



**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Escuela de Ingeniería Civil**

**MANUAL DE APOYO DOCENTE PARA DESARROLLAR  
ENSAYOS DE LABORATORIO, RELACIONADOS CON  
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**

**Evelyn Maribel Morales Ramírez**  
**Asesorada por la Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol**

**Guatemala, agosto de 2006**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MANUAL DE APOYO DOCENTE PARA DESARROLLAR  
ENSAYOS DE LABORATORIO, RELACIONADOS CON  
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**EVELYN MARIBEL MORALES RAMÍREZ**  
ASESORADA POR LA INGA. DILMA YANET MEJICANOS JOL

**AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
INGENIERA CIVIL**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Lic. Amahán Sanchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

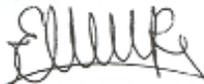
DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Edgar Fernando Aragón Guzman
EXAMINADOR	Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

## 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 graduación titulado:

### **MANUAL DE APOYO DOCENTE PARA DESARROLLAR ENSAYOS DE LABORATORIO, RELACIONADOS CON MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el 28 de Abril de 2005.



EVELYN MARIBEL MORALES RAMÍREZ



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Guatemala 20 de Julio de 2006

Ing. Oswaldo Escobar  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Escobar.

Me dirigo a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación **MANUAL DE APOYO DOCENTE PARA DESARROLLAR ENSAYOS DE LABORATORIO RELACIONADOS CON MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**, elaborado por la estudiante universitaria **Evelyn Maribel Morales Ramírez**, quien contó con la asesoría de la suscrita.

Considero que el trabajo desarrollado por la estudiante Morales Ramírez satisface los requisitos exigidos, por lo cual recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención a la presente.

Atentamente

ID Y ENSEÑAD A TODOS.

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol  
Asesora

Dilma Y. Mejicanos Jol  
Ingeniera Civil  
Col. 5947

c.c.: Archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala 24 de Julio de 2006.

Ing. Oswaldo Escobar  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Escobar.

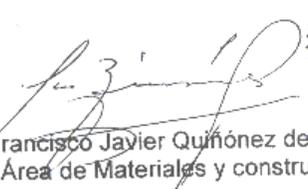
Me dirijo a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación **MANUAL DE APOYO DOCENTE PARA DESARROLLAR ENSAYOS DE LABORATORIO RELACIONADOS CON MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**, elaborado por la estudiante universitaria **Evelyn Maribel Morales Ramírez**, quien contó con la asesoría de la Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol.

Considero que el trabajo desarrollado por la estudiante Morales Ramírez satisface los requisitos exigidos, por lo cual recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención a la presente.

Atentamente

ID Y ENSEÑAD A TODOS.

  
Ing. Francisco Javier Quiñón de la Cruz  
Coordinador Área de Materiales y construcciones Civiles



c.c.: Archivo



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Dilma Yanet Mejicanos Jol y del Coordinador del Área de Materiales y Construcciones Civiles, Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz, al trabajo de graduación del estudiante Evelyn Maribel Morales Ramírez, titulado MANUAL DE APOYO DOCENTE PARA DESARROLLAR ENSAYOS DE LABORATORIO, RELACIONADOS CON MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Ing. Esvardo Romo Escobar



Guatemala, agosto 2006.

/bbdeb.

*"TODOPOR TICAROLINGIA MIA"*  
Dr. Carlos Martínez Urdín, 2006 aniversario de su nacimiento

Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG. 284-2006.

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **MANUAL DE APOYO DOCENTE PARA DESARROLLAR ENSAYOS DE LABORATORIO RELACIONADOS CON MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**, presentado por la estudiante universitaria **Evelyn Maribel Morales Ramírez**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
DECANO

Guatemala, agosto 10 de 2,006

/gdech

*Todo por ti, Carolingita Mía*  
Dr. Carlos Martínez Durán  
2006: Centenario de su Nacimiento

## ACTO QUE DEDICO A

JEHOVÁ: Por ser “el mismo, ayer, hoy, y por siempre”.

MIS PADRES: Por su apoyo y ejemplo:  
José Adrián Morales Ortiz  
Elena Ramírez de Morales

MIS HERMANOS: Amalia Xiomara  
Elena Leslie  
Israel Adrián  
José Iván

MIS ABUELOS: Q. E. P.D.

MIS TÍAS Y TÍOS: Por cuidarnos como hijos.  
María Amalia  
Guadalupe (con especial cariño)  
Rómulo Fernando  
Amalia Verónica  
Sara Eugenia  
Ana Cecilia  
Jorge Manuel  
Francisco Manolo

MIS PADRINOS DE GRADUACIÓN: Dilma Yanet  
Jorge Manuel

## **AGRADECIMIENTOS A**

Mi asesora y amiga Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol

Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería

Sección de Metales y Productos Manufacturados

Sección de Concretos

Centro de Información de la Construcción CICÓN

Extensión de Docencia

Laboratorio de Materiales de Construcción

Compañeros de Trabajo.

Escuela de Ingeniería Civil

Facultad de Ingeniería

Universidad de San Carlos de Guatemala

Guatemala

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	I
<b>GLOSARIO</b>	III
<b>RESUMEN</b>	VII
<b>OBJETIVOS</b>	IX
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XI
<b>1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO</b>	<b>1</b>
1.1 Demanda de ensayos	2
1.1.1 Materiales para ensayo	6
1.1.2 Ensayos más frecuentes	8
1.1.2.1 Ensayo a tensión	8
1.1.2.2 Ensayo a compresión	8
1.1.2.3 Ensayo a flexión	9
1.1.2.4 Ensayo a impacto	9
1.1.2.5 Ensayo de análisis completo	9
1.2 Interesados	12
1.2.1 Fabricantes	13
1.2.2 Constructor	13
1.2.3 Distribuidores	13

<b>2.</b>	<b>ENFOQUE DOCENTE</b>	<b>15</b>
2.1	Necesidades del estudiante en su formación académica	15
2.2	Necesidades del área de la construcción, en control de calidad	17
<b>3.</b>	<b>APLICACIÓN</b>	<b>19</b>
3.1	Directrices de los ensayos de acuerdo a las normas	19
3.2	Detalles del proceso de ensayo	20
3.2.1	Obtención de las muestras	20
3.2.2	Características de las muestras	20
<b>4.</b>	<b>ENSAYOS</b>	<b>23</b>
4.1	De acuerdo a la demanda	23
4.1.1	Ensayo a tensión en barras de acero, según norma Coguanor NGO 36011	23
4.1.1.1	Maquinaria y equipo	23
4.1.1.2	Procedimiento	24
4.1.1.3	Cálculos	26
4.1.1.4	Reportar	28
4.1.1.5	Verificación	29

4.1.2	Ensayo de compresión a ladrillos de barro cocido, según normas Coguanor 41022 y 41024 h1; h2; h4, modificado según estudio del CII/USAC (análisis completo).	30
4.1.2.1	Maquinaria y equipo	30
4.1.2.2	Procedimiento	31
4.1.2.3	Cálculos	33
4.1.2.4	Reportar	34
4.1.2.5	Verificación	35
4.1.3	Ensayos de compresión para bloques huecos de hormigón, según norma Coguanor NGO41054, 41056h1, 41056h2, modificado según estudio del CII/USAC (análisis completo).	36
4.1.3.1	Maquinaria y equipo	36
4.1.3.2	Procedimiento	37
4.1.3.3	Cálculos	39
4.1.3.4	Reportar	40
4.1.3.5	Verificación	41
4.1.4	Ensayo a flexión y compresión para adoquines de concreto, según norma COGUANOR NGO 41086, norma DIN 18501 modificado según estudio del CII/USAC.	42
4.1.4.1	Maquinaria y equipo	42
4.1.4.2	Procedimiento	43
4.1.4.3	Cálculos	44
4.1.4.4	Reportar	45
4.1.4.5	Verificación	46

4.1.5	Ensayo a flexión e impacto para baldosas de cemento líquido, según norma FHA, modificado según estudio del CII/USAC.	47
4.1.5.1	Maquinaria y equipo	47
4.1.5.2	Procedimiento	48
4.1.5.3	Cálculos	49
4.1.5.4	Reportar	51
4.1.5.5	Verificación	52
4.1.6	Ensayos a tubería de PVC blanca y gris (para agua potable y drenajes), según normas ASTM	52
4.1.6.1	Ensayo de rigidez: norma ASTM D2412, para tubería blanca y ASTM F794 para tubería gris.	52
4.1.6.1.1	Maquinaria y equipo	53
4.1.6.1.2	Procedimiento	53
4.1.6.1.3	Cálculos	55
4.1.6.1.4	Reportar	56
4.1.6.2	Ensayo de aplastamiento: norma ASTM D 2241 para tubería blanca y ASTM F794 para tubería gris.	57
4.1.6.2.1	Maquinaria y equipo	58
4.1.6.2.2	Procedimiento	58
4.1.6.2.3	Cálculos	59
4.1.6.2.4	Reportar	60
4.1.6.3	Ensayo de resistencia a impacto: norma ASTM D2241 para tubería PVC blanca y ASTM D 3034 para tubería PVC gris.	62
4.1.6.3.1	Maquinaria y equipo	62
4.1.6.3.2	Procedimiento	63

	4.1.6.3.3	Cálculos	63
	4.1.6.3.4	Reportar	64
	4.1.6.3.5	Verificación	64
4.1.6.4	Ensayo de presión interna: norma ASTM D2241.		65
	4.1.6.4.1	Maquinaria y equipo	65
	4.1.6.4.2	Procedimiento	65
	4.1.6.4.3	Cálculos	66
	4.1.6.4.4	Reportar	66
	4.1.6.4.5	Verificación	67
4.1.7	Ensayo de análisis completo para agregados (fino y grueso), según normas ASTM.		67
4.1.7.1	Granulometría para agregado fino y grueso, según norma ASTM C 136.		67
	4.1.7.1.1	Maquinaria y equipo	68
	4.1.7.1.2	Procedimiento	68
	4.1.7.1.3	Agregado fino	69
	4.1.7.1.4	Agregado grueso	69
	4.1.7.1.5	Cálculos	70
	4.1.7.1.6	Reportar	71
	4.1.7.1.7	Verificar	72
4.1.7.2	Masa unitaria en agregados finos y gruesos, según norma ASTM C29.		72
	4.1.7.2.1	Maquinaria y equipo	73
	4.1.7.2.2	Procedimiento	73
	4.1.7.2.3	Cálculos	76
	4.1.7.2.4	Reportar	76

4.1.7.3	Gravedad específica y absorción del agregado grueso, según norma ASTM C127.	77
4.1.7.3.1	Maquinaria y equipo	77
4.1.7.3.2	Procedimiento	78
4.1.7.3.3	Cálculos	80
4.1.7.3.4	Reportar	82
4.1.7.4	Gravedad específica y absorción del agregado fino, según norma ASTM C 128.	82
4.1.7.4.1	Maquinaria y equipo	83
4.1.7.4.2	Procedimiento	83
4.1.7.4.3	Cálculos	85
4.1.7.4.4	Reportar	86
4.1.7.5	Impurezas orgánicas en agregado fino para concreto, según norma ASTM C 40.	87
4.1.7.5.1	Maquinaria y equipo	87
4.1.7.5.2	Procedimiento	88
4.1.7.5.3	Reportar	89
4.1.7.6	Abrasión e impacto para agregado grueso en la maquina de los Ángeles, según norma ASTM C 131.	89
4.1.7.6.1	Maquinaria y equipo	90
4.1.7.6.2	Procedimiento	91
4.1.7.6.3	Cálculos	92
4.1.7.6.4	Reportar	93
4.1.8	Esfuerzo de compresión, en cilindros de concreto, según norma ASTM C 39.	93
4.1.8.1	Maquinaria y equipo	93

4.1.8.2	Procedimiento	94
4.1.8.3	Cálculos	95
4.1.8.4	Reportar	96
<b>5.</b>	<b>PROPUESTAS DE FORMATO</b>	<b>97</b>
5.1	Ensayo a tensión en barras de acero, según norma Coguanor NGO 36011.	97
5.2	Ensayo a compresión a ladrillos de barro cocido, según normas Coguanor 41022 y 41024 h1; h2; h4, modificado según estudio del CII (Análisis Completo).	98
5.3	Ensayos de compresión para bloques huecos de hormigón, según norma Coguanor 41054, 41056h, 41056h2. Modificado según estudio del CII (Análisis Completo).	99
5.4	Ensayo a flexión y compresión para adoquines de concreto, según norma Coguanor NGO 41086, norma DIN 18501 modificado según estudio del CII/USAC.	100
5.5	Ensayo a flexión e impacto para baldosas de cemento liquido, según norma FHA, modificado según estudio del CII.	101
5.6	Ensayo de rigidez norma ASTM D 2412, para tubería blanca y norma ASTM F 794 para tubería gris.	102

5.7	Ensayo de aplastamiento norma ASTM D 2241, para tubería blanca y ASTM F 794 para tubería gris.	103
5.8	Ensayo de resistencia a impacto norma ASTM D 2241 para tubería PVC blanca y ASTM D 3034 para tubería PVC gris.	104
5.9	Ensayo de presión interna norma ASTM D 2241.	105
5.10	Ensayo de análisis completo para agregado fino, según, norma ASTM C 135 .	106
5.11	Ensayo de análisis completo para agregado grueso, según, norma ASTM C 136 .	107
5.12	Esfuerzo de compresión, en cilindros de concreto según, norma ASTM C 39.	108
	<b>CONCLUSIONES</b>	109
	<b>RECOMENDACIONES</b>	111
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	113
	<b>ANEXO</b>	115
		127

