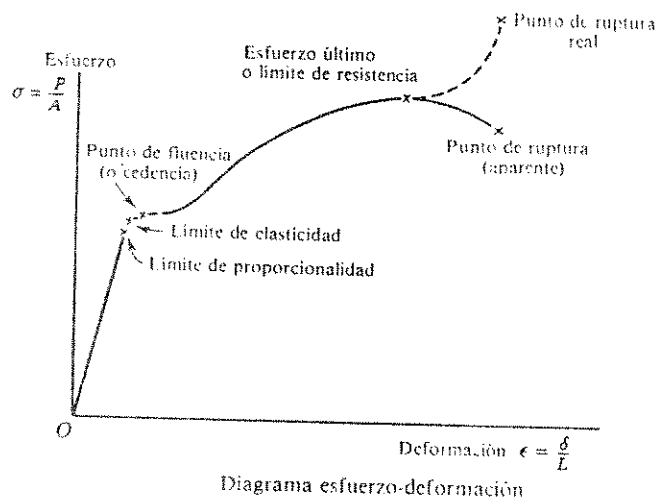
Se efectúa con una probeta forjada de 40 X 6 mm. de sección recta que se calienta al rojo y en tal estado deberá poder ser perforada por un punzón cónico de 80 mm. de longitud y 30 de diámetro, sin grietas ni resquebrajaduras. En el caso de chapas y palastros, el material deberá poder ser punzonado a una distancia de su borde igual al semiespesor de la misma, sin desgarrar ni deformación visibles, hallándose calentado al rojo. Este ensayo distingue el material colado -siempre agrietable- del forjado o laminado.

2.9.2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES 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 la construcción.

La densidad promedio del hierro es de 7.85 kg/dm³. Funde a 1,525 °C y hierve a 2,450 °C. El hierro de lingotes o acero dulce tiene una resistencia a la tensión cuando se lamina en caliente de 48,000 Psi (3,380 kg/cm²) con una elongación del 30% y una dureza Brinell de 82 a 100.

El hierro comercial laminado tiene un límite medio de elasticidad de 30,000 Psi (2,100 kg/cm²), resistencia máxima 50,000 Psi (3,520 kg/cm²), elongación del 35% y dureza Brinell de 100.



2.10 LADRILLOS.

"El ladrillo constituye una antigua e importante clase de material de construcción. Su facilidad y relativo bajo costo de fabricación, la durabilidad del producto apropiadamente hecho, y una resistencia moderada, han contribuido a su extenso uso. Originalmente el uso del ladrillo ordinario en estructuras había estado limitado a muros de carga, muros de cortina, pilares cortos y arcos de claro corto, principalmente debido a la relativa baja resistencia del mortero y la incapacidad de la mampostería para resistir esfuerzos de tensión. En la actualidad, el mejoramiento de la calidad de los morteros para mampostería y los últimos descubrimientos en la mampostería de ladrillo reforzado permiten un diseño más eficiente y amplían mucho el alcance del uso de este material." ³⁰

Los ladrillos de barro cocido son prismas que pueden manejarse con una sola mano; y en nuestro medio, las formas más comunes en que se fabrica son:

- *Ladrillo perforado*: con agujeros que ocupan del 5 al 33% de su área total.
- *Ladrillo hueco*: con agujeros que exceden el 33% de su área total.
- *Ladrillo maciso*: -llamado tayuyo- que no tiene agujeros.

La materia prima para la fabricación del 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. En algunos lugares todavía se hacen ladrillos horneados al sol, éstos se fabrican con arcillas o esquistos no calcáreos compuestos de verdadera arcilla con arena, granos de feldespato y compuestos de hierro, los cuales cuando se calcinan toman un color de ante o salmón. Los ladrillos comerciales son todos de arcilla muy calcinada que contiene hasta un 40% de carbonato de calcio. El óxido de hierro varía de 2 a 10% y el color rojo de los ladrillos comunes depende en gran parte de este contenido.

2.10.1. ENSAYOS Y ANALISIS DE LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO.

Análisis de campo.

Un buen ladrillo para propósitos estructurales debe ceñirse a los siguientes requerimientos bajo inspección visual: debe ser de estructura compacta no laminada; de forma razonablemente uniforme; estar libre de grietas y esquinas o bordes desportillados, marcas de horneado, piedra grande, bolas de barro y partículas de cal pura; y no ser suave como resultado de subhorneado.

Un ensayo tosco para evaluar la dureza y detectar la ausencia de grietas se realiza golpeando un ladrillo con un martillo mientras se sostiene con la mano, y notando el sonido emitido: un agudo sonido metálico indica una unidad dura y libre de grietas, mientras que un característico sonido sordo y corto es producido por un ladrillo subhorneado o agrietado.

Evidencia relativa del grado de horneado puede también obtenerse raspando la superficie de un ladrillo con una navaja: un producto bien horneado puede rasparse con dificultad. Una indicación aproximada del aguante relativo puede obtenerse quebrando el ladrillo con un martillo. El color de la superficie y del alma pueden constituir un índice de la calidad relativa de ladrillos de la misma planta.

Según la norma COGUANOR NGO 41 022, el ladrillo a utilizar en paredes de carga debe ser: compacto, limpio, libre de rajaduras, reventaduras, combas, escamas o ampollas. Con aristas a escuadra y dimensiones parejas, color uniforme. Difícil de rayar con acero y sonido metálico al golpearlo. Libre de partículas mayores de 1/8 de pulg. (0.32 cm), especialmente carbonato de calcio.

³⁰ Según referencia No. 4

Análisis de laboratorio.

Entre los ensayos que se realizan a los ladrillos para determinar su calidad, destacan los siguientes:

- Resistencia a la flexión y compresión.
- Absorción.
- Durabilidad.
- Estabilidad dimensional.
- Succión.
- Fluorescencia.

Resistencia a la compresión.

El ensayo de compresión para un ladrillo de barro para construcción se realiza ensayando medio ladrillo acostado. El ladrillo debe estar completamente seco, y las superficies de apoyo deben pintarse con goma laca antes de aplicar el plaste para impedir la absorción de humedad que disminuiría su resistencia.

Resistencia a la flexión.

La resistencia a la flexión del ladrillo se toma como módulo de ruptura del ladrillo ensayado sobre un claro simple bajo una carga central. La ASTM especifica que el ensayo debe realizarse en un ladrillo entero sobre rodamientos del filo de navaja en un claro de 7 plg; la carga central se aplica a través de un mandril de acero redondeado, con sección de 1/4 X 1 1/2 plg. (ASTM C 67).

Absorción.

La absorción de agua por el ladrillo frecuentemente se toma como una medida de la porosidad, la cual a su vez se considera indicativa de la posible filtración a través del ladrillo y de la tendencia a la desintegración cuando ladrillos húmedos son sometidos a congelación y descongelación alternas. Una alta temperatura de horneado tiende a producir, cuando menos en la superficie, una corteza densa y relativamente impermeable que se traduce en características de baja absorción.

Varios procedimientos de ensayo han sido usados para determinar la absorción del ladrillo. Un método estandarizado por la ASTM C 67 es como sigue: se secan cinco mitades de ladrillos hasta que adquieran un peso constante entre 110 y 115° C. Al enfriarse, cada ladrillo es pesado hasta el 0.5 gm. más cercano y sumergido en agua entre 15 y 30° C durante 24 horas. Entonces se secan las superficies con un trapo húmedo y los ladrillos se pesan de nuevo rápidamente. La absorción se calcula con base en el peso de unidades secadas por horneado.

El coeficiente de saturación se toma como la relación entre la absorción después de 24 horas de inmersión en agua fría y aquella posterior a un ensayo de ebullición de 5 horas.

Durabilidad.

La resistencia del ladrillo, a grandes cambios en las condiciones de humedad y temperatura, se evalúan por medio del ensayo de congelación-descongelación durante el cual los ladrillos son sometidos a muchos ciclos de congelación y descongelación, mientras se encuentran saturados y a varios ciclos de humedecimiento y secado. En algunos casos, la durabilidad de un ladrillo es una función directa de su absorción.

2.10.2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DEL LADRILLO.

Según la norma ASTM C62 "LOS REQUERIMIENTOS DE ESPECIFICACION PARA LADRILLO DE BARRO PARA CONSTRUCCIÓN" son los siguientes:

Grado	Mínima resistencia a la compresión (Prom. 5 U)	Máxima absorción de agua (Prom. 5 U).	Máximo coeficiente de saturación (Prom. 5 U).
TS.	3,000 Psi.	17 %	0.78
TM.	2,500 Psi.	22 %	0.88
TN.	1,500 Psi.	Sin límite	Sin límite

TS. = Tiempo severo, estructural. TM. = Tiempo medio. TN. = Tiempo normal, solamente para mampostería interior.

Varios ensayos demuestran que el módulo de ruptura del ladrillo puede variar desde 200 hasta 3,000 Psi. Sin embargo, para construcción los requisitos de resistencia a flexión son mínimos.

La absorción del ladrillo varía entre 1 y 25% aunque usualmente es menor del 20% para un ladrillo común.

Una tabla con los requisitos para ladrillos de barro cocido exigidos por Coguanor se muestra en el apéndice.

2.11. LAMINA GALVANIZADA.

Las chapas de acero o hierro recubiertas con cinc se emplean para techos. Su uso en nuestro medio es muy común, por su bajo costo y facilidad de instalación. La lámina galvanizada generalmente viene de 6, 7 y 8 pies de largo (1.95; 2.28 y 2.60 m) y 24, 26, 28, 32, 34 y 36 plg (61, 66, 71, 81, 87 y 91 cm) de ancho. El espesor corresponde a las medidas de calibre, que normalmente va desde el número 14 al 20. Las láminas más comunes son de acero de bajo carbono, pero también se usan fundiciones y aceros que contienen cobre para aumentar la resistencia a la corrosión.

2.11.1. ENSAYOS Y ANALISIS DE LAS PROPIEDADES DE LA LAMINA GALVANIZADA.

Para la investigación de este material, la toma de muestras se efectúa de acuerdo con la norma COGUANOR NGO 36015 "LAMINA DELGADA DE ACERO AL CARBONO, CINCADE (GALVANIZADA) POR INMERSION EN CALIENTE, PARA USO ESTRUCTURAL".

Análisis de campo.

Según las normas COGUANOR NGO 36012 Y 36013 para techos y tabiques, interesa determinar en la lámina las siguientes especificaciones:

- Número de calibre.
- Espesor del galvanizado.
- Peso de la lámina.
- Apariencia externa o vitrola: ausencia de defectos de fabricación o deterioro por interperie.

Ensayos de laboratorio.

Según la norma COGUANOR NGO 36015, la lámina galvanizada para uso estructural debe ser sometida a los siguientes ensayos:

- Resistencia a la tensión.
- Límite de fluencia, esfuerzo máximo y esfuerzo de ruptura.
- Durabilidad.