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1 Demanda de ensayos a tensión.	10
2 Demanda de ensayos a compresión.	10
3 Demanda de ensayos a flexión.	11
4 Demanda de ensayos de impacto.	11
5 Demanda de ensayos de análisis completo.	12
6 Comportamiento del acero a tensión.	25
7 Formato para ensayo a tensión en barras de acero.	97
8 Formato para ensayo de compresión a ladrillos de barro cocido.	98
9 Formato para ensayo de compresión para bloques huecos de hormigón.	99
10 Formato para ensayo a flexión y compresión para adoquines	100
11 Formato para ensayo a flexión e impacto para baldosas de cemento	101
12 Formato para ensayo de rigidez para tubería PVC.	102
13 Formato para ensayo de aplastamiento para tubería PVC.	103
14 Formato para ensayo de resistencia a impacto para tubería PVC.	104
15 Formato para ensayo a presión interna de tubería PVC.	105
16 Formato para análisis completo de agregado fino.	106
17 Formato para análisis completo de agregado grueso.	107
18 Formato para esfuerzo de compresión en cilindros de concreto.	108

## TABLAS

I Demanda de ensayos en la sección de Metales y Productos Manufacturados.	3
II Demanda de ensayos en la sección de Concretos.	5
III Demanda de ensayos en la sección de Morteros.	6
IV Ensayos a tensión más frecuente.	8
V Ensayos a compresión más frecuentes.	8
VI Ensayos a flexión más frecuentes.	9
VII Ensayos a impacto más frecuentes.	9
VIII Ensayos de análisis completo más frecuente.	9
IX Clasificación de la arena por su modulo de finura.	71
X Capacidad del medidor según tamaño de agregado.	74
XI Graduación para tipo de abrasión, de agregado grueso.	92

## GLOSARIO

<b>Abrasión</b>	Desgaste del agregado grueso y esferas de acero por medio de fricción, durante un tiempo determinado.
<b>Absorción</b>	Ejercer atracción una sustancia sólida sobre un fluido con el que está en contacto, de modo que las moléculas de éste penetren en ella.
<b>Agregado fino</b>	Material formado por partículas que pasan del tamiz No.4 al tamiz No.100.
<b>Agregado grueso</b>	Material formado por partículas retenidas a partir del tamiz No. 4.
<b>Apisonar</b>	Acomodar o allanar agregado fino o grueso por medio de una barra lisa normada, o una apisonadora.
<b>Área bruta</b>	Es el área total de la cara del ladrillo perpendicular a los vacíos, es decir, es el producto del largo por el ancho de un elemento rectangular, sin tomar en cuenta el área vacía.
<b>ASTM</b>	American Society for Testing and Materials.
<b>Barro extruido</b>	Dar forma a una masa de barro, haciéndola salir por una abertura especialmente dispuesta.
<b>COGUANOR</b>	Comité Guatemalteco de Normas.

<b>Corruca</b>	Deformación en relieve hecha en la barra, con el objeto de aumentar su adherencia al hormigón.
<b>Elongación</b>	Deformación longitudinal que sufre un cuerpo debido a una fuerza externa.
<b>Especificación técnica</b>	Es un documento que establece las características de los productos o servicios tales como: niveles de calidad, rendimiento, seguridad o dimensiones. Puede incluir también terminología, símbolos, métodos de ensayo embalaje.
<b>F.H.A</b>	Fondo de Hipotecas Aseguradas.
<b>Hidróxido de sodio</b>	Soda cáustica.
<b>Masa</b>	Magnitud física que expresa la cantidad de materia que contiene un cuerpo
<b>Masa seca saturada</b>	Cantidad de materia que contiene humedad interna y la superficie permanece seca.
<b>Masa seca sumergida saturada</b>	Cantidad de materia que contiene humedad interna, y se encuentra sumergida en agua.
<b>Masa unitaria</b>	Es la masa obtenida en base a un volumen específico.

<b>Muestra</b>	Parte o porción extraída de un producto que sirve para conocer la calidad del género, que permite considerarla como representativa de él.
<b>Norma</b>	Documento establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido, que proporciona, para un uso común y repetido, reglas, directrices o características para actividades o sus resultados, con el fin de conseguir un grado óptimo de orden en un contexto dado.
<b>PVC</b>	Poli Clorato Vinílico.
<b>Ribete</b>	Resalte longitudinal que une los extremos de las corrugaciones.



## RESUMEN

La información de la demanda de ensayos y materiales de construcción fue recopilada de la base de datos del Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC, durante el período que comprende enero 2001 a abril 2005; de las secciones que conforman el Centro de Investigaciones de Ingeniería, específicamente se tomó la información de las secciones de Concretos, Metales y Productos Manufacturados que trabajan con ensayos para materiales de construcción, de los cuales se obtuvo los resultados en base a lo que solicitan los interesados en los ensayos de:

- Tensión a barras de acero
- Compresión de bloques, ladrillos y cilindros
- Análisis completo de agregado fino y grueso
- Impacto a baldosas y PVC
- Flexión de adoquines y baldosas

Los interesados: fabricantes, proveedores y constructores que refieren sus materiales para ser ensayados en el CII/USAC son personas particulares, instituciones públicas y privadas, relacionadas con la construcción.

Los resultados de la demanda de ensayos a materiales de construcción, ayudan a crear el Manual de Apoyo Docente para desarrollar ensayos de laboratorio relacionados con materiales de construcción, y así formar a los estudiantes con la responsabilidad en la aplicación de normas para cada material de construcción, formando criterios de calidad en la interpretación de los resultados y garantizando así construcciones seguras.

Por la necesidad imperante de formar a los estudiantes, como futuros profesionales de la ingeniería, el Manual de Apoyo Docente se enfoca en ensayos que están regidos por normas nacionales e Internacionales, que describen la cantidad de muestras a tomar, la maquinaria y equipo necesarios para realizar los procesos de ensayo, el procedimiento y verificación de datos, para clasificar los materiales.

La propuesta de formatos es con el propósito de condensar la información en una forma ordenada y de fácil entendimiento, en su interpretación para cada material ensayado, y de esa forma corroborar en la memoria de cálculo los resultados obtenidos, como propósito primordial del Manual.

## OBJETIVOS

- **General**

Realizar un Manual de Apoyo al Docente que dé las directrices al estudiante en la interpretación y aplicación de normas de ensayo, en los materiales de construcción de mayor demanda en el país, documentando procedimientos de ensayos, creando así una fuente de consulta como parte de la formación técnica, científica y académica, para formar a los nuevos profesionales dentro de una sociedad más exigente y competitiva.

- **Específicos**

1. Apoyar teórica y técnicamente al estudiante en el proceso de aprendizaje.
2. Documentar información sobre el proceso de ensayos de materiales de construcción, paralelo a los libros de texto.
3. Indicar el equipo y maquinaria moderna necesarios para los ensayos y su funcionalidad.
4. Interpretar los resultados de los materiales ensayados por medio de gráficas y parámetros de las normas utilizadas.
5. Ampliar el conocimiento en la diversidad de materiales y sus características físico-mecánicas.



## INTRODUCCIÓN

Los ensayos a materiales de construcción, que en la actualidad se practican en los laboratorios de las secciones del CII/USAC, se rigen por normas que se encuentran diseminadas en volúmenes publicados por asociaciones y comités nacionales e internacionales como ASTM, COGUANOR, FHA, DIN, los cuales están editados en diferentes idiomas, lo cual provoca dificultad en el alumno, y falta de interés por conocer las normas que rigen los ensayos. Este manual consiste en una recopilación de las normas necesarias para practicar los ensayos que más solicitan al CII/USAC.

Con el fin de establecer cuáles son los ensayos que los interesados solicitan con mayor frecuencia al CII/USAC, se efectuó un análisis estadístico de los últimos cinco años - 2 000 al 2 005 - el cual indicó que los ensayos más solicitados durante ese tiempo fueron: tensión en barras de acero, compresión en bloques, ladrillos, cilindros de concreto y PVC, flexión en baldosas y adoquines y análisis completo de agregados finos y gruesos.

Luego de conocer los ensayos que más se solicitaron al centro, se procedió a indagar en los volúmenes de normas de ensayo, la cantidad y características de las muestras a ensayar, la maquinaria y equipo necesario para llevar a cabo el ensayo, el procedimiento a seguir en la toma de datos, asimismo, las fórmulas a utilizar en los cálculos, y resultados que se deben reportar con el fin de clasificar la utilidad que se le puede dar al material.

Todos los datos y procedimientos que se mencionan anteriormente, y que fueron obtenidos en los volúmenes de las normas, se recopilaron para que se pueda contar con un manual, en español, que con facilidad sea consultado por alumnos y docentes de la facultad de Ingeniería.

## **1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

El Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala fue creado por acuerdo del Consejo Superior Universitario del 27 de julio de 1963, y las secciones que lo conforman, son específicas para las diferentes ramas de la ingeniería, contando así con las secciones de Concretos, Metales y Productos Manufacturados, Morteros y Aglomerantes, Mecánica de Suelos, Tecnología de Materiales, Química Industrial, Química y Microbiología Sanitaria, Metrología Industrial, el Centro de Información a la Construcción – CICON- y cuenta con la coordinación de Docencia.

Cada sección se dedica a la investigación, docencia y servicio; dicho servicio esta enfocado al sector productivo, de acuerdo a los requerimientos que las empresas, fabricantes y consumidores de materiales requieren, utilizando normas Nacionales e Internacionales, para mantener un control de calidad estándar, tanto en la fabricación como en el uso de los mismos.

Se consideró la demanda de ensayos, que solicitan los interesados, a los materiales de construcción y las secciones que los realizan; obteniendo así, a través de la base de datos del CII/USAC donde se lleva un estricto control y registro de las órdenes de trabajo de las secciones de morteros, metales y productos manufacturados; que son las que más se enfocan al área civil, obteniendo de ella la muestra analizada estadísticamente para dar la información necesaria y ordenar un diagrama que muestre la demanda y el tipo de material a ensayar comprendida desde enero del año 2 001 al mes de abril del año 2 005.

De los ensayos realizados en las secciones de concretos, morteros, metales y productos manufacturados los más solicitados son: tensión, compresión, flexión, impacto y ensayos de análisis completo, en agregado grueso y fino (características físicas y mecánicas).

Los ensayos a tensión que más se solicitan de acuerdo a su importancia son; barras de acero, probetas de acero, probetas de lámina y alambre.

En los ensayos a compresión, los cilindros de concreto tienen un amplio margen de demanda seguidos por el bloque, ladrillo y tubo de concreto.

El adoquín y las baldosas son los materiales más requeridos para ensayos a compresión en comparación con la teja y planchas prefabricadas.

La tubería de PVC y la baldosa son los únicos materiales a los cuales se les aplica el ensayo de impacto; y de acuerdo a la demanda de los interesados el porcentaje es muy bajo.

Para el control de calidad del agregado grueso y fino, solicitan con frecuencia el ensayo de análisis completo.

## 1.1 Demanda de ensayos

Los ensayos requeridos en la sección de metales y productos manufacturados en forma comparativa de demanda se muestran en la tabla siguiente:

Tabla I. Demanda de ensayos en la sección de metales y productos manufacturados.

MATERIAL	ENSAYO	No. DE ENSAYOS
Barras de acero	Tensión	3718
Bloque	Compresión	1024
Adoquín	Flexión	386
Tubo PVC	Presión	246
Ladrillo	Compresión	159
Probetas de acero	Tensión	104
Viga de madera	Flexión	91
Cajas de cartón	Compresión	65
Resina	Corte	50
Abrazadera	Tensión	49
Marchamos	Tensión	48
Baldosa	Impacto	46
Anclas	Tensión	44
Fleje	Tensión	42
Tubo de concreto	Compresión	37
Alambre	Tensión	32
Cable	Tensión	29
lazo	Tensión	27
Perno	Tensión	27
Lamina	Tensión	25
Chorros	Presión	20

continuación

Tarimas	Flexión	17
Tapaderas	Flexión	15
Válvulas	Presión	11
Letrina	Compresión	6
Porcelanato	Sin especificación de ensayo	6
Espigas	Tensión	5
Lingote de acero	Dureza	5
Panel	Flexión	5
Mesa	Flexión	4
Acoples	Tensión	3
Soga	Tensión	3
Tornillo	Tensión	3
Estribo	Tensión	2
Filtros	Sin especificación de ensayo	2
Grapa	Tensión	2
Banda de lona	Tensión	1
Banda metálica	Tensión	1
Calzado	Dureza	1
Costaneras	Tensión	1
Duroport	Flexión	1
Engrane	Tensión	1
Fijador	Tensión	1
Planchas prefabricadas	Flexión	1
Tejas	Flexión	1

Los ensayos requeridos en forma comparativa de demanda en la Sección de Concretos se muestran en la tabla siguiente:

Tabla II. Demanda de ensayos en la sección de concretos.

MATERIAL	ENSAYO	No. DE ENSAYOS
Cilindros de concreto	Compresión	2971
Agregado grueso	Análisis completo	173
Agregado fino	Análisis completo	133
Concreto	Extracción de testigos	122
Vigas de concreto	Flexión	17
Pastillas	Compresión	12
Mortero, concreto	Diseño	8
Cubo de concreto	Compresión	5
Probetas	Compresión	5
Bloques	Diseño	4
Viguetas	Flexión	4
Plancha de concreto	Flexión	3
Cemento	Análisis	2
Cubo de sabieta	Compresión	2
Adoquín	Diseño	1
Diseño de mezcla	Diseño	1
Mármol	Compresión	1

Los ensayos requeridos en forma comparativa de demanda en la sección de Aglomerantes y Morteros se muestran en la tabla siguiente:

Tabla III. Demanda de ensayos en la sección de morteros.

MATERIAL	ENSAYO	No. DE ENSAYOS
Cemento	Agujas de Vicat	14
Bloques	Prismas	14
Planchas	Flexión	12
Morteros	Tensión	11
Arena	Granulometría	5
Adherente	Tensión	2

### 1.1.1 Materiales para ensayo

A los materiales de construcción de mayor demanda se les aplica diferentes ensayos, según el uso que le dará el interesado. Todos los ensayos se realizan bajo normas nacionales e/o internacionales.

Materiales	Tipos de ensayos
Barras de acero:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- tensión</li> <li>- doblado</li> </ul>
Probeta de acero:	- tensión
Probeta de lámina:	- tensión
Alambre:	- tensión
Cilindros de concreto:	- compresión por edades

Bloque:	- compresión
Ladrillo:	- compresión
Tubo de concreto:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- compresión</li> <li>- permeabilidad</li> </ul>
Adoquín:	- flexión-compresión
Baldosa:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- flexión</li> <li>- impacto</li> </ul>
Teja:	- flexión
Tubería de PVC:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- presión</li> <li>- aplastamiento</li> <li>- impacto</li> <li>- rigidez</li> </ul>
Agregado fino: - análisis completo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- granulometría</li> <li>- masa específica y absorción-</li> <li>- masa unitaria</li> <li>- impurezas orgánicas</li> </ul>
Agregado grueso: - análisis completo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- granulometría</li> <li>- masa específica y absorción</li> <li>- masa unitaria</li> <li>- abrasión e impacto</li> </ul>

### 1.1.2 Ensayos más frecuentes

Los ensayos a los materiales de construcción solicitados por los interesados al CII/USAC en el período de enero del año 2 001 al mes de abril del año 2 005 son los siguientes:

#### 1.1.2.1 Ensayo a tensión

Tabla IV. Ensayos a tensión más frecuentes.

MATERIAL	No. DE ENSAYOS
Barras de acero	3718
Probetas de acero	104
Probetas de lámina	25
Alambre	32

#### 1.1.2.2 Ensayo a compresión

Tabla V. Ensayos a compresión más frecuentes.

MATERIAL	No. DE ENSAYOS
Cilindro de concreto	2971
Bloques	1024
Ladrillo	159
Tubo de concreto	037

### 1.1.2.3 Ensayo a flexión

Tabla VI. Ensayos a flexión más frecuentes.

MATERIAL	No. DE ENSAYOS
Adoquín	386
Baldosa	046
Tejas	001

### 1.1.2.4 Ensayo a impacto

Tabla VII. Ensayos a impacto más frecuentes.

MATERIAL	No. DE ENSAYOS
Tubería PVC	246
Baldosa	046

### 1.1.2.5 Ensayo de análisis completo

Tabla VIII. Ensayos de análisis completos más frecuentes.

MATERIAL	No. DE ENSAYOS
Agregado grueso	173
Agregado fino	133

Figura 1. Demanda de ensayos a tensión de materiales de construcción, enero 2 001 a abril 2 005, CII/USAC.

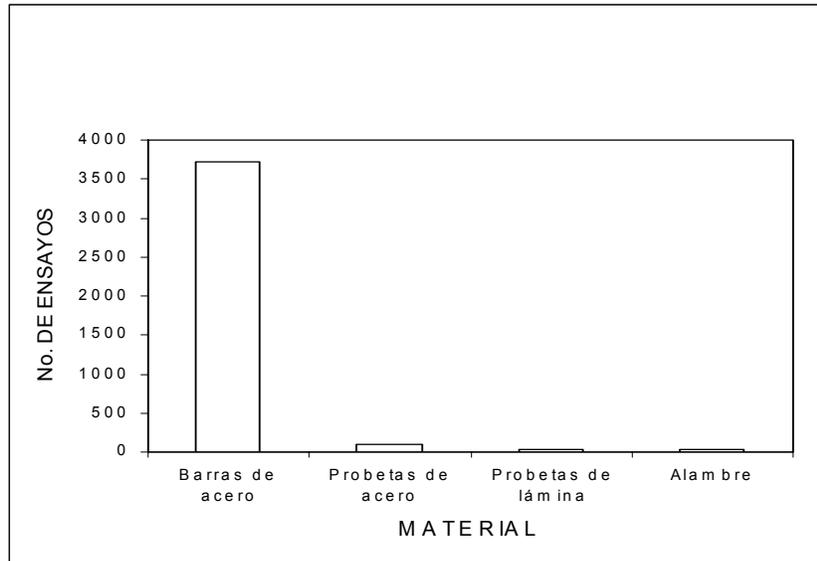


Figura 2. Demanda de ensayos a compresión de materiales de construcción, enero 2 001 a abril 2 005, CII/USAC.

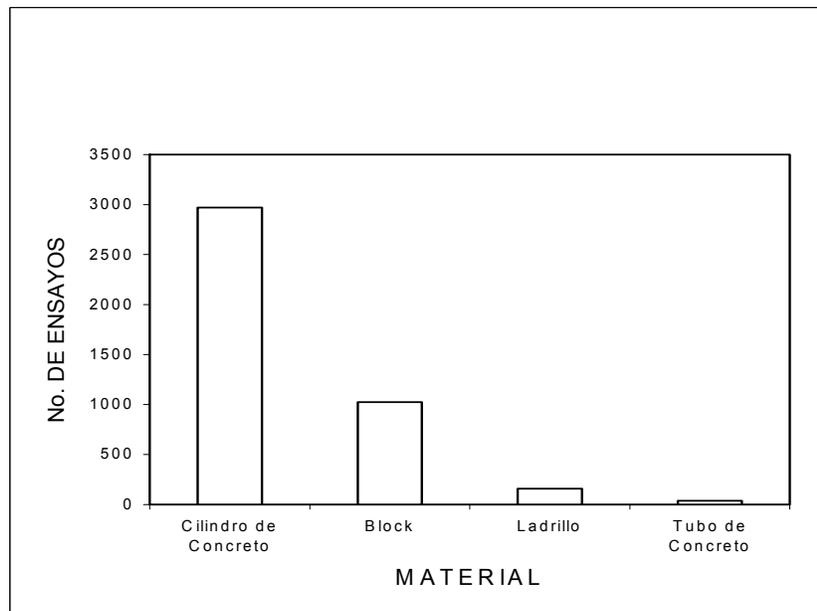


Figura 3. Demanda de ensayos a flexión a materiales de construcción, enero 2 001 a abril 2 005, CII/USAC.

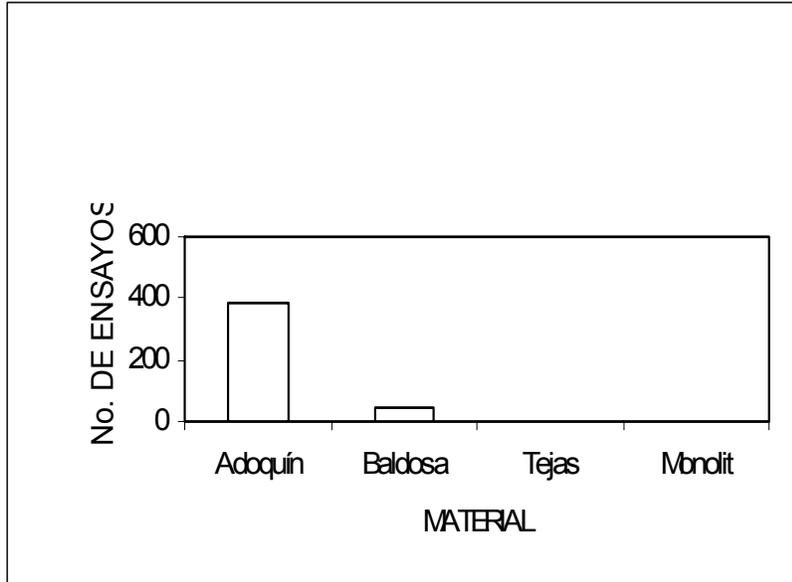


Figura 4. Demanda de ensayos de impacto a materiales de construcción, enero 2 001 a abril 2 005, CII/USAC.

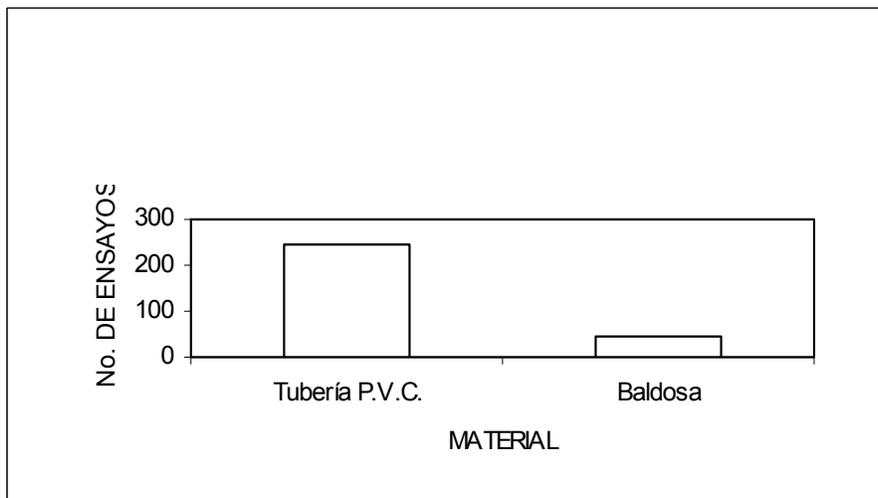
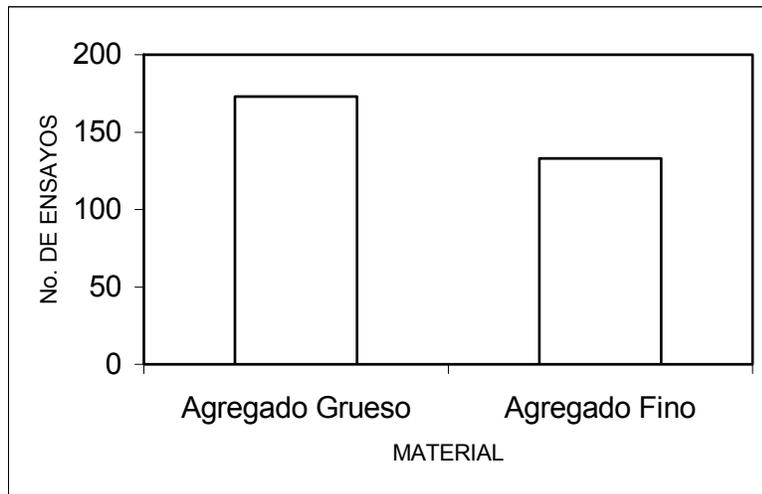


Figura 5. Demanda de ensayos de análisis completo a materiales de construcción, enero 2 001 a abril 2 005, CII/USAC.



## 1.2 Interesados

Están clasificados como fabricantes, distribuidores y constructores. Son las empresas o personas individuales que envían el material de construcción al Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala -CII/USAC para realizar el ensayo requerido, con el fin de distribuir o construir, con los cuales desean comprobar la calidad del material.

### **1.2.1 Fabricante**

El fabricante es la empresa que produce un material para la venta, teniendo que verificar la calidad del mismo, por lo que envía muestras a ensayar al CII/USAC para aplicar los ensayos necesarios que comprueban la resistencia y calidad del material de construcción y así garantizar el producto final.

### **1.2.2 Constructor**

El constructor es la empresa o persona individual que envía muestras a ensayar al CII/USAC para verificar la calidad del material que esta comprando y así cumplir con las especificaciones de las normas de calidad y la garantía de su uso.

### **1.2.3 Distribuidor**

El distribuidor es el intermediario entre el fabricante y el constructor; y a su vez depende del fabricante para distribuir un producto de calidad al constructor por lo que envía las muestras al CII/USAC para efectuarle ensayos según el material con el objetivo de verificar la calidad del material.



## **2. ENFOQUE DOCENTE**

### **2.1 Necesidades del estudiante en su formación académica**

La formación académica, requiere cubrir áreas básicas, específicas, y científicas; para optar y desarrollar las funciones designadas en el área de trabajo, tanto en los procesos teóricos y prácticos como en la interpretación de resultados.

La necesidad de conjugar estas áreas es debida a los requerimientos que el medio profesional exige, en el logro del cumplimiento de las actividades específicas a desarrollar.

Se ha notado que al culminar la formación algunas personas tienen poco conocimiento de estas actividades, cuando es claro que todo profesional debe responder ante esta situación de control de calidad y ejecución, como principio tener el conocimiento básico de los procesos y la interpretación, para tomar decisiones con bases técnicas.

El estudiante debe involucrarse más en desarrollar y manipular; equipo, e interpretar normas de ensayo, para tener un conocimiento más amplio del proceso que se esta realizando.

La disponibilidad de tiempo, espacio y equipo es de suma importancia para el dominio de cada tema así como las personas que tienen bajo su responsabilidad estas actividades, que realmente cumplan con los requerimientos de poder transmitir su experiencia y conocimiento.

Referente al espacio físico que es la capacidad del área de trabajo, para la manipulación de equipo y maquinaria; como para la locomoción del estudiante (se sugiere grupos pequeños), para que la exposición sea personal y directa.

Se debe contar con suficiente equipo, con el cual el estudiante pueda realizar las pruebas y prácticas, pudiendo hacer uso del mismo sin limitaciones, confirmando así su aprendizaje.

Los períodos para laboratorio deben ser más amplios, escalonados o días específicos para evitar traslapes con los cursos magistrales e incluso con otros laboratorios del mismo semestre.

El docente debe dar una buena orientación, exposición y demostración de cada práctica de laboratorio y dominio del tema. Crear la participación directa del estudiante.

Se debe contar con material de apoyo de amplia bibliografía actualizada de acuerdo a los temas. Revisar periódicamente los contenidos e incluir los temas recientes en el área de cada laboratorio.

Debido al interés de los profesionales que deseen reforzar sus conocimientos, en base a los ensayos de los materiales de construcción, se debe abrir una página Web, donde se den las practicas a distancia, guiados por el docente encargado del laboratorio.

## **2.2 Necesidades del área de la construcción en control de calidad**

En el campo de la construcción, es necesario contar con un control de calidad de todos los materiales a utilizar, por lo que se hace importante y necesario realizar ensayos físico- mecánicos a los mismos.