La tabla IV del apéndice muestra los requisitos mínimos del ladrillo de barro cocido según Coguanor

2.11.2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DE LA LAMINA GALVANIZADA.

La lamina galvanizada comercial posee un peso promedio de 1 lb-pie².

2.12. MADERA.

"Madera es un término general que se aplica al material proveniente de los árboles. La madera es un compuesto químico orgánico con 49% de carbono, 44% de oxígeno, 6% de hidrógeno y 1% de cenizas aproximadamente. Es en gran parte celulosa y lignina.

La madera se estaciona ya sea exponiéndola al aire para que se seque, o secándola en hornos. Se considera que el primer método da una calidad superior, pero requiere más tiempo, es costoso e indefinido.

La madera aserrada se clasifica desde la selecta A, que está prácticamente libre de defectos, a la selecta D, que contiene más defectos que las otras selectas pero sin desmerecer una apariencia de terminado. Las calidades comunes van desde el común No. 1, con pocos nudos compactos únicamente, hasta el común No. 5 con defectos groseros tales como la prodredumbre, orificios y bisel. El término viga se designa a un tronco al cual se le ha dado una sección transversal cuadrada en forma tosca; tablón es un trozo cortado en tal forma que tiene una sección rectangular de 27.5 cm de ancho. Tabla es una pieza delgada de cualquier anchura que tiene menos de 5 cm de espesor."³¹

2.12.1. ENSAYO Y ANALISIS DE LAS PROPIEDADES DE LA MADERA.

Análisis de campo.

Un análisis organoléptico pretende fundamentalmente la determinación de los defectos que presenta la madera. Los defectos son cualesquiera irregularidades que disminuyan su resistencia, durabilidad o utilidad, tales como nudos, rajaduras, fisuras de añejamiento, desprendimientos, la putrefacción, la distorsión y las bolsas de resina. Las rajaduras son grietas o hendeduras longitudinales debidas a la contracción o al podredumbre.

Ensayos de laboratorio.

Entre los ensayos de laboratorio efectuados para el control de calidad de la madera se encuentran:

- Ensayo de dureza.
- Ensayo de flexión.
- Ensayo de compresión paralela.
- Ensayo de compresión perpendicular.
- Ensayo de corte.
- Ensayo de tensión paralela a la fibra.
- Ensayo de tensión perpendicular.
- Ensayo de clavaje.

Ensayo de dureza.

Se utiliza como penetrómetro una bola de acero de un diámetro de 0.444". Bajo carga se hace penetrar la bola hasta la mitad, anotándose la carga que produce esta indentación. En las maderas debe hacerse dureza paralela a la fibra en el extremo y dureza perpendicular a las fibras. Existe una correlación entre resistencia, densidad y dureza en la madera.

³¹ Según referencia No. 8

Ensayo de flexión.

Con una muestra de 5 X 5 X 76 cm y utilizando un deflectómetro y accesorios especiales para flexión en madera, se mide y se pesa la muestra. Luego se estima el número de anillos por pulgada. Se estima el % de madera de verano y se hace un esquema de la muestra en perspectiva, indicando defectos y dirección de los anillos en los extremos. Se marca centro y extremos de luz de 70 cm, colocándose clavos de un lado de la pieza en los extremos y en el centro para colocar el deflectómetro. Finalmente se sitúa la pieza sobre los apoyos de modo que la superficie tangencial más cerca de la médula esté hacia arriba y se coloca el deflectómetro.

Ajustando el deflectómetro y la máquina a cero, se aplica la carga a una velocidad de 181.4 kg/min, tomando lecturas del deflectómetro cada 50 kg de carga. Se hace esquema de la falla y se plotea la curva carga-deformación. Interesa determinar: límite elástico en fibra extrema, esfuerzo de ruptura, módulo de elasticidad y tipo de falla.

Ensayo de compresión paralela.

Con una muestra de 5 X 5 X 20 cm y utilizando un indicador marca Ames para medir deformación, se mide y se pesa la muestra. Estimando crecimiento (anillos/cms) y % de madera de verano, se anotan los defectos que presenta y se hace un esquema. Luego de determinar la aproximación del indicador, se centra la muestra en la máquina y se aplica una carga gradual con el 10% de la escala de la máquina. Se toman lecturas de las deformaciones a cada 500 kg de carga y se plotea la curva esfuerzo-deformación unitaria, identificando límite proporcional y esfuerzo cedente.

Ensayo de compresión perpendicular.

Con una muestra de 5 X 5 X 15 cm y utilizando uno o dos indicadores de Ames para anotar deformaciones, se mide y pesa la muestra, estimando crecimiento y % de madera de verano. Se centra la pieza con una cara radial hacia arriba, colocando una plancha de carga de 2" de ancho. Se colocan los indicadores y se pone la máquina a 0. Luego se empiezan a aplicar cargas a 10% de la escala de la máquina por minuto, tomando nota de la deflexión cada 500 kg. El ensayo se suspende al pasar de una deflexión de 0.254 cm. Se plotea la curva esfuerzo-deflexión.

Ensayo de corte.

Con una muestra de 5 X 5 X 6.35 cm y utilizando accesorios especiales para corte, se mide y se pesa la muestra. Se centra la pieza en la máquina de compresión que se ajusta a 0 en su escala y se empieza a aplicar la carga a 10% de la escala. Se determinan el esfuerzo máximo de corte.

Ensayo de tensión paralela a la fibra.

Con una muestra de 2.54 X 2.54 X 35.36 cm y utilizando máquina de tensión y mordazas especiales, se mide y pesa la muestra, haciendo en esquema y anotando los defectos que presenta. Se usa una máquina de 12,000 kg poniendo a 0 la escala. Con una velocidad de 5% de la escala por minuto, se efectúa el ensayo, determinando el esfuerzo máximo de tensión.

Ensayo de clavaje.

Este ensayo se utiliza para determinar el esfuerzo máximo de clavaje o desgarramiento. Se utiliza una muestra de 5 X 5 X 8.26 cm y la máquina de tensión para cementos.

Ensayo de desclave (extracción de clavos).

Este ensayo tiene por finalidad determinar la carga máxima para extracción de clavos en las superficies radiales, tangenciales y extremas de la pieza. Se utiliza una muestra de 5 X 5 X 15 cms y clavos de 2.5 mm. de diámetro y 10 cm de longitud (4"). Estos deberán clavarse en angulo recto con la superficie de la pieza y deben penetrar 3.2 cm. Dos clavos en la superficie radial, dos en la

la superficie de la pieza y deben penetrar 3.2 cm. Dos clavos en la superficie radial, dos en la tangencial y uno en cada extremo de la pieza. La distancia de éstos a los bordes debe ser de 3/4 de plg como mínimo (18 mm) y la distancia a los extremos de 1 1/2" (38 mm). La distancia entre clavos no debe ser menor de 5 cm (2"), y no deberán colocarse en una misma línea. Finalmente, los clavos se sacan inmediatamente después de haber penetrado todos (Vel. de cabezal de carga 2mm/min). Utilizando la máquina universal con mordazas especiales se extraen éstos y se observa la carga máxima necesaria para su extracción.

Ensayo de Impacto.

Con una pieza de 5 X 5 X 76.2 cm se determinan las caldas necesarias de un martinete de 50 lb (22.5 kg) desde diferentes alturas -inicialmente de 1" (2.5 cm) incrementando 2" hasta llegar a 10" (25 cm)- para obtener la ruptura. Se toman datos de la carga que produce la falla o deflexión a 6" (15 cm).

Ensayo de tenacidad.

Este se lleva a cabo con un solo golpe sobre una pieza pequeña de 2 X 2 X 28 cm, accionado por un péndulo y con un peso de 50 lb. La máquina debe ajustarse para que la carga se aplique cuando el péndulo esté inclinado 15 grados con la vertical.

Determinación de la humedad.

En cada uno de los ensayos mecánicos se pesa y mide la muestra a utilizar. Luego de realizado el ensayo programado, se corta la muestra para determinar su grado de humedad. Quitando astillas, se pone a secar al sol y se determina al día siguiente su nuevo peso. La humedad se determina como un porcentaje de la diferencia de ambos en relación al peso original.

Técnicamente, el contenido de humedad se expresa como el porcentaje de agua, por peso, con base en madera secada a una temperatura de 100° C.

2.12.2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DE LA MADERA.

La mayoría de las células de 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.

Peso específico y contenido de humedad.

El peso específico de la madera varía de 0.3 a 0.9; el peso de las maderas estructurales varía entre 20 y 40 lb-pie³. El contenido de humedad para cuatro condiciones características de la madera es: verde, de 30 a 250%; secada a la interperie, de 12 a 15%; horneada, de 6 a 7%; y estufada, 0%. La madera es higroscópica, de modo que su contenido de humedad tiende a llegar a un equilibrio con el de la atmósfera circundante.

Encogimiento de la madera o Inestabilidad volumétrica.

El encogimiento de la madera se debe al secado de las paredes celulares. No ocurre encogimiento alguno cuando el contenido de humedad se reduce hasta el punto de saturación de las fibras, pero alcanza un valor máximo cuando la madera está estufada. El encogimiento es un fenómeno reversible, pues la absorción de agua por las paredes celulares causa que la madera se hinche. El encogimiento tangencial (paralelo a los anillos de crecimiento) es casi el doble que el radial (normal a los anillos); el encogimiento longitudinal es prácticamente 0. Este es una función directa del peso

específico, siendo los porcentajes aproximados de los encogimientos radial, tangencial y volumétrico, respectivamente 9, 17 y 28 veces el peso específico.

Dureza de la madera.

La madera es, en general, un material blando cuya dureza es proporcional al cuadrado de la densidad, decaendo en proporción inversa con el grado de humedad. El ensayo de Brinell permite clasificar las maderas en: muy duras, como las de boj y encina; duras, como las del ébano y olivo; medias, como las de caoba, cedro, fresno, manzano, nogal y olmo; y blandas, como las de abedul, abeto, ciprés y pino.

El color.

En una misma testa, la madera sube de tono desde la albura al corazón, pudiendo establecer que, en general, las maderas oscuras son mejores que las claras, pues los colorantes son antisépticos y aumentan la densidad.

Dilatación térmica.

La madera es uno de los materiales menos sensibles a las variaciones de la columna termométrica, oscilando el coeficiente de dilatación entre 0.04×10^{-4} en sentido axial y 0.50×10^{-4} en sentido transversal.

Conductividad térmica.

La madera seca contiene en sus células diminutas burbujas de aire por lo que se comporta como un eficaz aislante calorífico; el coeficiente térmico vale 0.03 en sentido normal a la fibra y 0.10 paralelo a ella.

Hendibilidad.

Es la 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. El material es más hendible cuanto más duro y denso sea, carezca de nudos y tenga fibras rectas o a altas temperaturas.

Durabilidad.

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.

Resistencia de la madera.