En el CII/USAC cada uno de los ensayos, se realiza bajo las normas nacionales e internacionales y de acuerdo a ellas, existen rangos permisibles para su utilización, será a criterio del constructor, basándose en los resultados y especificaciones la aplicación que se les brinde o el rechazo del mismo.

En la actualidad se ha fomentado la supervisión con mayor énfasis en el control de calidad de cada uno de los materiales de construcción, para evitar riesgos de falla durante y después de la ejecución de las obras.

Es necesario conocer el procedimiento de cada ensayo o prueba que se le realiza a los diferentes materiales para tener la opción de elegir el más conveniente, según sus características mecánicas y físicas.



### **3. APLICACIÓN**

#### **3.1 Directrices de los ensayos de acuerdo a las normas**

Los ensayos para materiales de construcción en el Centro de Investigaciones de Ingeniería CII/USAC se encuentran regidos por normas nacionales, internacionales y estudios realizados en dicho Centro de Investigaciones.

Los ensayos que se efectúan como estudios realizados por el CII/USAC, son normas que han sido modificadas de acuerdo a investigaciones realizadas por dicho Centro para llenar las nuevas expectativas de las necesidades de un mejor control de calidad y debido a la gran demanda del ensayo, el cual por tiempo y proceso demoraban la entrega de resultados, por lo que se vio en la necesidad de revisar la norma y adaptarla según los requerimientos que solicita el proveedor, siempre que cumpla con las especificaciones de la norma que son; verificar la calidad del material en resistencia y medidas.

Cada material está regido por los requisitos que solicitan las normas en lo referente a cantidad de muestras a ensayar, medidas, maquinaria y equipo, proceso de ensayo, datos tomados de la muestra, tipo de ensayo y resultados obtenidos, para verificar si el material cumple con los requisitos de aceptabilidad, cada norma cuenta con tablas de especificaciones para comprobar y clasificar.

### **3.2 Detalles del proceso de ensayo**

De acuerdo a las normas en cada ensayo se debe seguir un procedimiento, sin obviar ningún paso, ni reducir el tiempo de preparación.

La maquinaria y equipo deben estar calibradas y ser manipulados debidamente, se dará inicio al ensayo, con un conocimiento previo de la norma, para tomar los datos correctamente y dar resultados confiables y así compararlos con las especificaciones de cada material.

#### **3.2.1 Obtención de las muestras**

El interesado extraerá muestras del material requerido para ensayo de un lote de fabricación o banco de materiales, las cuales son llevadas al laboratorio del CII/USAC donde previamente se le ha indicado la cantidad de muestras que debe entregar, según sean las características del material y en que estado deben encontrarse.

#### **3.2.2 Características de las muestras**

Cada material en su norma correspondiente indica que medidas deben tener o que cantidad se deben ensayar.

Las condiciones de la muestra deben ser óptimas y con medidas de probeta ya determinadas en cada norma (según el ensayo y material) deben llegar en estado de masa natural, deben estar identificadas por la empresa, indicando la mayor información posible referente al material.



## **4. ENSAYOS**

### **4.1 De acuerdo a la demanda**

#### **4.1.1 Ensayo a tensión en barras de acero, según norma Coguanor NGO 36011**

Se muestrea 1 barra lisa o corrugada de acero de un metro de longitud, por cada 10 toneladas métricas o fracción de la producción. Las barras de acero son empleadas como refuerzo en el hormigón armado (concreto) clasificando las barras en grados estructurales de acuerdo al límite de fluencia, esfuerzo máximo y las especificaciones de dicha norma.

##### **4.1.1.1 Maquinaria y equipo**

- Cinta métrica graduada en milímetros.
- Vernier o calibrador digital.
- Balanza con capacidad de 20 kg y aproximación de  $\pm 0,5$  gramos.

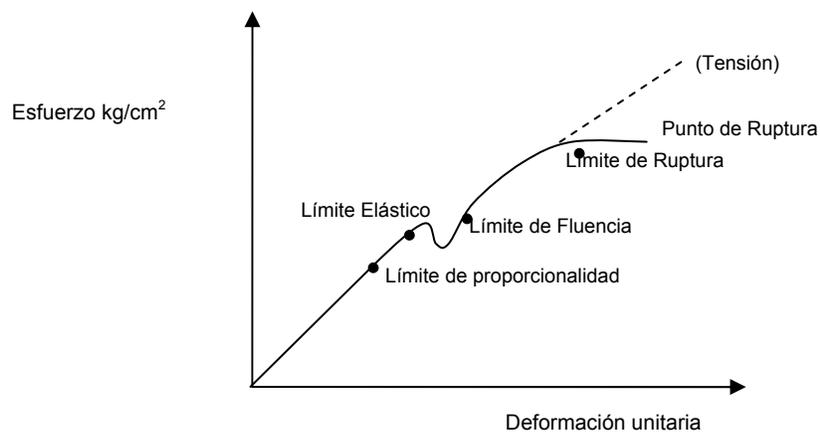
- Punzón de 2" (5 cm).
- Martillo.
- Pinzas para elongación de 5% y 20%
- Máquina Universal con sistema para ensayo a tensión de barras de acero (ver figura 1 anexo ).

#### **4.1.1.2 Procedimiento**

- Identificar con número o letra correlativa cada muestra o cualquier nomenclatura de identificación.
- En un formato registrar la clasificación, identificación y medidas.
- Medir la longitud inicial de cada barra en metros.
- Medir el espacio de una corrugas en milímetros mm, sin tomar en cuenta el área marcada con símbolos, letras o números que utiliza como identificación el fabricante. Si la barra es lisa obviar este dato.
- Medir con vernier altura y diámetro; tomando la altura de corruga más el diámetro simultáneamente, en cm. Si la barra es lisa obviar este dato.
- Medir con vernier el diámetro inicial; tomando la parte lisa de la barra, en cm.

- Medir con vernier el ancho de ribete en milímetros. Si la barra es lisa obviar este dato.
- Tomar la masa de cada barra en kg.
- Anotar en el formato el tipo de corruga de cada barra ya sea en “X”, “V”, espiral o lisa.
- Marcar cada barra a lo largo con el punzón de 5 cm (2”).
- Colocar la barra en la Máquina Universal, sujetándola con mordazas, (mordazas planas para barras lisas y barras corrugadas menores de 3/8” de diámetro y mordazas curvas para barras de diámetro mayor a 3/8”).
- Aplicar carga axial a tensión en kg fuerza, observando y anotando la carga cedente, carga máxima y carga de ruptura.

Figura 6. Comportamiento del acero a tensión



- Retirar la barra ensayada, unir las dos piezas; para tomar las medidas finales, medir con las pinzas la elongación ocurrida en 5% y 20% tomando de referencia las cuatro marcas más cercanas a la falla.
- Medir con vernier el diámetro final en cm, donde ocurrió la falla de la barra.

#### 4.1.1.3 Cálculos

- Masa unitaria:

$$m.u. = m / l$$

Donde:

m.u. = Masa unitaria en kg/m

m = Masa de la barra en kg

l = Longitud de barra en metros

- Área:

$$A_e = (m.u. / \bar{d}_{\text{acero}}) \times 10\,000$$

Donde:

$A_e$  = Área efectiva de la barra en  $\text{cm}^2$

m.u. = Masa unitaria en kg/m

$\bar{d}_{\text{acero}}$  = Densidad del acero ( $7\,850 \text{ kg/m}^3$ )

- Diámetro inicial calculado:

$$D_i = [\sqrt{(A_e / 0,785)}] \times 10$$

Donde:

$D_i$  = Diámetro inicial en mm

$A_e$  = Área efectiva en  $\text{cm}^2$

$0,785 = \pi / 4 = \text{constante}$

- Perímetro:

$$P = \pi \times D_i$$

Donde:

$P$  = Perímetro de la barra en cm

$D_i$  = Diámetro inicial calculado en cm

- Altura de corruga:

$$H_C = [(H \text{ y } D_i) - D_i] \times 10$$

Donde:

$H_C$  = Altura de corruga en mm

$H$  y  $D_i$  = Altura y diámetro inicial en cm

$D_i$  = Diámetro inicial en cm

- Cordón o Ribete:

$$\sum R / 2$$

Donde:

$R$  = Ribetes en cm

- Esfuerzos:

$$\sigma_{cedente} = (P_{ced.} / A_e) \times 0,0980665$$

$$\sigma_{m\acute{a}ximo} = (P_{m\acute{a}x.} / A_e) \times 0,0980665$$

$$\sigma_{ruptura} = (P_{rup.} / A_e) \times 0,0980665$$

Donde:

$\sigma_{cedente}$  = Esfuerzo cedente en MPa

$\sigma_{maximo}$  = Esfuerzo máximo en MPa

$\sigma_{ruptura}$  = Esfuerzo de ruptura en MPa

$P_{ced.}$  = Carga cedente en kg

$P_{m\acute{a}x.}$  = Carga máxima en kg

$P_{rup.}$  = Carga de ruptura en kg

$A_e$  = área efectiva en cm<sup>2</sup>

#### 4.1.1.4 Reportar

- Clasificación e identificación del proveedor.
- Masa unitaria.
- rea efectiva.
- Diámetro inicial calculado.
- Perímetro.
- Espaciamiento.

- Altura de corruga.
- Ribete.
- Porcentaje de elongación en 5% y 20%.
- Esfuerzo cedente.
- Esfuerzo máximo.
- Esfuerzo de ruptura.
- Grado estructural.
- Número de varilla.

#### **4.1.1.5 Verificación**

Los datos a reportar de las barras de acero deben cumplir las especificaciones de la Norma Coguanor NGO 36011, tabla 1 y tabla 2, para ser aceptada, e indicar el grado según la tabla 3 de clasificación (ver anexo ).

#### **4.1.2 Ensayo de compresión a ladrillos de barro cocido, según normas Coguanor 41022 y 41024 h1; h2; h4, modificado según estudio del CII/USAC (análisis completo).**

Este ensayo se realiza para unidades fabricadas con barro o arcilla, mezclado con otros materiales, o solamente el barro moldeado o extruido en forma rectangular endurecida por medio de fuego hasta fusión incipiente, con y sin cavidades o perforaciones. Se tomaran para este ensayo 2 ladrillos de barro cocido.

##### **4.1.2.1 Maquinaria y equipo**

- Cinta métrica graduada en mm.
- Crayón para identificar la muestra.
- Horno a temperatura uniforme de  $230 \pm 9$  °F ( $110 \pm 5$  °C).
- Balanza con capacidad mínima de 2 000 g y aprox. de  $\pm 0,5$  g.
- Olla para diluir azufre de 7 L de capacidad, con molde para nivelación.
- Azufre en polvo para nivelar.

- Máquina con sistema para compresión de ladrillos de barro (ver figura 2 anexo ).

#### **4.1.2.2 Procedimiento**

- Identificar con número o letra correlativa cada muestra de ladrillo de barro cocido.
- Medir la longitud de las dos caras mayores y de las dos caras laterales en los puntos medios de cada arista anotando los cuatro valores de las lecturas aproximadas al milímetro más cercano. El promedio de estos valores, aproximarlos a una cifra decimal, para tener un solo dato.
- Medir el ancho de los extremos y de las dos caras mayores del ladrillo, en el punto medio de cada arista, anotando los valores de las lecturas aproximadas al milímetro más cercano. El promedio de estos valores aproximarlos a una cifra decimal, para tener un solo dato.
- Medir la altura de las aristas de las caras laterales y los extremos, anotando los valores de las lecturas aproximadas al milímetro más cercano. El promedio de estos valores aproximarlos a una cifra decimal, para tener un solo dato.

- Tomar la masa natural de cada ladrillo ( $m_n$ ).
- Nivelar con yeso o azufre las dos superficies del ladrillo, que soportarán la carga distribuida de compresión, esperar como mínimo 2 horas hasta que se enfríe el azufre, antes de realizar el ensayo.
- Colocar el ladrillo nivelado, buscando el centroide del sistema de la máquina, donde se le aplicará la carga hasta la mitad de la máxima carga esperada, a una velocidad conveniente; aplicándole la carga restante a una velocidad uniforme pero no menos de 1 minuto y sin exceder 2 minutos hasta la carga máxima a compresión.
- Sumergir una fracción del ladrillo en agua limpia a una temperatura entre 15°C y 30°C durante 24 horas, al cumplir su tiempo se retira del agua eliminando el agua de la superficie con un paño, antes que transcurran cinco minutos, tomar la masa húmeda ( $m_h$ ).
- Secar la fracción del ladrillo a  $230 \pm 9$  °F ( $110 \pm 5$ °C) durante 24 horas, enfriar la muestra a 32 °C durante 4 horas mínimo; hasta poder palparla, tomar la masa seca ( $m_s$ ).

### 4.1.2.3 Cálculos

- Longitud:

$$L_p = \Sigma I$$

Donde:

$L_p$  = Longitud promedio en cm

$I$  = Longitudes en cm

- Ancho:

$$A_p = \Sigma a / 4$$

Donde:

$A_p$  = Ancho promedio en cm

$a$  = Anchos en cm

- Altura:

$$H_p = \Sigma h / 4$$

Donde:

$H_p$  = Altura promedio en cm

$h$  = alturas en cm

- Área Bruta Paralela:

$$A_{//} = L \times A_p$$

Donde:

$A_{//}$  = Área bruta paralela en  $\text{cm}^2$

$L_p$  = Longitud promedio en cm

$A_p$  = Ancho promedio en cm

- Esfuerzo de Compresión:

$$\sigma_{com} = (P_{com} / A_{//}) \times 0,0980665$$

Donde:

$\sigma_{com}$  = Esfuerzo de compresión en MPa

$P_{com}$  = Carga a compresión en kg

$A_{//}$  = Área bruta paralela en  $cm^2$

0,0980665 = factor de conversión de  $kg/cm^2$  a MPa

- Porcentaje de Absorción:

$$\%_{abs} = [(m_h - m_s) / m_s] \times 100$$

Donde:

$\%_{abs}$  = Porcentaje de absorción en %

$m_h$  = Masa húmeda en kg

$m_s$  = Masa seca en kg

#### 4.1.2.4 Reportar

- Identificación de la muestra.
- Longitud promedio.