Con carácter general se puede afirmar que la capacidad para el trabajo de la madera aumenta en proporción a:

- La rectitud de la fibra leñosa,
- la compacidad,
- el grado de lignificación y
- su desecación.

La compresión sólo se considera que es simple o pura cuando la altura de la pieza -dimensión paralela a la acción de la fuerza- no excede de cinco veces la mínima dimensión de la sección recta normal al esfuerzo, caso en el que se encuentran la mayoría de los zoquetes, dados y zapatas. La

En la tabla V del apéndice se muestran los esfuerzos básicos para maderas guatemaltecas.

tensión a la rotura es máxima cuando la fuerza es paralela al hilo y mínima en sentido normal al mismo. Los coeficientes de minoración - o seguridad- deben ser de 1/5 para construcciones provisionales y de 1/7 para toda clase de estructuras resistentes, definitivas o de responsabilidad, pues la madera presenta defectos: fibra corta, nudos, repelo, etc. que demandan coeficientes de seguridad elevados. Si la altura de la pieza es mayor que 5 veces la menor dimensión de su sección recta debe considerarse el pandeo, caso en el que se encuentran la mayoría de los soportes y apeos.

La madera es uno de los materiales más idóneos para el trabajo por tracción por su especial estructura direccional, de lo cual se sigue que su resistencia será la máxima cuando la directriz de la fuerza sea paralela a la fibra o hilo y mínima, si ambas son normales.

Esta presenta especial aptitud para sobrepasar su límite de elasticidad por flexión sin rotura inmediata, propiedad que la hace útil para la curvatura en usos tales como muebles, ruedas, aros, cedazos, cerchas, toneles, instrumentos de música, etc. La curvabilidad se ve favorecida por la juventud del material y por su contenido de humedad y modernamente se aumenta gracias a tratamientos por el vapor o inmersiones en soluciones de urea metanal, con los cuales se aumenta su plasticidad en todos sentidos.

2.13. MARMOL.

El mármol es una piedra caliza muy dura, capaz de hermoso pulimento, que se emplea como adorno en la Arquitectura. Básicamente es carbonato de calcio que constituye capas muy espesas en el terreno devoniano.

Calcáreo compacto cristalino que se emplea en la construcción artística, para losas grandes de paneles de energía eléctrica y para ornamentos y estatuaria. En sentido más amplio, el mármol incluye cualquier calcáreo que se puede pulir, incluyendo el Breccia, el ónix y otros. Un calcáreo puro sería naturalmente blanco, pero el mármol es generalmente jaspeado o vetado con muchos colores.

El mármol traslúcido es mármol seleccionado y trabajado, semitransparente a la luz. Las virutas de mármol son trozos pequeños e irregulares de mármol que se comercializan para la fabricación de piedra artificial. Es un subproducto de las canteras de mármol.

2.13.1. ENSAYOS Y ANALISIS DE LAS PROPIEDADES DEL MARMOL.

Análisis organoléptico.

En la inspección de campo interesa determinar su tonalidad, la ausencia de impurezas y en general, su apariencia externa.

Por el uso a que se destinan, cabe diferenciar los mármoles en:

- *Estatuarios*, para obras escultóricas, unicolores, de fácil talla.
- *Constructivos*, indicados para obras de Arquitectura, Ingeniería y Artes decorativas, con frecuencia vetados o brocateles en los que, al lado de su resistencia y durabilidad, se buscan los efectos cromáticos, e.
- *Industriales*, como auxiliares de la Electrotecnia, laboratorios y varios usos fabriles.

Ensayos de laboratorio.

Entre los ensayos aplicables al mármol se encuentran:

- Determinación de su densidad.
- Determinación de su peso específico.
- Ensayo de compresión.
- Ensayo de su durabilidad. Etc.

2.13.2. ESPECIFICACIONES Y PROPIEDADES DEL MARMOL.

"Los mármoles poseen una densidad media de 2.8 gr/cm³. Su dureza oscila entre 3 y 4 de MOHS y su color varía desde el blanco de leche al negro terciopelo, pasando por toda la gama intermedia de tonalidades, con frecuencia salpicadas de manchas, inclusiones, gabarros y vetas de extraordinaria riqueza cromática.

El peso del mármol es de alrededor de 2,723 kg/m³. (170 lb-pie³). Su resistencia a la compresión es, en promedio, 10,000 Psi. (703 kg/cm².) Comúnmente soporta el calor hasta 649° C sin deteriorarse."³²

2.14. PLASTICOS.

El término plásticos se usa, generalmente, para designar las resinas sintéticas que constituyen el tipo más importante de los plásticos orgánicos. También quedan incluidos en esta clasificación de materiales los derivados de la celulosa, los materiales proteínicos y las resinas naturales. Los plásticos de resinas sintéticas han recibido la mayor atención del químico. Cuando se les modifica mediante la adición de aditivos apropiados, estos plásticos se moldean con facilidad y se convierten en productos ligeros con resistencia y durabilidad suficientes para mantener su estabilidad dimensional en condiciones moderadamente deteriorantes de calor, humedad e insolación.

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.

Los plásticos endurecen de tres maneras diferentes, de las cuales han surgido los adjetivos calificativos: fraguado químico, fraguado térmico y termoplásticos. Los dos primeros tipos son plásticos de dureza permanente que, una vez formados, no son afectados por los solventes ordinarios y no se ablandan al calentarse. Como su nombre lo implica, los plásticos de fraguado químico son el resultado de reacciones químicas entre los compuestos constitutivos a temperaturas ambientes, mientras que la reacción química de los plásticos de fraguado térmico requiere calor. Los compuestos termoplásticos producen plásticos de dureza solamente temporal a temperaturas ambientes normales. Estos plásticos se ablandan nuevamente al recalentarse. El ciclo de endurecimiento puede repetirse muchas veces. Además, en estado frío y duro son solubles en ciertos solventes.

2.14.1. ENSAYOS Y ANALISIS DE PLASTICOS.

- En los plásticos interesa la ejecución de los siguientes ensayos:
- Determinación del peso específico: entre 1.25 y 1.55
 - Ensayo de resistencia a la tensión: de 7 a 8 kips-pulg² en promedio.
 - Determinación del porcentaje de elongación: de 0.4 hasta 1.5
 - Determinación del módulo de elasticidad: de 4 a 10 x 10⁵ lb-pulg².
 - Determinación de las resistencias a compresión y flexión: de 10 a 30; y 8.5 a 15 kips-pulg² respectivamente.
 - Determinación de dureza de Rockwel: de M95 a M120. Etc.

32 Según referencia No. 10

La resistencia al rayado es importante en los plásticos para acabados superficiales, topes de mesas, etc.

2.14.2. PROPIEDADES DE LOS PLASTICOS.

El rango de las propiedades de los plásticos es muy considerable. Dependiendo de sus composiciones y sus materiales de refuerzo, pueden ser extremadamente débiles o muy resistentes. Los rellenos y los plastificadores cambian considerablemente las propiedades de los plásticos.

Uno de los primeros usos de ingeniería, asignado a grandes cantidades de plásticos, fue el aislamiento eléctrico. Sus otras características de buena resistencia a la corrosión ácida y la abrasión mecánica, resistencia y peso, ampliaron mucho su campo de uso. La humedad relativa disminuye proporcionalmente la resistencia a la tensión en los termoplásticos.

Ciertos plásticos, tales como las resinas fenólicas, han sido calentados hasta 246° C (475° F) durante 600 horas sin mostrar reducciones apreciables a las resistencias a la compresión y a la tensión a temperaturas ambientes normales.

2.14.3. LOS PLASTICOS EN LA CONSTRUCCION.

Son escasos hoy en día los materiales clásicos que no puedan verse sustituidos por productos plásticos con notorias ventajas, pudiendo afirmarse que las dificultades que ofrezca la sustitución provendrán más bien de problemas de moldeo y tamaño que de deficiencias del producto.

Los *celulósicos* proporcionan vidrios de seguridad, tuberías y pinturas; los *vinílicos*, planchas, hojas, revestimientos, tuberías, pavimentos y persianas; los *etilénicos*, tuberías aislantes y anticorrosivas, los *acrílicos*, vidrios permeables a los ultravioleta, libres de la fragilidad propia de los minerales; los *fenólicos* han desterrado toda la antiestética gama de manipuladores eléctricos - interruptores, llaves, enchufes, timbres, teléfonos, etc.- de metal o porcelana; los *amínicos* suministran magníficos tejidos impermeables -cortinas para duchas, fundas, etc.-, y, en fin, las *siliconas* tienden a resolver multitud de problemas de aislamiento de humedades.

Los cauchos sintéticos, por su parte, nos proporcionarán toda suerte de juntas entre materiales heterogéneos de dilatabilidades distintas en presencia de la temperatura.

"Entre los plásticos más usuales en la construcción están:

- La ebonita, utilizada preferentemente como aislante en la fabricación de agarradores, mangos y aparatos telefónicos.
- Las resinas acrílicas, que se utilizan para aplicaciones como ventanas transparentes, rótulos de interiores y exteriores, partes de artefactos de alumbrado, etc. por su calidad y transparencia perfectas. Siendo las más resistentes, entre todos los plásticos transparentes, a la luz solar y a la intemperie, poseen una combinación óptima de flexibilidad y rigidez, así como alta resistencia al astillamiento.
- El poliestireno, que 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 con dicho material.
- Fluoruro de polivinilo, resistente a la intemperie, se utiliza como película de revestimiento de tableros de edificios.

- Poliétileno, Inerte a los disolventes y productos químicos corrosivos de todas las clases a las temperaturas normales. Este 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 otros tipos.

Uno de los usos más importantes del poliétileno es en la fabricación de tuberías de resinas con este material, existiendo tres tipos: el tipo I, de poca densidad, que produce un tubo flexible y de baja resistencia (28 kg/cm^2); el tipo II, menos flexible que el anterior, pero de resistencia mayor (35 kg/cm^2); y el tipo III, tiene una gran resistencia mecánica (44 kg/cm^2), pero es de muy poca flexibilidad. Esta tubería se usa más para conducción de agua que para cualquier otro uso. Se recomienda usarlo para presiones y temperaturas moderadas. Se ha comprobado que bajo condiciones severas, esta tubería dura más de 15 años, según sea su fabricación. Puede usarse entre temperaturas de -30 a $+50^\circ \text{C}$.

- Cloruro de polivinilo, de naturaleza dura y rígida, pero que puede plastificarse para darle cualquier grado requerido de flexibilidad. Entre los productos más importantes que se fabrican a partir del cloruro de polivinilo se encuentra la tubería de polivinilo PVC. Esta dura 25 años o más, no es afectada por las condiciones meteorológicas y es extremadamente resistente al ataque de sustancias químicas, no es inflamable, no es magnética ni produce chispas eléctricas. Además, no se oxida ni deteriora en suelos ácidos o alcalinos muy severos. Su resistencia mecánica es muy buena (de 70 a 140 Kg/cm^2). Puede conducir fluidos cuya temperatura oscile entre 4 y 70 grados centígrados.