- Ancho promedio.
- Altura promedio.
- Esfuerzo de compresión.
- % de absorción.
- Tipo.
- Grado.
- Clase.

#### **4.1.2.5 Verificación**

Los datos a reportar de los ladrillos de barro cocido deben cumplir las especificaciones de la Norma Coguanor NGO 41022 tabla 1, tabla 2 y tabla 3, para ser aceptados (ver anexo).

### **4.1.3 Ensayos de compresión para bloques huecos de Hormigón, según norma Coguanor NGO41054, 41056h1, 41056h2; modificado según estudio del CII/USAC (análisis completo).**

Se tomaran bloques huecos de hormigón en forma de paralelepípedo ortogonal con uno o más huecos transversales en su interior, para paredes o muros, y tabiques, destinados a soportar cargas, y para muros de relleno.

La cantidad de bloques dependerán de la producción: si el lote es de 10 000 unidades o menos se tomaran 10 bloques; cuando el lote esta entre 10 001 a 100 000 unidades tomar 20 bloques, para más de 100 000 unidades tomar 10 bloques por cada 50 000 unidades. Para este ensayo se tomaran 2 bloques de hormigón.

#### **4.1.3.1 Maquinaria y equipo**

- Crayón.
- Cinta métrica graduada en milímetros.
- Horno a temperatura uniforme de  $230 \pm 9$  °F ( $110 \pm 5$  °C).
- Balanza con capacidad de 20 kg y aproximación de  $\pm 0,5$  gramos.

- Olla para diluir azufre de 7 litros de capacidad.
- Molde para nivelación de bloques.
- Azufre en polvo.
- Máquina con sistema para compresión de bloques de concreto (ver figura 3 anexo).

#### **4.1.3.2 Procedimiento**

- Identificar cada bloque con una letra o número correlativo, con crayón.
- Medir la longitud de cada una de las dos caras, tomando las medidas al centro, con aproximación de 1 mm.
- Medir la altura de cada una de las dos caras, tomando las medidas al centro desde el fondo hasta la parte superior del bloque, con aproximación de 1mm.
- Medir el ancho, que es la distancia exterior entre las dos caras del bloque a la mitad del largo o a la mitad del alto. Tomando las medidas al centro con aproximación de 1 mm.

- Tomar la masa natural de cada bloque ( $m_n$ ).
- Si las superficies del bloque se encuentran desniveladas, nivelar con yeso o azufre las dos superficies del bloque, que soportarán la compresión, esperar como mínimo 2 horas hasta que se enfríe el azufre, antes de realizar el ensayo.
- Colocar el bloque nivelado en el centro del sistema de la máquina, donde se le aplicará la carga hasta la mitad de la máxima carga esperada, a una velocidad conveniente; aplicándole la carga restante a una velocidad uniforme no menos de 1 minutos y sin exceder 2 minutos hasta la carga máxima de compresión.
- Sumergir una fracción del bloque en agua a temperatura ambiente 15 °C a 27 °C durante 24 horas.
- Se extrae la fracción del bloque del agua dejándolo drenar por 1 minuto, sobre una malla gruesa de alambre de 9.5 mm o más de abertura, con un paño ligeramente húmedo se extrae el agua superficial visible, tomar la masa húmeda ( $m_h$ ).
- Colocar la fracción del bloque en el horno a 100 °C ó 115 °C durante 24 horas, transcurrido el tiempo extraerlo del horno dejándolo enfriar, hasta poderlo palpar, aproximadamente 4 horas como mínimo, tomar la masa seca ( $m_s$ ).

### 4.1.3.3 Cálculos

- Longitud:

$$L_p = \Sigma l / 4$$

Donde:

$L_p$  = Longitud promedio en cm

$l$  = Longitudes en cm

- Ancho:

$$A_p = \Sigma a / 4$$

Donde:

$A_p$  = Ancho promedio en cm

$a$  = Anchos en cm

- Altura:

$$H_p = \Sigma h / 4$$

Donde:

$H_p$  = Altura promedio en cm

$h$  = alturas en cm

- Área bruta paralela:

$$A_{//} = L \times A_p$$

Donde:

$A_{//}$  = Área bruta paralela en  $\text{cm}^2$

$L_p$  = Longitud promedio en cm

$A_p$  = Ancho promedio en cm

- Esfuerzo de compresión:

$$\sigma_{\text{com.}} = (P_{\text{com.}} / A_{//}) \times 0,0980665$$

Donde:

$\sigma_{\text{com.}}$  = Esfuerzo de compresión en MPa

$P_{\text{com.}}$  = Carga a compresión en kg

$A_{//}$  = Área bruta paralela en  $\text{cm}^2$

0,0980665 = Factor de conversión de  $\text{kg}/\text{cm}^2$  a MPa

- Porcentaje de absorción:

$$\%_{\text{abs}} = [(m_h - m_s) / m_s] \times 100$$

Donde:

$\%_{\text{abs}}$  = Porcentaje de absorción en %

$m_h$  = Masa húmeda en kg

$m_s$  = Masa seca en kg

#### 4.1.3.4 Reportar

- Identificación de la muestra.
- Longitud promedio.

- Ancho promedio.
- Altura promedio.
- Esfuerzo de compresión.
- % de absorción.
- Tipo.
- Grado.
- Clase.

#### **4.1.3.5 Verificación**

Los datos a reportar de los bloques de hormigón deben cumplir las especificaciones de la norma Coguanor NGO 41 054; cuadro1, cuadro 2, cuadro 3 y de estudio del CII/USAC, tabla 1 para ser aceptados (ver anexo).

#### **4.1.4 Ensayo a flexión y compresión para adoquines de Concreto, según norma COGUANOR NGO 41086, norma DIN 18501, modificado según estudio del CII/USAC.**

Los adoquines son elementos macizos de concreto, prefabricados con forma de prisma recto, cuyas bases son polígonos que permiten conformar una superficie completa.

Los adoquines son sometidos a dos tipos de carga, que dependen del tipo de vehículos que transiten sobre el, como es la carga a flexión al transitar motocicletas y la de compresión al transitar camiones o automóviles. Para este ensayo se tomara 1 adoquín.

##### **4.1.4.1 Maquinaria y equipo**

- Cinta métrica graduada en milímetros.
- Crayón.
- Balanza con aproximación a 0,05kg (0,1lb).
- Horno a temperatura uniforme de  $230 \pm 9$  °F ( $110 \pm 5$ °C).

- Máquina Universal con sistema para flexión de adoquines (ver figura 4 anexo).

#### 4.1.4.2 Procedimiento

- Identificar cada adoquín con una letra o número correlativo, con crayón.
- Tomar la medida del largo del eje mayor del rectángulo inscrito en el adoquín en cm, el cual no deberá ser mayor de 250 mm (ver figura 4a anexo B).
- Tomar la medida del ancho o base del eje menor del rectángulo inscrito en el adoquín en cm (ver figura 4a anexo).
- Tomar la medida de la altura o espesor del adoquín en cm el cual no será menor de 60 mm.
- Tomar la masa natural del adoquín ( $m_n$ ).
- Colocar el adoquín en el sistema de flexión con la superficie de desgaste hacia arriba y medir la luz entre los apoyos.

- Como apoyos y elemento de transmisión de la carga se deben utilizar tres varillas lisa de acero del mismo diámetro el cual debe estar comprendido entre 9,5mm y 16,00mm y con una longitud igual o mayor que el ancho respectivo del adoquín en el eje de contacto (ver figura 4b anexo).
- Aplicar carga a una velocidad uniforme durante no menos de 1 minuto y sin exceder 2 minutos hasta la rotura por flexión, anotar la carga de ruptura.
- Sumergir una fracción del adoquín ensayado en agua limpia a una temperatura entre 15°C y 30°C durante 24 horas, al cumplir su tiempo se retira del agua eliminando el agua de la superficie con un paño, antes que transcurran cinco minutos, tomar la masa húmeda ( $m_h$ ).
- Secar la muestra a 110 °C durante 24 horas, enfriar la muestra a 32 °C durante 4 horas mínimo; hasta poder palparla, tomar la masa seca ( $m_s$ ).

#### 4.1.4.3 Cálculos

- Esfuerzo de flexión:

$$\sigma_{flex.} = ( 3PL ) / ( 2BH^2 )$$

Donde:

$\sigma_{flex.}$  = Esfuerzo a flexión en kg/cm<sup>2</sup>

P = Carga de ruptura en kg

L = Distancia entre los ejes de los apoyos en cm

B = Longitud del eje menor del rectángulo inscrito en cm

H = Altura del adoquín en cm

0,0980665 = factor de conversión de kg/cm<sup>2</sup> a MPa

- Esfuerzo de compresión:(ver figura 4c anexo)

$$\sigma_{\text{comp.}} = e^{[3,89486 + 0,03417(S_{\text{flex}})]}$$

Donde:

$\sigma_{\text{comp.}}$  = Esfuerzo a compresión en kg/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_{\text{comp.}} = e^{[3,89486 + 0,03417(S_{\text{flex}})]}$$

$\sigma_{\text{flex.}}$  = Esfuerzo a flexión en kg/cm<sup>2</sup>

0,0980665 = Factor de conversión de kg/cm<sup>2</sup> a MPa.

- Porcentaje de absorción:

$$\%_{\text{abs.}} = [(m_h - m_s) / m_s] \times 100$$

Donde:

$\%_{\text{abs.}}$  = Porcentaje de absorción en %

$m_h$  = Masa húmeda en kg

$m_s$  = Masa seca en kg

#### 4.1.4.4 Reportar

- Apariencia inicial.
- Fecha de fabricación.

- Edad del adoquín.
- Masa del adoquín.
- Largo del adoquín.
- Ancho del adoquín.
- Espesor del adoquín.
- Esfuerzo de flexión en  $\text{kg/cm}^2$  y MPa con exactitud de 0,1.
- Esfuerzo de compresión  $\text{kg/cm}^2$  y MPa con exactitud de 0,1.
- Porcentaje de absorción.

#### **4.1.4.5 Verificar**

Los datos a reportar de los adoquines de concreto deben cumplir los requisitos de la norma DIN 18501; tabla 1 y Estudio del CII/USAC tabla 1 para ser aceptados (ver anexo).

#### **4.1.5 Ensayo a flexión e impacto para baldosas de cemento líquido, según norma FHA, modificado según estudio del CII/USAC.**

Las baldosas son placas de poco grosor, generalmente usadas como revestimiento de suelos, diseñadas para soportar cargas de impacto y flexión entre otras, para ensayar dichas baldosas es aconsejable esperar 15 días después de su fabricación para que los poros se cierren y adquiera cierta permeabilidad. Para este ensayo se tomaran 2 baldosas de cemento líquido.

##### **4.1.5.1 Maquinaria y equipo**

- Cinta métrica graduada en milímetros.
- Crayón.
- Balanza con aproximación a 0,05kg (0,1lb).
- Horno a temperatura uniforme de  $230 \pm 9$  °F ( $110 \pm 5$ °C).
- Máquina Universal con sistema para flexión de baldosa (ver figura 6 anexo).
- Sistema para impacto de baldosas (ver figura 7 anexo).

#### 4.1.5.2 Procedimiento

- Identificar cada baldosa con una letra o número correlativo, con crayón.
- Tomar tres medida del largo en cm de la baldosa.
- Tomar tres medidas del ancho en cm de la baldosa.
- Tomar tres medida de la altura o espesor de la baldosa en cm .
- Tomar la masa natural de la baldosa en kg ( $m_n$ ).
- Colocar una baldosa en el sistema de flexión con la superficie de desgaste hacia arriba y medir la luz entre los apoyos.
- Como apoyos y elemento de transmisión de la carga se deben utilizar tres varillas lisa de acero del mismo diámetro el cual debe estar comprendido entre 9,5mm y 16,00mm y con una longitud igual o mayor que el ancho respectivo de la baldosa en el eje de contacto.
- Aplicar carga a una velocidad uniforme durante no menos de 1 minuto y sin exceder 2 minutos hasta la rotura por flexión anotar carga.
- Sumergir una fracción de la baldosa ensayada en agua limpia a una temperatura entre 15°C y 30°C durante 24 horas, al cumplir su tiempo se retira del agua eliminando el agua de la superficie con un paño, antes que transcurran cinco minutos, tomar la masa húmeda ( $m_h$ ).

- Secar la muestra a 110 °C durante 24 horas, enfriar la muestra a 32 °C durante 4 horas mínimo; hasta poder palparla, tomar la masa seca en kg ( $m_s$ ).
- La segunda baldosa de cemento se coloca en el centro del sistema de impacto, sobre una cama de arena tamizada, dejándole caer la bala de 20kg en alturas sucesivas cada centímetro, hasta fallarla a impacto, anotar la altura de falla.
- Medir el espesor de pastina en una fracción fallada de la baldosa.

#### 4.1.5.3 Cálculos

- Longitud:

$$L_p = \Sigma l / 3$$

Donde:

$L_p$  = Longitud promedio en cm

$l$  = Longitudes en cm

- Ancho:

$$A_p = \Sigma a / 3$$

Donde:

$A_p$  = Ancho promedio en cm

$a$  = Anchos en cm

- Altura:

$$H_p = \Sigma h / 3$$

Donde:

$H_p$  = Altura promedio en cm

$h$  = Alturas en cm

- Esfuerzo a flexión:

$$\sigma_{flex.} = ( 3PL ) / ( 2BH^2 )$$

Donde:

$\sigma_{flex.}$  = Esfuerzo a flexión en  $kg/cm^2$

$P$  = Carga de ruptura en kg

$L$  = Distancia entre los ejes de los apoyos en cm (luz)

$B$  = Longitud del eje menor del rectángulo en cm

$H$  = Altura de la baldosa en cm

0,0980665 = Factor de conversión de  $kg/cm^2$  a MPa

- Energía potencial:

$$E = mgh$$

Donde:

$E$  = Energía potencial Joules

$m$  = Masa de 20 kg

$g$  = Gravedad  $9,8 m/s^2$

$h$  = Altura de impacto en cm

- Porcentaje de absorción:

$$\%_{\text{abs.}} = [(m_h - m_s) / m_s] \times 100$$

Donde:

$\%_{\text{abs}}$  = Porcentaje de absorción

$m_h$  = Masa húmeda en kg

$m_s$  = Masa seca en kg

#### 4.1.5.4 Reportar

- Apariencia inicial.
- Fecha de fabricación
- Masa de la baldosa.
- Largo promedio de la baldosa.
- Ancho promedio de la baldosa.
- Espesor promedio de la baldosa.
- Porcentaje de absorción.
- Espesor de pastina.