Según la norma ASTM 1787-75 CLASE 12454-B (COGUANOR NGO 19 003), las propiedades mecánicas de la tubería PVC 1120, que es la que se elabora en la mayoría de fábricas del mundo, son:

- Peso específico: 1.38 gr/cm^3 .
- Resistencia a la tensión (25°C): 500 kg/cm^2 .
- Resistencia a la compresión: 675 kg/cm^2 .
- Módulo de elasticidad: $3.0 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$.
- Elongación hasta la ruptura: mínimo 10% , máximo 30% .
- Dilatación térmica lineal: $0.08 \text{ mm/m}^\circ\text{C}$.³³

2.16. PISOS DE CEMENTO.

"Los pisos de cemento son ladrillos cuadrados planos que se utilizan para el revestimiento superior de un suelo en el interior de una construcción. El piso de cemento, conocido en nuestro medio como baldosa, está formado por las siguientes capas:

- *La capa de base*, formada por una mezcla de cemento portland y arena en una proporción de 1:5.

- *La capa secante*, que es una capa formada por arena de buena calidad, tamizada y fina, cuya finalidad es unir a la pastina con la capa de base y absorber el exceso de agua en la pastina al comprimir la baldosa.

- *La pastina*, o capa superficial, que es la que determina la calidad en cuanto a resistencia al desgaste y apariencia. Está formada por arena blanca, polvo de mármol, cemento portland y el pigmento colorante o los fragmentos de piedra triturada para simular granito, según sea el caso."³⁴

³³ Según referencia No. 16

³⁴ Según referencia No. 5

2.15.1. ENSAYOS Y ANALISIS DE LAS PROPIEDADES DEL PISO DE CEMENTO.

Análisis de campo.

Un examen visual del lote de ladrillos a utilizar en determinada construcción indicará su calidad, dando una idea general de su resistencia. Debe observarse la ausencia de los siguientes defectos:

- manchas amarillentas: causadas por el agua empleada al preparar la pastina o cuando las herramientas utilizadas en su fabricación están oxidadas.
- ampollas o costras: que aparecen y se revientan debido a la utilización de pastas que ya principiaron a fraguarse en el momento de utilizarse.
- grietas y manchas de florescencia: debidas a la contracción de la pastina al fraguar, por lo que no se deben exponer los ladrillos de temprana edad a ambientes secos o calurosos.

Las quebraduras, descascaramiento o rotura por simple manipuleo será indice de la baja resistencia del ladrillo debido a la mala calidad de los agregados empleados y mezclas muy pobres en su elaboración.

Ensayos de laboratorio.

En los ladrillos de cemento se practican los siguientes ensayos para control de calidad:

- Ensayo de flexión.
- Resistencia al impacto.
- Ensayo de absorción.
- Ensayo de desgaste. Etc.

Ensayo de desgaste en baldosa de cemento para pisos.

El procedimiento se describe a continuación:

- a) Se toman medidas y peso de la probeta.
- b) Se anotan las características de la máquina de desgaste por frotamiento marca Boehme a utilizar.
- c) Se coloca la probeta en el sostenedor y se aplica una presión de 250 gr/cm² Pesar dos porciones del material abrasivo (polvo de carborundo) de 20 gr cada una. -Estas se utilizarán cada 50 vueltas de recorrido del disco abrasivo.-
- d) Se coloca el abrasivo sobre el disco a lo largo del recorrido de la probeta, haciendo funcionar el disco. A las 25 vueltas se gira 90 grados y se sustituye el polvo abrasivo; a las 75 vueltas se gira de nuevo la probeta 90 grados y a las 100 vueltas (equivalente a un recorrido de 150 m) se termina el ensayo.
- e) Se limpia, mide y pesa la probeta nuevamente.
- f) Se calcula el desgaste en cm³/cm² de superficie o en espesor. Calcular desgaste en peso.

En general, la poca resistencia al desgaste en la pastina puede indicar el empleo de cemento defectuoso o agregados de mala calidad.

2.15.2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DEL PISO DE CEMENTO.
"ESPECIFICACIONES PARA LADRILLO DE CEMENTO LIQUIDO" según el Instituto de Fomento de Hipotecas Aseguradas F.H.A."

PRUEBAS Y ESPECIFICACIONES.	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 pasta en mm.	2.5	2.5	2.5
Resistencia mínima a flexión en 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 viviendas de bajo costo.

El tipo "C" podrá aceptarse únicamente para patios y áreas similares.

2.16. VIDRIO.

Sólido amorfo, obtenido fundiendo sílice, juntamente con un óxido básico. Sus propiedades características son la transparencia, la dureza y la rigidez a temperaturas ordinarias, su capacidad para ser trabajado plásticamente a temperaturas elevadas y su resistencia a la acción de agentes climáticos y a casi todos los agentes químicos, con excepción del ácido fluorhídrico. En su forma más simple, el vidrio se hace por fusión conjunta de sílice y carbonato de sodio anhidro. El carbonato de sodio impide el empañamiento del mismo.

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, translúcida, frágil y resistente mecánica y químicamente. Sus principales componentes son la sílice 75%, sosa 13%, cal 10% y pequeñas porciones de otros metales.

El vidrio "crown", para ventanas, es duro, con soda y cal, incoloro y con alto contenido de sílice. El vidrio armado es una variedad de vidrio que se usa en la construcción de edificios, para ventanas, puertas, pisos y claraboyas; tiene una malla de alambre tejido incrustada en el centro de la plancha. No se astilla o salta como el vidrio común cuando se expone al fuego o al choque, y tiene una resistencia mayor que el vidrio común. Se fabrica en grosores corrientes desde 3 a 9 mm, y en planchas de 1.50 m por 2.75 m y de 1.52 X 3.50 m. El vidrio armado de 6 mm. de espesor. pesa 10.732 kg/m².

Se denomina vidrio plano a cualquier vidrio que ha sido fundido o laminado en hojas planas y luego pulido. Contienen generalmente algo menos de calcio y un poco más de sodio que el vidrio de ventana común y también pueden encontrarse en él, como impurezas, pequeñas cantidades de hierro y aluminio en estado de óxidos.

Los vidrios inastillables, también llamados vidrios de seguridad contra impactos, son vidrios laminados que cuando se instalan en vehículos blindados reciben el nombre de vidrios contra balas. Es un material compuesto de dos láminas de vidrio plano con una chapa de resinoide transparente entre ellas, siendo el total moldeado a gran presión y temperatura elevada. Cuando este vidrio experimenta un impacto violento se raja pero no se astilla ni salta. Resiste presiones de 1.4 kg/mm² y tiene un espesor de 37.5 mm. con tres chapas en total.

2.16.1. ENSAYOS Y ANALISIS DE LAS PROPIEDADES DEL VIDRIO.

2.16.1. ENSAYOS Y ANALISIS DE LAS PROPIEDADES DEL VIDRIO.

Análisis de campo.

En el ensayo organoléptico del vidrio conviene examinar visualmente su apariencia externa y verificar la ausencia de los defectos más comunes, que disminuyen su calidad:

- *Defectos de afinado de la masa*, como la burbuja, de forma muy variada, debida a un núcleo gaseoso no eliminado durante el afinado.
- *Defectos de homogeneidad*, tales como la lágrima: núcleo de mayor viscosidad que el resto de la masa, que se muestra por coloración o protuberancia; el hilo, vena filiforme de vidrio, similar a la lágrima de la cual suele ser la cola; la cuerda, hilo grueso enroscado; y la onda, vena de vidrio más difuminada que las anteriores.
- *Defectos de vitrificación*, como la piedra: partícula no vitrificada.

Es importante revisar la superficie y constatar que el espesor sea el especificado por el productor.

Ensayos de laboratorio.

Las investigaciones practicadas en el laboratorio para comprobar la calidad de los vidrios pueden ser:

- El análisis químico.
- Determinación de su densidad y el peso específico.
- Determinación de las deformaciones de la visión a su través.
- La resistencia al impacto de bolas de acero, desde alturas progresivas.
- Los ensayos de torsión y flexión.
- La resistencia de vidrios laminares al agua corriente a 20° C y al agua hirviendo.
- La resistencia a ácidos minerales energéticos.
- La dureza y rayabilidad.

2.16.2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DEL VIDRIO.

Las principales propiedades del vidrio son: transparencia, brillo, dureza, sonoridad y resistencias químicas. Su densidad aparente por carecer de poros es igual a su peso específico relativo y varía de 2.3 hasta 2.6 para los vidrios alcalinos y de 3 a 8 para los de plomo, empleados en óptica. La dureza del vidrio en la escala de Mohs, varía de 4 a 8 y es igual a 6 para los vidrios industriales. Su conductividad térmica y eléctrica es muy baja. El coeficiente calorífico es de 0.7 Kcal/m²/h/°C y el coeficiente de conductibilidad eléctrica varía de 8×10^{11} hasta 3×10^{14} cm².

La elasticidad y flexibilidad dependen de su espesor y su fragilidad disminuye al hacerlo grueso. Su resistencia a la compresión es muy grande: de 5,000 a 10,000 kg/cm². La resistencia a la flexión varía con la clase de vidrio: el de ventanas, de 400 a 500 kg/cm². El vidrio deja pasar del 80 al 90% de la luz visible.

2.17 YESO.

Mineral ampliamente distribuido. Es el sulfato hidratado de calcio, utilizado para enlucidos, placas para paredes, azulejos, como absorbente para productos químicos, como pigmento en pinturas y como diluyente en las mismas y también para revestir papeles. Los tipos masivos compactos del mineral se utilizan como piedras de construcción. El color natural del yeso es blanco; pero puede estar coloreado por impurezas de color gris, castaño o rojo. Debido a su solubilidad en agua no puede utilizarse para revestimiento de exteriores. El enlucido natural para paredes es de yeso sin mezcla

con arena. Cuando se utiliza el término "enlucido" sin ningún calificativo se refiere generalmente a los enyesados.

El yeso 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.

Los cartones o placas de yeso están hechas con chapas de yeso al que se ha añadido un 15% de fibras y se emplea como un material incombustible para paredes, cielorrasos y tabiques. Las especificaciones corrientes exigen para las placas de yeso espesores de: 6.55, 9.39 y 12.5 mm. con superficies que son de costumbre de 60 X 80 cm. El peso de una placa de yeso de 6mm. de espesor es de 6 kg/m² aproximadamente.

2.17.1. ENSAYOS Y ANALISIS DE LAS PROPIEDADES DEL YESO.

Análisis de campo.

A simple vista es posible afirmar que la muestra más blanca y fina de grano es la mejor; indicios de calidad son también la rapidez de fraguado, el aumento volumétrico experimentado y el calor de hidratación.

Ensayos de laboratorio.

Entre los ensayos útiles para determinar la calidad del yeso figuran:

- Análisis químico, que tiende a investigar el contenido en algez -material no deshidratado-, yeso propiamente dicho, caliza, magnesia, cloruros y otros productos de impurificación.
- Finura de grano.
- Ensayo de fraguado.
- Resistencias a la flexión y compresión.

Para éstos dos últimos ensayos, es precisa la preparación de la pasta de yeso.

2.17.2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DEL YESO.

La densidad del yeso oscila alrededor de 0.90 kg/dm³ y su densidad real es de 2.28 a 2.33 kg/dm³. Su dureza es de 1.5 a 2; es poco soluble al agua -10 gr por litro- pero la absorbe en seguida, desprendiendo 140 cal/kg, para transformarse en una papilla que fragua con rapidez, según el tipo, clase y cocción del material, experimentando un considerable aumento de volumen aparente que es característica de la buena calidad del producto. Se deshidrata al ser calentado a unos 190° C.

Según la norma española UNE 41 022, -aplicada mundialmente-, el yeso puede responder a tres calidades establecidas:

1o. *Yeso de primera, fino o flor*: yeso blanco, que contiene un 80% de semihidrato y está bien molido, dejando del 1 al 10% en el tamiz de 0.2 mm. Empleado para enlucir paredes, estucos y blanqueos. Su tiempo de fraguado comienza entre 2 y 5 minutos -para un fraguado rápido-; y 5 y 15 minutos -para un fraguado lento-. Termina antes de los 15 ó 30 minutos, dependiendo de su rapidez o lentitud. Este tiene una resistencia a la compresión de 100 kg/cm² aproximadamente y una resistencia a la flexión de más o menos 40 kg/cm².

2o. *Yeso de segunda, negro o basto*: 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 al 50% en el tamiz de 0.2 mm. Tiene una riqueza del 60% de semihidrato y se emplea en obras que no hayan de quedar aparentes: bóvedas,

labiques y tendidos. Muestra un fraguado similar al de primera calidad. Tiene una resistencia a la compresión de alrededor de 75 kg/cm^2 y una resistencia a la flexión de 30 kg/cm^2 .

3o. *Escayola*: yeso blanco de la mejor calidad, contiene 90% de seminidrato, finura del 1% en el tamiz de 0.2 mm. y se emplea para vaciados, molduras y decoración. Empieza a fraguar entre 4 y 15 minutos y termina su proceso alrededor de los 30. Posee una resistencia a la compresión de 150 kg/cm^2 y una resistencia a la flexión de 70 kg/cm^2 .

En todas las calidades, debe tenerse presente que el agua actúa como retardadora del fraguado y degradadora de la resistencia del producto fraguado.

CONTROL DE CALIDAD Y CUMPLIMIENTO DE NORMAS EN OBRAS DE CONSTRUCCION.

ENSAYOS DE LABORATORIO Y ANALISIS DE CAMPO BASICOS PARA UNA CORRECTA SUPERVISION.

Como se ha venido expresando a lo largo de este documento, supervisar una obra de construcción conlleva una serie de controles de tipo administrativo, financiero y técnico. Además de cumplir funciones de observación y asesoramiento.

Por la naturaleza de este estudio, las funciones de control y asesoría técnica son las que en esta ocasión interesan. Por ello, en el capítulo I se hace ver que dentro de las funciones de supervisión se incluyen:

- " El examen cuidadoso de los materiales que habrán de utilizarse en la obra; y su aprobación o rechazo oportuno, exigiendo pruebas de laboratorio de los distintos materiales, cuando lo considere conveniente".
- "Ordenar los ensayos y análisis de laboratorio que sean necesarios para los materiales de construcción de los cuales se tenga razonable duda de su calidad, o bien en caso de obras que exijan un estricto control de los materiales a emplearse".

Para el cumplimiento de estas funciones, las muestras de materiales o probetas de ensayo, deben mantenerse bajo directo control y vigilancia del supervisor y ser marcadas de tal manera que sea fácil y segura su identificación. Las observaciones y resultados de ensayos deberán llevarse por escrito, con estricto control de las fechas en que se realizaron, de tal forma que sea fácil determinar su relación con el avance físico de la construcción. De todos los resultados de ensayos el supervisor deberá tener una copia y conservar registro de los datos y demás información al respecto en el expediente de la obra, haciendo las anotaciones pertinentes en la bitácora o libro de órdenes.

A manera de resumen, este capítulo describirá todos los análisis de campo y ensayos de laboratorio que se deben efectuar en el proceso de construcción de una obra, enunciándolos de acuerdo al orden en que los procesos de construcción se desarrollan.

3.1. VERIFICACION DE MEDIDAS Y ANGULOS DE TRAZO.

El primer examen de inspección de una obra consistirá en verificar que el trazo de la misma se efectúo correctamente. Las dimensiones correctas de acuerdo a los planos se revisarán midiendo con cinta métrica las mismas. Los ángulos rectos de las esquinas se verificarán fácilmente con el método 3:4:5, que no es más que la aplicación elemental del Teorema de Pitágoras: utilizando un metro se medirán sobre el hilo de trazo 3 metros en una dirección y 4 en la otra. Al medir la hipotenusa formada por la seña de las dos mediciones anteriores debe dar exactamente 5. No se permiten tolerancias, pues en ejes muy largos éstas afectan de manera muy perceptible. Se puede utilizar también un escuadrilón.

3.2. CONFRONTACION DE NIVELES DE EJES Y PLATAFORMA.

Los niveles de la plataforma y de cada uno de los ejes se verificarán con el método de nivel de manguera. -Este método se basa en el principio físico que expresa que un líquido homogéneo, de densidad conocida, experimenta la misma presión en todos los puntos situados a la misma altura o profundidad, independientemente de la forma del recipiente que lo contiene-.

Se utiliza una manguera transparente de 1/2 pulg. de diámetro de preferencia, -por razones de facilidad de operación-; se estira ésta y luego se llena de agua limpia y cristalina teniendo cuidado de no formar burbujas de aire. De esta forma, se podrá usar la manguera para correr y verificar los

niveles deseados. De un extremo de ésta el líquido alcanzará la misma altura que el mostrado en la otra punta, que se colocará a conveniencia.

3.3. INSPECCION DE ZANJAS DE CIMIENTO.

En los cimientos, antes de empezar la fundición se deberá revisar que en la zanja los taludes estén tallados de la manera correcta para que no se derrumben sobre el concreto. Se miden las dimensiones de la zanja: largo, ancho y profundidad y se confrontan con las especificadas en los planos de acuerdo al nivel de plataforma.

3.4. REVISION DE ARMADURAS.

El acero de construcción a colocar en la zanja de cimiento y utilizado para la armadura de columnas, pines, vigas y cualquier elemento estructural que lo requiera, deberá ser el indicado en los planos y deberá guardar la separación establecida en los mismos, por lo que se revisará que el utilizado sea el del diámetro indicado. También se revisará la separación entre varilla y varilla, confrontándola con la especificada en los planos, tanto de forma longitudinal como transversal.

3.4.1. INSPECCION DE LAS VARILLAS DE ACERO DE REFUERZO. ANALISIS Y ENSAYOS APLICABLES.

Se deben examinar las varillas de acero a utilizar, observando que se encuentren libres de oxidación. La determinación de su grado estructural sólo podrá obtenerse a través de los ensayos de laboratorio especificados. Consultar sección 2.1.1., página 19 de esta tesis: "ENSAYO Y ANALISIS DE LAS PROPIEDADES DEL ACERO DE REFUERZO".

3.4.2. INSPECCION DEL RECUBRIMIENTO MINIMO.

En el cimiento, otra revisión que se debe hacer y es muy importante es el del recubrimiento de la armadura, la cual tiene que estar levantada sobre el nivel del terreno natural de la excavación, el recubrimiento mínimo necesario para que a la armadura no penetre la humedad del suelo y se oxide. Este recubrimiento lo establecen los planos o las especificaciones técnicas, en caso de no ser así el Código para Concreto Reforzado en su norma ACI 318 77 lo establece para cada uso. En cimientos la norma lo establece en 7.5 centímetros.

El recubrimiento mínimo en cimientos se logra colocando bajo las armaduras unos cubitos de concreto -taquitos- fundidos previamente en la obra y que tienen en el centro un poco de alambre de amarre para fijarlos a la armadura y así evitar que al momento de voltear el concreto no se muevan.

En vigas y columnas la norma expresa que nuncá deberá ser menos de 2.5 cm.

3.4.4. CHEQUEO DE AMARRE DE ESTRIBOS EN VIGAS Y COLUMNAS.

Los estribos a utilizar en vigas y columnas con la finalidad de contribuir a resistir el esfuerzo de corte del elemento junto con el concreto; y a amarrar las varillas de refuerzo de acuerdo al espaciamiento longitudinal deseado, deberán poseer ganchos de 45° con 5 cm. de largo como mínimo. Estos se colocarán en forma alterna, es decir, con los ganchos en diferentes esquinas cerrando vueltas.

3.4.5. INSPECCION DE EMPALMES.

Las varillas de refuerzo utilizadas se empalmarán un mínimo de 30 diámetros. Usualmente, esta norma en campo equivale a decir: 30 cm para el diámetro No. 3; 40 cm para el diámetro No. 4 y así

sucesivamente. Cuando las varillas a empalmar sean de diámetros mayores al No. 6 se utilizarán bastones: en vez de empalmar las dos varillas a utilizar, se colocará un pedazo de varilla del diámetro que se está utilizando de un tamaño no menor de 30 diámetros por lado en la unión de las dos.

3.5. INSPECCION DEL CONCRETO Y SUS AGREGADOS.

Se puede empezar por revisar los agregados a usarse en la elaboración del concreto, como lo son la arena y el pedrín.

3.5.1. REVISION DE LA ARENA.

La arena deberá estar limpia de impurezas y limos. Una manera práctica de verificarlo es tomar un poco de arena en la mano y apretarla, luego abrir la mano y si ésta se desmenuza inmediatamente será arena de buena calidad y estará limpia de impurezas. Si permanece unida y apelotonada indicará que no está limpia de limo y materia orgánica, por lo que es necesario proceder a lavarla para que quede completamente limpia. En la sección 2.2.1.1., página 20: "ENSAYOS Y ANALISIS DE LAS PROPIEDADES DEL AGREGADO FINO" se describen todos los ensayos para determinación de su calidad.

3.5.2. REVISION DEL PIEDRIN.

El pedrín deberá ser uniforme y del tamaño que se especifique para cada miembro estructural, en el caso de la cimentación se puede usar pedrín de 3/4 pulg. de diámetro en adelante hasta un máximo de tamaño, que lo da la separación entre varillas de la armadura. El pedrín deberá estar limpio de impurezas o tierra orgánica y deberá ser en su mayoría uniforme. Consultar sección 2.2.2.1.