- Altura de impacto.
- Energía potencial.
- Esfuerzo a flexión en  $\text{kg/cm}^2$  y MPa con exactitud de 0,1.
- Clasificar tipo de baldosa.

#### **4.1.5.5 Verificar**

Los datos a reportar de las baldosas deben cumplir las especificaciones de la norma FHA Tabla 8-VII adaptado según estudio del CII/USAC, para ser aceptadas (ver anexo).

#### **4.1.6 Ensayos a tubería de PVC blanca y gris (para agua potable y drenajes), según normas ASTM.**

##### **4.1.6.1 Ensayo de rigidez: norma ASTM D2412, para tubería blanca y ASTM F794 para tubería gris.**

Se aplica carga de compresión a cada sección de tubo para reducir el diámetro interno en un 5%. Para cada tipo de tubo se ensayaran:

3 secciones de tubo PVC de 6" de longitud para diámetros de ¼" a 12" en tubería blanca.

3 secciones de tubo PVC de 6" de longitud para diámetros de 4" a 15", para diámetros mayores de 18" inclusive, la longitud debe ser de 12" en tubería gris.

#### **4.1.6.1.1 Maquinaria y equipo**

- Vernier o calibrador digital con exactitud de 0,5 mm.
- Cinta métrica graduada en milímetros.
- Indicador de deformación (deformómetro) con aproximación de 0,001".
- Máquina Universal con sistema para compresión de tubo PVC (ver figura 7 anexo).

#### **4.1.6.1.2 Procedimiento**

- Identificar cada sección con números correlativos, anotar cualquier identificación de la sección.

- Determinar la longitud de cada sección, promediando como mínimo cuatro medidas a igual espacio alrededor del perímetro.
- Medir el espesor de pared de cada sección, promediando con un mínimo de ocho medidas igualmente espaciadas alrededor de los extremos.
- Determinar el diámetro interno de cada sección, promediando el máximo y mínimo de los diámetros.
- Colocar cada sección de tubo, centrada en el sistema de disco y rotula de la máquina.
- Colocar el deformómetro, cuando el disco superior se encuentra en contacto con la superficie de la sección del tubo.
- Compresionar la sección de tubo a una velocidad constante de  $12,5 \pm 0,5$  mm/min.
- Anotar la carga de deformación cuando llegue al 5% de reducción del diámetro interno.
- Observar y anotar la carga y deformación a la primera evidencia de; línea de rajadura o quiebre, rajadura de pared, delaminación de pared, ruptura.

#### 4.1.6.1.3 Cálculos

- Longitud:

$$L_p = \Sigma l / 4$$

Donde:

$L_p$  = Longitud promedio en cm, plg

$l$  = Longitudes en cm, plg

- Espesor de pared:

$$EP_p = \Sigma ep / 8$$

Donde:

$EP_p$  = Espesor de pared promedio en cm, plg

$ep$  = Espesores de pared en cm, plg

- Diámetro interno:

$$D_i = (d_M - d_m) / 2$$

Donde:

$D_i$  = Diámetro interno en cm, plg

$d_M$  = Diámetro mayor en cm, plg

$d_m$  = Diámetro menor en cm, plg

- Deformación:

$$\text{Def.} = D_i \times 0,05$$

Donde:

Def. = Deformación en 5% en cm, plg

$D_i$  = Diámetro interno en cm, plg

- Rigidez:

$$R = P / (\text{def.} \times L_p)$$

Donde:

R = Rigidez en  $\text{kg/cm}^2$ ,  $\text{lb/plg}^2$

P = Carga en kg, lb

def. = Deformación de 5% en cm, plg

$L_p$  = Longitud promedio en cm, plg

#### 4.1.6.1.4 Reportar

- Tipo de tubería.
- Diámetro nominal.
- SDR.
- psi.
- Norma ASTM.

- Fabricante.
- Diámetro interno calculado.
- Diámetro externo calculado,
- Espesor de pared calculado.
- Longitud calculada.
- Carga y deformación al presentarse: rajadura, delaminación, quiebre.
- Rigidez al 5% calculada.
- Fecha de ensayo.

#### **4.1.6.2 Ensayo de aplastamiento: norma ASTM D 2241 para tubería blanca y ASTM F794 para tubería gris.**

Se aplica carga de compresión a cada sección de tubo PVC reduciendo el diámetro interno en un 40% para tubería blanca y en un 60% del diámetro interno para tubería gris. Para cada tipo de ensayo se tomarán: 3 secciones de tubo PVC de 2" de longitud para tubería blanca. 3 secciones de tubo PVC de 6" de longitud para diámetros de 4" a 15", para diámetros mayores de 18" inclusive, la longitud debe ser de 12" en tubería gris.

#### **4.1.6.2.1 Maquinaria y equipo**

- Vernier o calibrador digital con exactitud de 0,5 mm.
- Cinta métrica graduada en milímetros.
- Indicador de deformación ( deformómetro) con aproximación de 0,001”
- Máquina Universal con sistema para compresión de tubo PVC (ver figura 7 anexo).

#### **4.1.6.2.2 Procedimiento**

- Identificar cada sección con números correlativos, anotar cualquier identificación de la sección.
- Determinar la longitud de cada sección, promediando como mínimo cuatro medidas a igual espacio alrededor del perímetro.
- Medir el espesor de pared de cada sección, promediando como mínimo ocho medidas igualmente espaciadas alrededor de los extremos.

- Determinar el diámetro interno de cada sección, promediando el máximo y mínimo de los diámetros.
- Colocar cada sección de tubo PVC, centrada en el sistema de disco y rotula de la máquina.
- Colocar el deformómetro, cuando el disco superior se encuentra en contacto con la superficie de la sección del tubo.
- Compresionar la sección de tubo a una velocidad constante, en un intervalo de 2 min a 5 min.
- Anotar la carga de deformación al 40% del diámetro interno en tubería blanca o el 60% del diámetro interno en tubería gris.
- Observar y anotar la carga y deformación a la primera evidencia de; línea de rajadura o quiebre, rajadura de pared, delaminación de pared o ruptura.

#### 4.1.6.2.3 Cálculos

- Longitud:

$$L_p = \Sigma l / 4$$

Donde:

$L_p$  = Longitud promedio en cm, plg

$l$  = Longitudes en cm, plg

- Espesor de pared:

$$EP_p = \Sigma ep / 8$$

Donde:

$EP_p$  = Espesor de pared promedio en cm, plg

$ep$  = Espesores de pared en cm, plg

- Diámetro interno:

$$D_i = (d_M - d_m)/2$$

Donde:

$D_i$  = Diámetro interno en cm, plg

$d_M$  = Diámetro mayor en cm, plg

$d_m$  = Diámetro menor en cm, plg

- Deformación a 40% y 60%:

$$Def. = D_i \times 0,60$$

Donde:

Def. = Deformación a 40% en PVC blanco en cm, plg

Def. = Deformación a 60% en PVC gris en cm, plg

#### **4.1.6.2.3 Reportar**

- Tipo de tubería.
- Diámetro nominal.

- SDR.
- psi.
- Norma ASTM.
- Fabricante.
- Código si lo tuviera.
- Diámetro interno calculado.
- Longitud calculada.
- Carga y Deformación al presentarse: rajadura, delaminación, quiebre.
- Indicar si aprobó la deformación al 40% para tubería PVC blanca.
- Indicar si aprobó la deformación al 60% para tubería PVC gris.
- Fecha de ensayo.

#### **4.1.6.3 Ensayo de resistencia a impacto: norma ASTM D 2241 para tubería PVC blanca y ASTM D 3034 para tubería PVC gris.**

Este ensayo se realiza para verificar la capacidad de energía potencial dada en pie-lbf que soporta la pieza de tubo ensayada, sin llegar a dañar la pieza. Para cada tipo de tubería se tomarán:

10 piezas de 6" de longitud para diámetro de 1/4" a 12" de tubería blanca.

6 piezas de 6" de longitud para diámetros de 4" a 15" ó 6 piezas de 12" para diámetros de 18" a 48" tubería gris.

##### **4.1.6.2.1 Maquinaria y equipo**

- Sistema para impacto de tubo PVC (ver figura 8 anexo).
- Bala de acero con punta "B" de 20 lb (9 kg) para tubería de PVC blanca.
- Bala de acero con punta "A" de 20 lb (9 kg) para tubería de PVC gris.
- Para tubería blanca usar plato plano de acero.
- Para tubería gris usar plato plano de acero con soporte "B".

#### 4.1.6.2.2 Procedimiento

- Identificar cada sección con números correlativos, anotar cualquier identificación impresa de la sección.
- Colocar cada pieza entre el plato en distintas posiciones:
  - a) Impactar en medio de la pieza longitudinal.
  - b) Impactar en medio de la pieza transversal.
  - c) Impactar en medio de la unión.
- Elevar la bala a la altura determinada de acuerdo al diámetro e impactar la pieza.
- Examinar la pieza e indicar si hubo rajadura, quiebre o laminación, si dos o más piezas se dañan, el lote se dará por eliminado.

#### 4.1.6.2.3 Cálculos

- Altura de Impacto:

$$H = E_p / m$$

Donde:

H = Altura de impacto en pies

$E_p$  = Energía potencial en pie- lbf

m = Masa de la bala 20 lbf

#### **4.1.6.2.4 Reportar**

- Tipo de tubería.
- Diámetro nominal.
- SDR.
- psi.
- Norma ASTM.
- Fabricante.
- Código si lo tuviera.
- Indicar si las 10 piezas de tubo aprobaron el ensayo.
- Fecha de ensayo.

#### **4.1.6.2.5 Verificación**

Para obtener los datos de energía potencial se debe referir a la norma ASTM D 3034, tabla 2 para tubería gris y para tubería blanca referir a la tabla 5 norma ASTM D2241 (ver anexos).

### **4.1.6.3 Ensayo de presión interna: norma ASTM D2241.**

Se ensayan especímenes de tubo a presión interna a sección llena, sumergidos en agua a temperatura ambiente. Para determinar la presión de ruptura. La muestra deberá ensayarse con sus respectivos accesorios (copla hembra y tapón). Para este ensayo se tomarán 5 secciones de tubo con longitud; 10 veces el diámetro nominal, pero no menor de 0,25 m ni mayor de 1,00 m de longitud.

#### **4.1.6.3.1 Maquinaria y equipo**

- Bomba hidráulica con manómetro en psi.

#### **4.1.6.3.2 Procedimiento**

- Identificar con números correlativos cada sección de tubo.
- Anotar: tipo de tubería, diámetro nominal, psi, SDR, norma, fabricante.
- Llenar cada sección de tubo con agua a temperatura ambiente.
- Unir macho y hembra del tubo y la bomba hidráulica, cuidando que no se de fuga en la unión.

- Aplicar presión en un tiempo no menor a 1 min, hasta la ruptura, observando el manómetro y dar la lectura de carga a presión en la ruptura.

#### **4.1.6.3.3 Cálculos**

- Presión interna:

Presión interna en psi X 14,2232 = Presión interna en MPa

Donde:

14,2232 = factor de conversión de psi a MPa

#### **4.1.6.3.4 Reportar**

- Tipo de tubo.
- Diámetro nominal.
- SDR.
- psi.
- Norma ASTM.
- Fabricante.

- Código.
- Indicar tipo de falla.
- Presión interna en psi y MPa.

#### **4.1.6.3.5 Verificación**

Los datos de presión interna deben ser comparados en la norma ASTM D2241 tabla 4 (ver anexo), según el SDR del tubo, para dar por aceptada o rechazada la tubería PVC.

#### **4.1.7 Ensayo de análisis completo para agregados (fino y grueso), según normas ASTM.**

##### **4.1.7.1 Granulometría para agregado fino y grueso, según norma ASTM C 136.**

La granulometría consiste en un análisis de separación para conocer los % de granos de cada tamaño.

El agregado debe tener una graduación dada de acuerdo con su tamaño máximo y dentro de los límites fijados por las especificaciones de la norma.

#### **4.1.7.1.1 Maquinaria y equipo**

- Balanza con capacidad de 1 kg o más con aproximación a 0,1 g o menos, para agregado fino.
- Balanza con capacidad de 20 kg o más con aproximación a 0,5 g o menos, para agregado grueso.
- Tamizadora para agregado fino con tamices No.4, 8, 16, 30, 50,100 y fondo; con armadura (ver figura 9 anexo).
- Tamizadora para agregado grueso con tamices de 2", 1 ½", 1", ¾", 1/2", 3/8", y No.4 y fondo (ver figura 10 anexo).
- Horno a temperatura uniforme de  $230 \pm 9$  °F ( $110 \pm 5$  °C).
- Cepillo de alambre.
- Cepillo de cerda

#### **4.1.7.1.2 Procedimiento**

- Secar la muestra de agregado en horno a temperatura de  $230 \pm 9$  °F ( $110 \pm 5$  °C).
- Tomar la masa de la muestra del agregado, según sea fino o grueso.

#### 4.1.7.1.3 Agregado fino

Agregado que pase menos del 95% el tamiz No. 8, 100 gramos.

Agregado que pase menos del 85% el tamiz No. 4 y más del 5% retenido en el tamiz No. 8, 500 gramos.