3.5.3. CHEQUEO DEL CEMENTO.

Fundamentalmente interesa revisar que el cemento a utilizar no presente terrones o piedras que se forman por largos períodos de almacenamiento o exposición a severas condiciones de frío o humedad. Su endurecimiento afecta considerablemente su resistencia. Conviene revisar la bodega de almacenamiento de este producto en la obra y hacer las observaciones pertinentes sobre su adecuado almacenaje. Consultar sección 2.6.1. (Pág. 27).

3.5.4. INSPECCION DEL CONCRETO EN SU FUNDICION O COLADO Y CURADO.

Inicialmente es importante inspeccionar su dosificación, verificar que las proporciones del material a utilizar sean las especificadas para obtener la resistencia exigida en el elemento estructural en el que se utilizará. Es muy conveniente en obras de importancia hacer la dosificación por peso de todos los agregados, debiéndose tener siempre presente el porcentaje de humedad de éstos.

Luego conviene supervisar su preparación y amasado. En obras de pequeño volumen, las mezclas se preparan a mano. Midiendo los agregados con carretillas de volumen conocido. Cuando el amasado se hace a brazo, éste debe hacerse sobre una superficie impermeable, mezclando en seco el arido con el aglomerante, hasta obtener una mezcla de color uniforme, y agregando 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 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, seguida de la arena y el cemento siempre con la mezcladora en movimiento. Se hace girar la mezcladora unas cuatro o cinco revoluciones y se agrega el agua restante poco a poco hasta llegar a la cantidad requerida para la consistencia deseada. El tiempo de mezclado debe estar entre 2 y 3 minutos; este tiempo no debe ser excesivo ya que puede afectar la calidad del concreto.

La trabajabilidad deseada en el concreto se mide usualmente por el asentamiento en el cono de Abrahams. Esta prueba se efectúa al comienzo de las operaciones de cada día y cuando la apariencia del concreto indique un cambio de consistencia.

Los asentamientos usuales según el tipo de elemento a fundir son:

- Muros y zapatas de cimentación reforzados: de 5 a 12.5 cm
- Zapatas simples y muros para subestructura: de 2.5 a 10 cm
- Losas, vigas y muros reforzados: de 7.5 a 15 cm
- Columnas para edificios: de 7.5 a 15 cm
- Pavimentos y pisos: de 5 a 7.5 cm
- Construcción masiva: de 2.5 a 7.5 cm

La resistencia del concreto sólo podrá determinarse con el ensayo de cilindros tomados al momento de fundir el elemento. Usualmente se toman 3 muestras para ensayarlas a los 7, 21 y 28 días. Nunca deberán tomarse muestras 15 minutos después de efectuada la batida o mezcla. Para tener una información detallada de los ensayos y análisis aplicables al concreto consultar sección 2.7.1.

La inspección de un adecuado curado del concreto también es importante. Debido a que la hidratación del cemento se lleva a cabo con presencia de humedad a temperaturas arriba de los 10° C es necesario mantener estas condiciones. Debe supervisarse que haya riego continuo con agua, inundación con agua o bien la adecuada utilización de aditivos para curación que poseen membranas para reterer la humedad original del concreto fresco. El curado se debe efectuar un mínimo de 7 días, pero lo ideal es realizarlo 21 días.

Finalmente, es necesario supervisar la correcta utilización de aditivos en el concreto. -cuando estos sean necesarios para modificar las propiedades del mismo-. Por ejemplo, en el caso de las aditivos acelerantes, la dosis máxima será del 2% del peso del cemento, pues dosis elevadas provocan una corrosión progresiva del acero de refuerzo.

3.6. CHEQUEO DE FORMALETAS Y DESENCOFRADO.

Antes de proceder a fundirse, es necesario chequear las formaletas. Usualmente la madera es el material más usado en formaletas. Aunque también se utilizan planchas de metal liviano previamente moldeadas de acuerdo a la forma requerida. Es necesario verificar que las formaletas hayan sido sujetadas de forma segura, a fin de evitar que se abran o deshagan durante la fundición y el vibrado del concreto. Es común, untar las formaletas de aceite o gasolina, a fin de que sea fácil su desencofrado y evitar que se adhieran fuertemente al concreto. El hacerlo en formaletas hechas con tablas bien cepilladas proporcionará superficies de concreto lisas y de apariencia externa agradable, conocidas como acabados de concreto expuesto.

En columnas, las formaletas deben permanecer colocadas entre 5 y 6 días como mínimo. Las vigas requieren de 18 a 21 días y el entarimado de losas debe permanecer en el lugar por lo menos 30 días. La eliminación de las mismas antes de estos períodos puede provocar deflexión en los elementos horizontales y con luz entre apoyos; y pandeo o disgregación en los elementos verticales.

3.7. SUPERVISION DE LA FUNDICION.

En la fundición con concreto también se requiere la presencia de una adecuada supervisión. Para elementos muy angostos y un tanto profundos, es necesario verificar su correcta fundición. El apisonado del elemento es importante cuando se trata de columnas o vigas altas, para que el concreto llegue a todas las áreas y no se formen huecos o ratoneras que disminuyen la resistencia del elemento. También se hace necesario supervisar la vibración de éste. Un excesivo vibrado también puede afectar negativamente, provocando la disgregación de los agregados.

3.8. INSPECCION DEL LEVANTADO DE PAREDES, MUROS Y TABIQUES. REVISION DE PINES EN LA MAMPOSTERIA REFORZADA.

Generalmente primero se funden columnas antes de empezar a levantar paredes y muros. Esto es porque, en obras de pequeño volumen, las columnas estarán en dos de sus lados circundadas por el muro o pared de relleno.

En el levantado de los muros o paredes, inicialmente es importante revisar que los materiales a utilizar: block o ladrillo, cumplan con las normas y especificaciones exigidas. En ambos interesa medidas uniformes en todas las unidades que conforman el lote a utilizar, pues es necesario que no sobresalgan filos o bordes en los muros a levantar. Los ensayos y análisis de bloques, así como sus propiedades pueden consultarse en la sección 2.4., página 23 de este texto. En el caso del ladrillo consultar la sección 2.10, página 38.

En el proceso de levantado de los muros, interesa verificar su correcta alineación con el eje en el plano indicado; así como su necesaria verticalidad para evitar esfuerzos de flexión no calculados y poder soportar los esfuerzos diseñados, si es muro de carga. Además de la obvia apariencia externa agradable. Con una plomada será fácil constatar su verticalidad.

En la mampostería reforzada, es importante revisar que los pines sean del diámetro y grado estructural indicados. Se revisarán los empalmes y su fundición deberá hacerse de acuerdo a la altura del levantado: nunca se fundirán en fragmentos mayores de 1 metro, debiéndose apisonar fuertemente.

Los morteros a utilizar en el levantado deberán ser los especificados en planos. Usualmente el mortero de levantado es de una proporción de 1:3 de cemento por arena. Es común agregar una porción de cal para mejorar sus propiedades. Para constatar la calidad de la cal y las proporciones del mortero consultar sección 2.5., pág. 25 de este texto.

3.9. SUPERVISION DE INSTALACION DE TECHOS O FUNDICION DE LOSAS.

El techado de las edificaciones usando lámina galvanizada u otro tipo de lámina -fibrocemento, por ejemplo-, es una práctica común en nuestro medio por la economía que éste representa en relación a la fundición de losas o terrazas con concreto armado.

En el caso del techado, interesa verificar la calidad de la lámina a utilizar, constatando que el calibre sea el especificado y que se encuentre en perfectas condiciones: libre de oxidación en el caso de lámina galvanizada, o libre de grietas o desportillamiento en el caso de otro material-. Información sobre los ensayos y propiedades de la lámina galvanizada se encuentra en la sección 2.11., pág. 40.

Si la terraza a construir es losa de concreto armado, conviene constatar que se están tomando en cuenta todas las indicaciones descritas para el concreto en las secciones 3.5, 3.6, 3.7 y 3.8.

Igualmente interesa la armazón del techo que generalmente es de metal: joist, costaneras, etc. o, bien, de madera. En ambos casos, se verificará su estado, diámetros, secciones y dimensiones.

En las secciones 2.9 "HIERRO Y MATERIALES FERROSOS" y 2.12. "MADERAS" se puede obtener información detallada sobre sus propiedades y requisitos mínimos de construcción.

También en ambos casos, es importante constatar que los elementos estén cubiertos de pintura anticorrosiva -en el caso de los metales- y barnices protectores -si el material a utilizar es madera-.

En la tabla VI del apéndice se muestran las proporciones de los morteros para levantado de muros y acabados, y sus resistencias.

Finalmente, al concluir el techado de la estructura, es importante constatar que no hayan infiltraciones de agua -goteras-. Para ello se rociará agua a presión sobre el techo y se revisará el área techada. Conviene revisar que los techos y losas cubran un área un poco mayor que la circulada por las paredes o cajones -10 ó 15 cms.- a fin de evitar que en época de lluvia el agua se segregue directamente en los muros, provocando humedad en éstos.

3.10. INSPECCION DE PISOS: FUNDICION DE PISOS DE CONCRETO. COLOCACION DE PISOS DE CEMENTO.

A la hora de fundir pisos o colocar la baldosa de cemento es importante revisar que las capas anteriores a éstas se hayan preparado convenientemente. En primer lugar, el suelo debe haber sido previamente compactado. Luego la capa de selecto o material que no experimente cambios volumétricos muy sensibles -para el caso de pisos de concreto-; o la capa de suelocemento (mezcla de tierra con un cementante, cal generalmente) -en el caso de colocación de pisos de cemento- deberá tener el espesor indicado en los planos. Generalmente no menor de 5 cms.

El chequeo de los niveles a la hora de fundir o colocar pisos es igualmente importante. Es necesario dejar un pequeño desnivel hacia los tragantes o bordes, a fin de que el agua escurra fácilmente hacia esos lugares.

En el caso de fundición de pisos de concreto, la mezcla deberá hacerse de acuerdo a la proporción especificada. Los pisos deberán fundirse en cuadros no mayores de 2X2 metros, alternando su fundición, de manera de dejar una junta de aprox. 1/2 cm. de espesor.

3.11. INSPECCION DE MARCOS DE VENTANA Y VIDRIOS.

A la hora de la colocación de los marcos de las ventanas, será importante inspeccionar la calidad del material con que se fabricaron. En el caso de estructuras de hierro, los marcos no deberán presentar oxidación e independientemente del color de la pintura exterior, deberán estar cubiertos de una película de pintura anticorrosiva. Será necesario raspar a fin de cerciorarse de la presencia de ésta. En el caso de marcos de aluminio, más livianos y menos resistentes, deberá constatar que no presenten dobladuras o abolladuras provocadas durante su traslado a obra. El vidrio deberá ser de la calidad, color y espesor indicado en los planos. Y no deberá presentar burbujas, lágrimas o piedras en su composición. Deberá verificarse la ausencia de deformaciones de la visión a su través y su dureza a través de la facilidad de su rayado. Se aconseja consultar las secciones correspondientes en este texto.

3.12 INSPECCION DE PUERTAS.

Tanto para las puertas como las ventanas, durante el proceso de acabados y tallados, es importante verificar que los vanos de éstas son los correctos, a fin de evitar problemas posteriores porque aquellas no entren fácilmente debido a dimensiones incorrectas.

Para las puertas, independientemente si son de metal o madera, será necesario consultar las respectivas secciones a fin de consultar los análisis y ensayos a efectuar, según su material de fabricación.

3.13. INSPECCION DE LOS ACABADOS FINALES.

Finalmente será necesario supervisar que los morteros para acabados y enlucidos se estén preparando de acuerdo a las proporciones y especificaciones indicadas para su uso. (Consultar tabla VII). Es importante verificar que columnas y elementos de concreto se piquen previamente al tallado a fin de asegurar su adecuada adherencia. Repellos y cernidos pobres o mal elaborados provocarán

grietas o fisuras en su superficie, lo que provocará problemas de estética. Antes de aplicar la mezcla, humedezca la pieza de mampostería o concreto.

En el caso de techos de lámina con cielos falsos, es necesario revisar la calidad y apariencia de las planchas, sean éstas de veso o fibrocemento. Se recomienda consultar las propiedades y ensayos de estos materiales en las secciones 2.8 y 2.17 de este texto.

3.14 INSPECCION DE INSTALACIONES VARIAS.

Se denominan instalaciones varias a las diferentes instalaciones que ocupa una obra civil a fin de proporcionar seguridad, higiene, comodidad y confort a las personas que la utilizaran. Entre ellas:

- Instalaciones de agua potable.
- Instalaciones sanitarias.
- Instalaciones eléctricas.

Si el material a utilizar en la red de suministro de agua son tubos PVC, se verificará la calidad de la tubería y accesorios a utilizar, constatando la ausencia de defectos; y que el diámetro y resistencia a la presión sean las especificadas. (Puede consultarse la sección 2.14.2. en la pág 47: "LOS PLASTICOS EN LA CONSTRUCCION". El mismo procedimiento se efectuará si las instalaciones de drenaje son del mismo material. En caso utilizar tubería de concreto, es necesario consultar bibliografía técnica sobre ésta, ya que este documento no la incluye por la naturaleza de su estudio.

En el caso de las instalaciones eléctricas es importante constatar su funcionalidad, activando todo tipo de interruptores y observando el funcionamiento del sistema. Durante la construcción es importante supervisar que el poliducto que guíara y protegerá el cableado sea colocado adecuadamente, para no tener que romper posteriormente elementos para tener que introducir la instalación. Se debe revisar que el poliducto no esté quebrado para evitar problemas al introducir el cable y en el caso de la tubería aérea de metal certificar su calidad y apariencia libre de óxidos.

CONCLUSIONES:

1. La constante inspección y análisis de los materiales a utilizar en obras en proceso de construcción constituye una de las funciones más importantes en la correcta supervisión del proyecto, a fin de asegurar la calidad estructural y estética del mismo.

2. El ensayo de laboratorio será útil para determinar resistencias y otras propiedades importantes de los materiales. Verificar que éstos se están utilizando de acuerdo a los requisitos y normas establecidos en el diseño es una función muy importante del supervisor: pesa sobre él una responsabilidad ética y profesional.

3. El utilizar los materiales de construcción de acuerdo a las normas y especificaciones, generará un mejor aprovechamiento de los mismos, con la consiguiente economía y seguridad.

4. El seleccionar los materiales más adecuados a la finalidad perseguida, basándonos en la información que proporcionan las normas y especificaciones; y asegurándonos de la presencia de las propiedades enunciadas por el distribuidor a través de ensayos de laboratorio y análisis de campo, constituye un proceso muy confiable de seguir cuando se busca obtener edificaciones sólidas estructuralmente y bellas en apariencia.

IV

RECOMENDACIONES:

1. Es necesario hacer énfasis en el estudiante de ingeniería y futuro profesional de la construcción de lo importante que es la presencia de una correcta y adecuada supervisión en el proceso de construcción de una obra civil. Muchas veces el estudiante egresa de la Facultad con un amplio cúmulo de conocimientos teóricos, pero sin la necesaria visión para ponerlos en práctica en el momento de afrontar un reto profesional. En ese sentido, el criterio y la observación son fundamentales.
2. En el proceso de supervisión descrito resulta imprescindible el continuo uso de los análisis de campo y ensayos de laboratorio de los materiales a emplear, a fin de garantizar la calidad y seguridad del proyecto que se construye.
3. Quizá la recomendación más importante sería la de nunca sacrificar seguridad por economía. Si se analiza a largo plazo, la utilización de materiales adecuados y de calidades comprobadas, que cumplan con las normas y requisitos establecidos al ser sometidos a los diferentes análisis y ensayos aplicables, producirá obras de mayor duración, con mejor resistencia a la intemperie y sobre todo, seguros estructuralmente -dentro de los límites aceptables- a la hora de los fenómenos impredecibles de la naturaleza o de los desastres provocados por el propio hombre. Se debe buscar el equilibrio entre economía y seguridad, pues ambas son importantes en la factibilidad de un proyecto.

REFERENCIAS.

1. ASKELAND, Donald R. "La ciencia e ingeniería de los materiales". Tercera edición. México. Editorial Harla. 1,988.
2. ASOCIACION CENTROAMERICANA DEL CEMENTO Y CONCRETO. "Técnicas y Avances en Concreto. (Pruebas de control para la calidad del concreto)". Guatemala. Mixto Listo. 1,993.
3. ASTM STANDRS. "Annual book of ASTM Standards." U.S.A. 1,987.
4. BRADY, George S. "Manual de Materiales". Segunda Edición. U.S.A. Editorial NIGAR. 1,951.
5. CHAVES SANCHEZ, Edgar. "Materiales de construcción: pisos". Tesis de graduación. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. 1,989. Ingeniero Civil.
6. DAVIS H.E.; TROXIL G.E. Y WISKOCIL C.T. "Ensaye e Inspección de los materiales de Ingeniería". Tercera edición. México. Compañía Editora Continental S.A. 1,970.
7. FACULTAD DE INGENIERIA. "Instructivo de laboratorio de Materiales de Construcción". Guatemala. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala.
8. FLORES MAZARIEGOS, José Encarnación. "Manual de maderas". Tesis de graduación. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. 1,970.
9. INSTITUTO DE FOMENTO DE HIPOTECAS ASEGURADAS. F.H.A. "Normas de Planificación y Construcción". Guatemala. 1,982.
10. GORCHAKOV G.I. "Materiales de Construcción". Segunda edición. Rusia. Editorial Tolstoi. 1,978.
11. INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO. "Reglamento de Construcciones de Concreto Reforzado". Segunda edición. México. Editorial Limusa. 1,986.
12. NAWY Edward. "Concreto Reforzado". Segunda edición. México. Editorial Prentice-Hall Hispanoamericana S.A. 1,994.
13. RODAS BARRERA, Max Fernando. "Manual de supervisión de obras de campo". Tesis de graduación. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. 1,991. Ingeniero Civil.
14. RODAS MAZARIEGOS, Aníbal. "Materiales de construcción". Escuela Técnica. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala.
15. ORUS ASSO, Felix. "Materiales de construcción". Séptima edición. México. Editorial Dossat 1,985.
16. TUBO VINIL S.A. "Catálogo Técnico: consideraciones de diseño para instalaciones de tubería PVC". Guatemala, C.A.

BIBLIOGRAFIA.

1. COGUANOR. "Catálogo de Normas". Guatemala. Coguanor. Ministerio de Economía. 1,992.
2. DEL CID, José. "Adecuación de los materiales de construcción a las normas COGUANOR". Guatemala. Tesis de graduación. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 1,988. Ingeniero Civil.
3. FACULTAD DE INGENIERIA. "Manual de laboratorio de Resistencia de Materiales". Guatemala. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala.
4. FLENIN Richard A. "Materiales de Ingeniería y sus aplicaciones". Tercera Edición. México. Editorial Limusa. 1,978.
5. LAROUSSE UNIVERSAL. "Diccionario Enciclopédico". Tres volúmenes. Buenos Aires, Argentina. Editorial Larousse. 1,958.
6. RESNICK Robert. David H. "Física". Tomo I. Décimo Séptima reimpresión. México. Compañía Editorial Continental S.A. de C.V. 1,991.
7. SINGER Ferdinand L.; Pytel A. "Resistencia de Materiales". Tercera edición. México. Editorial Harla. 1,982.
8. U.C.E.E. "Bases y Especificaciones para la Licitación 5-95". Guatemala. Unidad de Construcción de Edificios Educativos. Ministerio de Comunicaciones, Transportes y Obras Públicas.

APENDICE

DE

TABLAS.

TABLA I.
DENSIDADES (Kg/dm³) Y COEFICIENTES TERMICOS
DE ALGUNOS MATERIALES.

MATERIALES	γ	α_r	MATERIALES	γ	α_r
Aislantes.			Etanol	0.750	
Algodon	0.091	0.047	Benceno	0.700	
Amianto	1.575	0.119	Eseno. tram.	0.990	
Amianto-cemento	1.970	0.365			
Arena seca	1.500	0.735	Glicerina	1.270	
Arcilla	1.720	0.062	Mercurio	13.600	
Asfalto	2.120	0.650	Petroleo	0.900	
Bahelita	1.270	0.200	Sulf. carbono	1.260	
Carton	0.650	0.095			
Corcho natural	0.150	0.035	MADERAS		
Corcho granulado	0.125	0.020	Abeto	0.600	
Enfluído portland	1.700	0.650	Caoba	0.990	
Fibra de vidrio	0.100	0.027	Castano	0.700	
Fielto	0.156	0.036	Chopo	0.400	
Horn. celular	0.600	0.120	Enoia	1.000	
Horn. de vermiculita	0.500	0.155	Haya	0.720	
Kieselghur	0.350	0.061	Nagal	0.750	
Lana	0.156	0.033	Olmo	0.700	
Lana de escoria	0.300	0.055	Pino	0.600	0.175
Ladrillo hueco	1.200	0.320	Roble	0.900	0.200
Minoleum	1.120	0.160	Serrin	0.270	
Magnesita	0.300	0.050			
Pluma de ave	0.090	0.050	METALES		
Staff	0.300	0.450	Acero	7.800	59.400
Tendido de yeso	1.000	0.400	Aluminio	2.670	*****
Vermiculita	0.100	0.050	Bronce	9.750	
Vidrio comun	2.500	0.725	Cobre	8.900	*****
Xilomagnesita	1.500	0.050	Estano	7.300	
			Fundicion	7.350	45.000
ARIDOS			Hierro dulce	7.840	59.500
Arena humeda	2.000	2.000	Laton	9.500	
Canto rodado	1.900		Niquel	9.700	
Caolin	2.250		Oro	19.300	
Tierra corriente	1.700		Plata	10.500	
Tierra vegetal	0.900		Plomo	11.350	30.000
			Zino	7.750	76.000
CARBONES					
Antraocita	1.350		PIEDRAS ARTIFICIALES		
Cok	0.500		Adobe	1.600	
Hulla	1.300		Bald. hidraul.	2.100	0.500
Lignito	1.200		Gres	3.375	1.150
Turba seca	0.350	0.060	Horn. armado	2.200	1.350
			Ladrillo macizo	1.750	0.600
CONGLOMERANTES			Ladr. perforado	1.400	0.400
Barro comun	1.900		Ladr. silico-cal	1.900	0.900
Cal app. en pasta	1.150				
Cal en polvo	1.100		ROCAS NATURALES		
Cal viva en terron	0.990		Alabastro	2.600	
Cemento natural	1.200		Arsenica	2.400	0.500
Cemento portland	1.350	0.900	Basalto	3.150	
Fuzolana	1.190		Caliza dura	2.600	1.900
Yeso aereo	1.000		Caliza tierna	2.200	1.400
Yeso hidraulico	1.200		Granito	2.750	3.000
			Marmol	2.700	2.900
LIQUIDOS			Pizama	2.950	1.200
Acete de linaza	0.950		Porfido	2.900	
Agua	1.000		Serpentina	2.600	

TABLA II.
 COMPORTAMIENTO DE ALGUNOS MATERIALES
 ANTE AGENTES AGRESIVOS.