#### 4.1.7.1.4 Agregado grueso

Máximo tamaño nominal, abertura de cuadro, mm (in)	Masa mínima de la muestra a ensayar, kg (lb)
9.5 (3/8)	1 (2)
12.5 (1/2)	2 (4)
19 .0 (3/4)	5 (11)
25.0 (1)	10 (22)
37.5 (1 ½ )	15 (33)
50 (2 )	20 (44)
63 (2 ½)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 ½)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
112 (4 ½)	200 (440)
125 (5 )	300 (660)
150 (6)	500 (1100)

- Colocar los tamices en orden de tamaño decreciente, con fondo en la parte inferior y en la parte superior una tapadera.
- Abrir la tapadera de los tamices y colocar el agregado homogéneo dentro del tamiz superior.
- Tamizar en forma manual o mecánica durante 10 minutos, con el fin de acomodar el agregado por tamaños, sin causar daño en la abertura de los tamices.
- Al finalizar el tamizado, tomar la masa del material,  $m_{\text{mat}}$ , indicando el número de tamiz y la cantidad de material retenido en cada uno.
- Los tamices después de vaciar su contenido deberán quedar limpios utilizando un cepillo de alambre para tamices mayores del No.30 y un cepillo de cerda para tamices menores del No.30.
- La pérdida de material durante el tamizado y toma de masas, no debe sobrepasar el 0,3% de la masa original.

#### 4.1.7.1.5 Cálculos

- El porcentaje total del material retenido en cada tamiz.

% mat. retenido = (masa total del material/ masa del material retenido)

- El porcentaje de material que pasa:

$$\% \text{ mat. que pasa} = 100 - \% \text{ mat. retenido}$$

- Módulo de Finura (ver tabla IX):

$$\text{M.F.} = (\% \text{ mat. retenido del tamiz No.4 al No.100}) / 100$$

Tabla IX. Clasificación de la arena por su módulo de finura

ARENA	MÓDULO DE FINURA
Gruesa	2.9 – 3.2
Mediana	2.2 -2.9
Fina	1.5 -2.2
Muy fina	1.5

Normalmente para concreto debe usarse arena con M.F. entre 2.2 y 3.2 prefiriéndose a arena media.

#### 4.1.7.1.6 Reportar

- El porcentaje total del material retenido en cada tamiz.
- El porcentaje de material que pasa.
- Módulo de finura.

#### **4.1.7.1.7 Verificar**

Comparar los porcentajes de la masa del material retenido en cada tamiz, comprobando si se encuentran dentro de los límites establecidos para agregados finos en la norma ASTM C-33 tabla 1, comparar los agregados gruesos dentro de la norma ASTM C-33 tabla 2 (ver anexo).

#### **4.1.7.2 Masa unitaria en agregados finos y gruesos, según norma ASTM C29.**

Esta norma es aplicada en agregados de tamaño menor a 6" (150 mm), para la masa unitaria de agregados finos, gruesos y mixtos; en condiciones de material suelto y compactado.

La masa unitaria es la relación entre la masa del material y un volumen ocupado por el mismo expresado en  $\text{kg/m}^3$ . Hay dos valores para esta relación: La masa unitaria suelta y la masa unitaria apisonada, la primera se utiliza para convertir de masa a volumen, para conocer el consumo de agregados por metro cúbico de concreto. La segunda se usa para conocer el volumen del material apilado. En ambos casos, esta masa se debe obtener con material en estado seco-saturado, para fines de comparación.

#### **4.1.7.2.1 Maquinaria y equipo**

- Balanza con capacidad necesaria según la muestra aproximación a 0,05kg (0,1lb).
- Apisonador de Ø 5/8" (16mm) y 24" (600mm) de largo; con punta redonda o hemisférica.
- Medidor cilíndrico metálico con altura entre 80% y 150% su diámetro.
- Pala o cucharón pequeños.

#### **4.1.7.2.2 Procedimiento**

- El tamaño de la muestra será entre 125% a 200% de la cantidad necesaria para llenar el medidor, para cada prueba (ver tabla X).

Tabla X. Capacidad del medidor, según tamaño de agregado

Tamaño máximo nominal del agregado		Capacidad del medidor		
Plg	mm	Pie <sup>3</sup>	L	M <sup>3</sup>
½	12,5	1/10	2,8	0,0028
1	25,0	1/3	9,3	0,093
1 ½	37,5	½	14	0,014
3	75	1	28	0,028
4 ½	112	2 ½	70	0,070
6	150	3 ½	100	0,100

- Secar la muestra al horno a  $230 \pm 9$  °F ( $110 \pm 5$ °C ), hasta llevarlo a su condición seca.
- Procedimiento por apisonado: para agregado de tamaño menor de 1 ½ “(37,5mm).

Llenar el medidor con las manos hasta 1/3, con el apisonador dar 25 golpes en forma distribuida sobre el primer tercio, llenar el medidor hasta 2/3 y apisonar con 25 golpes distribuidos, completar el llenado del medidor y apisonar con otros 25 golpes. Completar el llenado con las manos acomodando las partículas en los espacios vacíos y rasar la superficie; la fuerza que se aplica al apisonar no debe dañar la estructura del agregado, solo debe acomodar la capa apisonada.

- Procedimiento por salto: para agregado entre 1 ½ “ (37,5 mm) a 6” (150 mm).

Llenar el medidor con las manos, cada tercio, compactando cada capa sobre una superficie de concreto, en 50 tiempos, 25 tiempos de cada lado, elevando cada lado del medidor alternativamente 2” (50 mm) completar el llenado del medidor con las manos acomodando partículas entre los vacíos, y rasar.

- Procedimiento de llenado con pala:

Llenar completamente el medidor con una pala sin pasar las 2” (50mm) sobre la superficie y rasar.

- Cada ensayo debe realizarse dos veces para promediar el resultado.
- Pesarse el medidor más su contenido, para cualquiera de los procedimientos.
- Pesarse el medidor vacío.
- La masa unitaria para cualquiera de los procedimientos anteriormente descritos.

#### 4.1.7.2.3 Calculos

- Masa unitaria:

$$m.u. = m.m. / v.r.$$

Donde:

m.u. = Masa unitaria en  $\text{kg}/\text{cm}^3$

m.m. = Masa del material en kg

v.r. = Volumen del recipiente en  $\text{cm}^3$

- Porcentaje de Vacíos:

$$\% \text{ de vacíos} = \frac{(g \times 1\,000) - m.u.}{g \times 1\,000} \times 100$$

Donde:

G = gravedad específica

m.u = Masa unitaria en  $\text{kg}/\text{cm}^3$

#### 4.1.7.2.4 Reportar

- Los resultados de la masa unitaria con una desviación permisible de 1  $\text{L}/\text{pie}^3$  ( $10\text{kg}/\text{m}^3$ ).
- Los resultados de los porcentajes de vacíos, con una desviación permisible del 1%.

### **4.1.7.3 Gravedad específica y absorción del agregado grueso, según norma ASTM C127**

La gravedad específica es generalmente usada para calcular el volumen ocupado por el agregado en varias mezclas que contengan agregados como el concreto de cemento Pórtland, el concreto bituminoso, u otras mezclas que están proporcionales o analizadas sobre un volumen básico , la gravedad específica es también usada en el cálculo de vacíos en el agregado .

#### **4.1.7.3.1 Maquinaria y equipo**

- Balanza con aproximación a 0,05kg (0,1lb), equipada con un sistema que soporte canasta-muestra.
- Horno a temperatura uniforme de  $230 \pm 9$  °F ( $110 \pm 5$ °C).
- Canasta de hierro de espesor 3,3 mm (No.6) o un balde de aproximadamente igual ancho que alto, con capacidad de 4 a 7L, con un sistema de soporte a la pesa.
- Tanque de agua, en el cual la canasta de hierro pueda ser suspendida.
- Tamices No. 2", 1 ½", 1", ¾", 1/2", 3/8", y No.4.

#### 4.1.7.3.2 Procedimiento

- Tamizar el material, desechando el agregado que pase el tamiz No. 4.
- Lavar el material para remover el polvo, u otro agregado fino adherido a la muestra.
- Secar el material al horno a  $230 \pm 9$  °F ( $110 \pm 5$  °C), hasta llevarlo a su condición seca.
- Retirar la muestra del horno, dejándola en un ambiente fresco de 1 a 3 horas, hasta que la muestra pueda palpase o alcance una temperatura de 50°C.
- La cantidad de la masa natural ( $m_n$ ) a ensayar, dependerá del tamaño de las partículas del agregado, cuando el material se encuentra en condiciones mixtas se toma la diferencia de las masas mínimas; entre el máximo y mínimo tamaño nominal del agregado

Tamaño máximo nominal mm (plg)	Masa mínima de la muestra kg (lb)
12.5 (1/2) o menos	2 (4.4)
19.0 (3/4)	3 (6.6)
25.0 (1)	4 (8.8)
37.5 (1 1/2)	5 (11)
50 (2)	8 (18)
63 (2 1/2)	12 (26)
75 (3)	18 (40)
90 (3 1/2)	25 (55)
100 (4)	40 (88)
112 (4 1/2)	50 (110)
125 (5)	75 (165)
150 (6)	125 (276)

- Sumergir la canasta con la muestra de agregado en agua a temperatura de  $23 \pm 1.7^\circ\text{C}$  ( $73,4 \pm 3^\circ\text{F}$ ) con una densidad de  $997 \pm 2 \text{ kg/m}^3$  por  $24 \pm 4$  horas.
- Extraer la muestra del agua, y colocarla en un paño largo absorbente frotando individualmente las partículas largas hasta remover del agregado toda la película del agua. Una corriente de aire puede ayudar en el proceso de secado. Evitar la evaporación del agua en los poros internos del agregado.
- Tomar la masa de la muestra en su condición de superficie seca saturada ( $m_{ss}$ ).

- Inmediatamente colocar el material en la canasta y sumergirlo en el agua a una temperatura de  $23 \pm 1.7^{\circ}\text{C}$  ( $73,4 \pm 3^{\circ}\text{F}$ ) con una densidad de  $997 \pm 2 \text{kg/m}^3$ , después de remover por medio de agitación, todo el aire atrapado en las partículas tomar la masa seca saturada sumergida ( $m_{\text{SSS}}$ ).
- Secar la muestra al horno a  $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$  ( $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ), hasta llevarlo a su condición seca. Retirar la muestra del horno, dejándola en un ambiente fresco de 1 a 3 horas, hasta que la muestra pueda palparse o alcance una temperatura de  $50^{\circ}\text{C}$ , tomar la masa seca de la muestra ( $m_{\text{s}}$ ).

#### 4.1.7.3.3 Cálculos

- Gravedad específica:

$$g = m_n / (m_{\text{SS}} - m_{\text{SSS}})$$

Donde:

$G$  = Gravedad específica

$m_n$  = Masa natural al aire en g

$m_{\text{SS}}$  = Masa superficie seca saturada al aire en g

$m_{\text{SSS}}$  = Masa seca saturada sumergida en g

- Gravedad específica (superficie seca saturada):

$$g_{ss} = m_{ss} / (m_{ss} - m_{sss})$$

Donde:

$g_{ss}$  = Gravedad específica, superficie seca saturada

$m_{ss}$  = Masa superficie seca saturada al aire en g

$m_{sss}$  = Masa seca saturada sumergida en g

- Gravedad específica aparente:

$$g_A = m_n / (m_n - m_{sss})$$

Donde:

$g_A$  = Gravedad específica Aparente

$m_n$  = Masa natural al aire en g

$m_{sss}$  = Masa seca saturada sumergida en g

- Porcentaje de absorción:

$$\% \text{ abs.} = [(m_{ss} - m_n) / m_n] \times 100$$

Donde:

$\% \text{ abs.}$  = Porcentaje de absorción en %

$m_n$  = Masa natural al aire en g

$m_{ss}$  = Masa superficie seca saturada al aire en g

#### **4.1.7.3.4 Reportar**

- Gravedad específica, lo más cercana a 0,01.
- Gravedad específica (superficie seco saturado), lo más cercana a 0,01.
- Gravedad específica aparente, lo más cercana a 0,01.
- Porcentaje de absorción, lo más cercana a 0,1%.

#### **4.1.7.4 Gravedad específica y absorción del agregado fino, según norma ASTM C 128.**

La gravedad específica es generalmente usada para calcular el volumen ocupado por el agregado en varias mezclas que contengan agregados como el concreto de cemento Pórtland, el concreto bituminoso u otras mezclas que son analizadas en base a un volumen básico, es también usada en el cálculo de % de vacíos en el agregado.

- Para este ensayo se tomara una muestra de 500 g de agregado fino.

#### **4.1.7.4.1 Maquinaria y equipo**

- Matraz con volumen de 500 cm<sup>3</sup>.
- Pipeta con capacidad para 0,15 ml.
- Cono metálico con diámetro interno superior de 40± 3 mm y diámetro interno inferior de 90± 3 mm, altura de 75± 3 mm, espesor de 0,8 mm.
- Balanza con capacidad de 1 kg o más con aproximación a 0,1 g o menos.

#### **4.1.7.4.2 Procedimiento**

- Obtener aproximadamente 1 kg de agregado fino homogenizado.
- Colocar en un recipiente el agregado fino, cubierto con agua, en el horno a una temperatura de 110±5°C (230±9° F), durante 24±4 h, hasta obtener al menos un 6% de humedad. Durante este tiempo debe votarse el agua teniendo el cuidado de no perder los finos.