AGENTE AGRESIVO	SE	COMPORTA
	BIEN	MAL
Aire atmosferico	Cr, Zn, vidrio, cementos, plastico	Hierros, madera sin proteger ni tratar
Agua	Aluminio, vidrio, plasticos, esmaltes	Hierros en general.
Agua marina	Cementos fundidos y puzolanicos.	Aluminio y aleaciones Cementos portland.
Vapor de agua	Latones, bronces, aluminio, Fe, Cr.	Vidrio, zinc, esmaltes.
Hidrogeno	Vidrio, aluminio, cromo, Ag.	Cu, Fe.
Oxigeno	Vidrio, aceros	Cu, Fe.
Nitrogeno	Aluminio y vidrio.	Ni.
Anh. sulfuroso	Vidrio y esmaltes.	Madera, Ag, Pt.
Anh. carbonico	Vidrio y esmaltes.	Zinc y cobre.
Aceites y grasas	Porcelana, esmalte vidrio y aceros al cr	Cementos, maderas, plasticos, Al.
Amoniaco	Cuarzo, vidrio, esmaltes, carbones	Maderas, zinc, Aluminio y Fe.
Hidrocarburos	Aceros al Cr y Ni, Aluminio.	Cauchos, gomas, ebonitas y Cu.
Alcoholes	Aceros al Cr, vidrios, esmaltes.	Mg, laton, Sn.

TABLA III.

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 - 1 1/2	1 1/2 - 2	Más de 2
Acero estructural	A36	58-80 (4.1-5.7)	36 (2.6)	20	23	1/2	1	1 1/2	2 1/2	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	1 1/2	2	2 1/2	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	1 1/2	2	2 1/2	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	1 1/2	2	2 1/2	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 marevejecidos			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:						Prueba de doblado a 180°; relación del diámetro del mandril al diámetro del espécimen				
Varillas de acero	A615					Bajo el No. 6: 4; números 6, 7, 8, 9, 10, 11: 5				
Grado 40		70 (5.0)	40 (2.81)	7.0-11		Bajo el No. 6: 4; número 8: 5; número 7, 8: 6; números 9, 10, 11: 5				
Grado 60		90 (6.4)	60 (4.2)	7.0-9.0		Bajo el número 8: 6; números 9, 10, 11: 5				
Acero para rieles	A616					Bajo el número 8: 6; números 9, 10, 11: 5				
Grado 50		80 (5.7)	50 (3.5)	5.0-6.0		Bajo el número 8: 6; números 9, 10, 11: 5				
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.					

TABLA IV.
REQUISITOS PARA LADRILLO DE BARRO COCIDO TAYUYO, PERFORADO Y TUBULAR.
NORMA COGUANOR NGO 41 022

TIPO	APARIENCIA	TOLERANCIA EN DIMENSIONES ESPECIFICADAS	% DE ABSORCION EN 24 HRS. b	SUCCION gr/cm ² /min	RESI STENCIA (c)			USOS RECOMENDADOS	
					FL		COMPR RESION		
					Kg/cm ²	Lb/plie ²			Kg/cm ²
A	a	Max. 4 mm. *	25	Max. 0.5	Min. 14	Min. 300	Min. 34	Min. 1,200	Paredes con carga
B	a	Max. 5 mm. *	25	Max. 0.5	Min. 11	Min. 140	Min. 50	Min. 300	Paredes sin carga
C	a	Max. 5 mm. *	25	Max. 0.5	Min. 9	Min. 130	Min. 42	Min. 600	Paredes sin carga

- a) Ladrillo limpio, compacto, libre de rajaduras, reventaduras, combas escamas o ampoilas. Aristas a escuadra, dimensiones parejas. Color uniforme. Difícil de rayar con acero. Sonido metálico. Libre de partículas mayores de 0.32 cms. (un octavo de pulg.) Especialmente carbonato.
- b) Este requisito no servirá de base para rechazar un ladrillo que en otros aspectos sea tolerable. Sin embargo, se preferirá aquellos de menor absorción.
- c) Siempre se preferirá el ladrillo de mayor resistencia entre varios que llenen los requisitos de este cuadro

TABLA V
 ESFUERZOS BASICOS PARA MADERAS GUAITEMALTECAS,
 APLICABLES A MADERA VERDE O POCO SAZONADA Y MADERA SECA AL AIRE

Especie	Peso seco aparente gr/cm ³ .	Flexion Estatica Kg/cm ² .	Modulo de Elasticidad Kg/cm ² x10 ⁻⁴ .	Compresion		Tension Paralela Kg/cm ² .	Tension Perpend. Kg/cm ² .	Corte Paralelo Kg/cm ² .	Dureza Kg.	Extraccion de clavos Kg.
				Paralela Kg/cm ² .	Perpendicular Kg/cm ² .					
Cipres	0.51	160	0.75	70	23	160	7	8	225	19
Pino colcreado	0.57	200	1.19	90	23			20	85	
pino Paten	0.67	215	1.2	90	21			22	100	10
Otros pinos	0.37	115	0.66	55	13			16	40	
Caoba	0.48	160	0.78	70	45	125	7	10	265	30
Canoj	0.65	130	1	70	20	100	10	10	200	
Cedro	0.43	95	0.48	40	35	80	10	7	180	19
Cenicero	0.61	130	0.72	65	45	100	10	10	350	30
Conacaste	0.42	95	0.56	35	20	90	10	7	195	0
Chichique	0.72	245	1.39	120	60	235	7	9	450	
Chichipate	0.72	210	1.2	105	55	160	10	15	730	53
Marillo	0.62	100	0.85	60	45	145	16	12	360	40
Volador	0.65	165	1.05	75	35	155	10	11	400	60

Observaciones.

- Solo se permite incrementos sobre estos esfuerzos, para madera seca al aire en caso que las piezas que sean mayores de 10 cms. de grosor.
- En la columna S (Tension paralela) se sugiere tomar los valores de la flexion estatica.
- Para obtener los esfuerzos permisibles de trabajo, deben corregirse los datos de esta tabla.

TABLA VI.

MORTEROS PARA ACABADOS Y LEVANTADOS DE MUROS.

K	TIP	PROPOR. EN V.			CANTIDAD DE MATERIALES P M3. DE MORTERO	RESISTENC		USO MAS GENERALIZADO
		CEMENT	CAL	ARE		COMP	TRIO	
1.58	I	1	0.25	3	Cemento 13 sacos, cal hid. 6.4 arrobas, arena amarilla 1.1 m3. Arena de rio 1.1 m3. (1.50 m3 sin cernir).	175 kg/cm	15 kg/cm	LEVANTADO DE MUR DE CARGA REFELLOS IMPERMEABLES
1.51	II	1	0.5	4	Cemento 9.7 sacos, cal hid. 9.6 arrobas, arena amarilla 1.1 m3. Arena de rio 1.1 m3. (1.50 m3 sin cernir).	125 kg/cm	10 kg/cm	MUROS DE LACONIA REFORZADOS BASE DE PUEBLOS DE CIELOS PALVOS
1.4	III	1	1	5	Cemento 7.1, cal hid. 14 arrobas, arena amarilla 1.0 m3. Arena de rio 1.0 m3. (1.33 m3. sin cernir).	50 Kg/c	5 Kg/c	LEVANTADO DE MUR DE CARGA RINQUER DE CEMENTO CON OT MIXTAS.
1.28	IV	1	2	7.5	cemento 4.3 sacos, cal hid. 17.1 arena amarilla 0.91 m3. (1.4 sin cernir) Arena de rio 0.91 m3. (Sin cernir 1.22 m3)	25 Kg/c	2.5 Kg/c	LEVANTADO DE MUROS DE RELLENO
1.21	V	1	3	10	Cemento 3.1 sacos, cal hid. 18.1 arrobas, arena amarilla 0.86 m3 (1.30 sin cernir). Arena de rio 0.86 m3. (1.15 m3 sin cernir)	5 Kg/c	1 Kg/c	REFELLOS POR M2 DE LEVANTA USAR 0.03 M3. DE MORTERO
1.35	VI	0.1	1	3	Cemento 1.2 sacos, cal hid. 23 arrobas, arena amarilla 1.0 m3 (1.5 sin cernir). Arena de rio 1.0 m3. (1.8 m3. sin cernir)	NO EXIGE		REFELLOS
1.3	VII	0.1	1	2	Cemento 1.5 sacos, cal hid. 29.4 arrobas, arena blanca 0.84 m3 (1.5 sin cernir).	NO EXIGE		CERNIDOS INTERIORES Y EXTERIORES RINDE 200 M2 POR M3 DE MORTERO
1.2	VIII	0.1	1	1	Cemento 2, cal hid. 40 arrobas, arena blanca 0.57 m3. Sin cernir 1 m3.	NO EXIGE		BLANQUEADO RINDE 250 M2 POR M3 DE MORTERO
			1	4	Cal viva 12 arrobas Arena amarilla 3.16 m3. cernida en tamiz diez, diecinueve d	NO EXIGE		COLOCACION DE PIS POR M2 DE PISO 0.03 M3 DE MORTERO
		1	1	4	Sacos de cemento 9, cal hid. 18 boleas, 1 m3 de granza.	NO EXIGE		GRANCEADO RINDE 75 M2 POR M3 DE MORTERO

Clasificación de la Dirección General de Obras Públicas.

Tomado de "Especificaciones Generales y Técnicas para Construcción".