- Durante el tiempo que el agregado permanezca en el horno, se realizaran varias pruebas del cono, con intervalos de tiempo, iniciando cuando el material tenga todavía alguna superficie de agua, y finalizando las pruebas, hasta que alcance la humedad deseada.
- Para la prueba del cono: dicho cono se coloca firmemente sobre una suave superficie no absorbente con el diámetro mayor hacia abajo, llenándolo con los dedos hasta pasar su superficie, apisonar con 25 golpes distribuidos, dejando caer el apisonador por gravedad aproximadamente 5mm (0,2".) dentro del agregado, remover el agregado en la parte externa de la base y levantar verticalmente el molde, si la humedad es la correcta el agregado tomara la forma del molde.
- Obtener una masa de  $500 \pm 10$  g de agregado fino seco saturado ( $m_{ss}$ ).
- Llenar parcialmente el matraz con agua e introducir los  $500 \pm 10$  g de agregado, completar con agua el 90% de la capacidad del matraz.
- De 15 a 20 min agitar, invertir y rotar el matraz para eliminar todas las burbujas de aire.
- Nivelar la temperatura del matraz a  $23 \pm 1,7^\circ$  C ( $73,4 \pm 3^\circ$  F), por inmersión en agua circulante.
- Completar el nivel de agua del matraz con una pipeta.
- Determinar la masa total del matraz, con agregado fino y agua. ( $m_{m+ff+a}$ )
- Remover todo el agregado fino y agua del matraz, lavar el matraz.

- Secar el matraz a una temperatura de  $110 \pm 5^\circ \text{C}$  ( $230 \pm 9^\circ \text{F}$ ).
- Colocar el matraz en un ambiente fresco, durante  $1 \pm \frac{1}{2} \text{ h}$ , tomar la masa del matraz ( $m_m$ ).
- Determinar la masa del matraz con agua, llenándolo hasta su capacidad indicada ( $m_{m+a}$ ).
- Realizar el ensayo dos veces y promediar los resultados.

#### 4.1.7.4.3 Cálculos

- Masa de los finos:

$$m_f = m_m - m_{m+f}$$

Donde:

$m_f$  = Masa del agregado fino en g

$m_m$  = Masa del matraz en g

$m_{m+f}$  = Masa del matraz y agregado fino en g

- Gravedad específica:

$$g = [m_m / (m_f + m_{m+a}) - m_{m+f+a}] \times m_f$$

Donde:

G = Gravedad específica

$m_m$  = Masa del matraz en g

$m_f$  = Masa del agregado fino en g.

$m_{m+a}$  = Masa del matraz lleno con agua en g.

$m_{m+f+a}$  = Masa del matraz con agua y finos en g.

- Porcentaje de absorción:

$$\%, \text{ abs.} = [(m_n - m_{ss}) / m_{ss}] \times 100$$

Donde:

% abs. = Porcentaje de absorción en %.

$m_{ss}$  = Masa superficie seca saturada al aire en g.

$m_n$  = Masa natural de superficie seca saturada en g.

#### 4.1.7.4.4 Reportar

- Gravedad específica, lo más cercana a 0,01.
- Porcentaje de absorción, lo más cercana a 0,1%.
- Indicar si el agregado tuvo la humedad necesaria, o hubo procedimiento para obtenerla.

#### **4.1.7.5 Impurezas orgánicas en agregado fino para concreto, según norma ASTM C-40.**

Este procedimiento sirve para determinar la presencia de compuestos orgánicos dañinos en los agregados finos que son usados para cemento, morteros o concretos.

Las impurezas en el agregado fino bajan la resistencia a compresión del concreto, y afecta la hidratación del cemento. Para este ensayo se tomara una muestra de 450 g de agregado fino aproximadamente 1lb.

##### **4.1.7.5.1 Maquinaria y equipo**

- Probetas de vidrio, de 20 ó 16 oz, (U.S. fluidas); 350 ó 470 ml aproximadamente; incoloras, graduadas, con sección transversal ovalada, con tapón de seguridad.
- Probeta de vidrio, de 7 oz (U.S. fluidas); 200 ml aproximadamente.
- Balanza con capacidad de 1 kg y aproximación a 0,05kg (0,1lb).
- Hidróxido de sodio.
- Colorímetro, o dicromato potasico.
- Cucharón pequeño.

#### 4.1.7.5.2 Procedimiento

- Disolver 3 partes por peso de Hidróxido de sodio, en 97 partes de agua.
- Llenar la probeta con el agregado fino hasta 130 mL (4 ½ oz fluidas).
- Agregar la solución de hidróxido de sodio en la probeta que contiene el agregado fino, agitándola durante el llenado, hasta llegar a 200 mL (7 oz fluidas).
- Colocar el tapón de la probeta, y agitarlo vigorosamente, dejándolo reposar durante 24 horas.
- Aproximadamente 2 horas antes de su uso, disolver el reactivo de dicromato potasico en concentración de acido sulfúrico a una velocidad de 0,250 g/ 100mL de acido, usando si fuera necesario un calor suave para efectos de solución.
- Al finalizar las 24 horas de reposo. Llenar una probeta de 75 mL (2 ½ oz) con el reactivo de dicromato potasico, y comparar las dos probetas, observando la oscuridad o claridad del líquido.
- Para mayor precisión en el color del liquido se puede sustituir la solución de dicromato potasico por un colorímetro de 5 colores.
- Comparando así el liquido de la probeta de agregado fino, con el colorímetro, utilizando la siguiente tabla de colores para determinar el grado de contaminación en el agregado:

Colorímetro	Grado orgánico
No. estándar	
5	1
6	2
11	3 (estándar)
14	4
16	5

#### 4.1.7.5.3 Reportar

- Grado de contaminación si hubiese. Lo permisible es el grado 3.

#### 4.1.7.6 Abrasión e impacto para agregado grueso en la máquina de los Ángeles según, norma ASTM C 131.

Este procedimiento se realiza en agregado grueso para partículas que no sobrepasan 1 ½ “(37,5 mm) de tamaño, para la resistencia a la abrasión con efectos de impacto y fricción, utilizando la máquina de los Ángeles, que debido a la rotación del tambor de dicha máquina, provoca que el material y las esferas se impacten, ocasionando fracturas que hacen disminuir el tamaño de las partículas.

La prueba de abrasión, es el control de calidad de los agregados de procedencia triturada o de canto rodado, cuyos resultados sirven para la

elaboración de concretos, debido a que en el procedimiento de mezclado son sometidos a las mismas cargas, ya sea con pala o con mezcladora.

Si la cantidad de material requerido en cada tamiz no cumple con la granulometría que especifica la tabla en la norma, pero si contiene partículas mayores, es posible triturarlas para completar los pesos.

Para este ensayo se tomaran 5 000 gr de agregado grueso, clasificado según el tipo de abrasión.

#### **4.1.7.6.1 Maquinaria y equipo**

- Máquina de Los Ángeles (ver figura 11 anexo).
- Tamiz No. 12.
- Balanza con aproximación a 0,05kg (0,1lb).
- Esferas de acero de  $\varnothing 1 \frac{27}{32}$ " (46,8 mm), entre 390g y 445g de peso. La cantidad de esferas varía según el tipo de abrasión.

#### 4.1.7.6.2 Procedimiento

- Lavar el material, de impurezas.
- Secar el material al horno a 230°F (110°C), hasta llevarlo a su condición seca.
- Realizar una granulometría con una cantidad de material representativa, previamente cuarteada para obtener la cantidad retenida en cada tamiz, e identificar el tipo de abrasión.
- Pesar 5 000 g de material tamizado según el tipo de abrasión (ver tabla XI).
- Disgregar el material dentro de la máquina de Los Ángeles.
- Colocar dentro de la máquina de Los Ángeles las esferas de acero, según el tipo de abrasión (ver tabla XI).
- Iniciar la rotación de la Máquina de Los Ángeles de 30 rpm a 33 rpm equivalente a 500 revoluciones, con un tiempo estimado de 17 minutos (ver tabla XI).

Tabla XI. Graduación para tipo de abrasión, de agregado grueso.

Tipo	Tamaño de material retenido	Masa en (g) de cada tamaño	No. de esferas	Rev.	Tiempo (min)
A	1" 3/4" 1/2" 3/8"	1 250±10	12	500	17
B	1/2" 3/8"	2 500±10	11	500	17
C	1/4" 4"	2 500±10	8	500	17
D	# 8	5 000±10	6	500	17

- Colocar el material desgastado en el tamiz No. 12.
- Lavar el material, de impurezas.
- Secar el material al horno a 230°F (110°C).
- Pesar el material desgastado.

#### 4.1.7.6.3 Cálculos

- Porcentaje de desgaste:

Donde:

Pi = Peso inicial en kg

Pf = Peso final en kg

$$\% \text{ de desgaste} = \frac{(P_i - P_f)}{P_i} \times 100$$

#### **4.1.7.6.4 Reportar**

- Porcentaje de desgaste.

#### **4.1.8 Esfuerzo de compresión, en cilindros de concreto, según norma ASTM C-39.**

Los resultados de este método pueden ser usados como base para un control de calidad de la proporción del concreto, su resistencia a la compresión, mezclas y lugar de operación.

El esfuerzo que soportan los cilindros bajo carga de compresión no depende solamente del material de fabricación, depende de la proporción, forma de mezclar, tipo de bachada, temperatura, dimensiones, llenado, humedad durante el curado y edad de los mismos. Para este ensayo se tomara un cilindro de cada 10 semejantes, o tres cilindros por cada día.

##### **4.1.8.1 Maquinaria y equipo**

- Vernier con exactitud de 0,5 mm.
- Cinta métrica graduada en milímetros.

- Balanza con aproximación a 0,1lb (0,045kg).
- Olla para diluir azufre de 7 litros de capacidad. Molde para nivelación de cilindros.
- Azufre en polvo.
- Máquina para compresión de cilindros (ver figura 12 anexo).

#### 4.1.8.2 Procedimiento

- Remover la humedad almacenada durante el curando, con un paño húmedo, 1 hora antes de ser ensayado. El cilindro se ensaya húmedo.
- Medir dos diámetros del cilindro, lo más cercanos al centro.
- Medir la altura del cilindro, incluyendo las capas de la nivelación.
- Pesar el cilindro.
- Ensayar cada cilindro según el tiempo determinado, con un rango permisible:

Edad del cilindro	Tolerancia permisible
24 horas	$\pm 0,5$ h ó 2,1%
3 días	2 h ó 2,8%
7 días	6 h ó 3,6%

28 días

20 h ó 3,0%

90 días

2 días ó 2,2%

- Los extremos del cilindro deben ser perpendiculares al eje ( $\pm 0,5^\circ$ ) y plano (0,002”), al no cumplir este requerimiento, el cilindro debe nivelarse, el área de la nivelación no debe exceder el 10% del área del cilindro.
- Alinear el cilindro entre el centro del plato y la rotula en la máquina a compresión.
- Durante la aplicación de la primera mitad de la carga será permitida una alta velocidad, para concluir; aplicar la carga continuamente a 1,3 mm/min, hasta que el espécimen falle.
- Anotar la carga máxima, tipo de falla y apariencia del concreto

#### 4.1.8.3 Cálculos

- Esfuerzo de compresión:

$$\sigma_{\text{comp.}} = C_{\text{máx.}} / A$$

Donde:

$\sigma_{\text{comp.}}$  = Esfuerzo de compresión

C = Carga máxima (kg)

A = Área perpendicular a la carga (cm<sup>2</sup>)

Si la relación de la longitud dividida el radio es menor que 1,8, se debe multiplicar el esfuerzo obtenido por el factor, según el resultado de L/D:

L/D	1,75	1,50	1,25	1,00
FACTOR	0,98	0,96	0,93	0,87

Este factor es aplicado para concretos livianos de 1 600kg/m<sup>3</sup> y 1 920kg/m<sup>3</sup> y concreto normal. Los valores que no aparecen en la tabla deberán interpolarse. El factor será aplicado a esfuerzos de concreto entre 2 000 a 6 000 psi (13,8 a 41,4 MPa).

#### 4.1.8.4 Reportar

- Identificación del espécimen.
- Altura y diámetro, indicar si cumple con el rango 1,8Ø a 2,2Ø (plg o cm).
- Sección perpendicular (plg<sup>2</sup> o cm<sup>2</sup>).
- Esfuerzo a la falla (lbf o N).
- Tipo de fractura: cono; cono y división a lo largo, cono y ciza, ciza columnar.
- Defectos en el cilindro.
- Edad del cilindro.

## 5. PROPUESTAS DE FORMATO

### 5.1 Ensayo a tensión en barras de acero, según norma Coguanor NGO 36011.

Figura 7. Formato para ensayo a tensión en barras de acero.

<b>1.</b>	<b>Información general:</b>
	Proveedor:
	Número de colada:

<b>2.</b>	<b>Datos obtenidos:</b>					
	Longitud inicial (m)	corruga (mm)	Altura y diámetro (cm)	Diámetro inicial (cm)	Ancho de ribete (mm)	Masa (kg)
	Carga cedente (kg)	Carga máx. (kg)	Carga de ruptura (kg)	Elongación en 5%	Elongación en 20%	Diámetro final (cm)

<b>3.</b>	<b>Datos calculados:</b>				
	Masa unitaria kg/m	Área efectiva (cm <sup>2</sup> )	Diámetro inicial (mm)	Perímetro (cm)	Altura de corruga (mm)
	Ribete (cm)	$\sigma_{cedente}$ (MPa)	$\sigma_{máximo}$ (MPa)	$\sigma_{ruptura}$ (MPa)	

<b>4.</b>	<b>Conclusiones:</b>		
	Grado	No. de varilla	Tipo de corruga (X, V, espiral, lisa)

**5.2 Ensayo de compresión a ladrillos de barro cocido, según normas Coguanor 41022 y 41024 h1; h2; h4, modificado según estudio del CII (análisis completo)**

Figura 8. Formato para ensayo de compresión a ladrillos de barro cocido.

<b>1.</b>	<b>Información general:</b>							
	Proveedor:							
	Identificación del ladrillo:							
<b>2.</b>	<b>Datos Obtenidos:</b>							
	Longitud mayores (cm)		Longitud laterales (cm)		Ancho extremos (cm)		Ancho de caras mayores (cm)	
	Cara 1	Cara 2	Cara1	Cara 2			Cara 1	Cara 2
	Altura aristas (cm)		Altura extremos (cm)		$m_n$ (kg)	$m_h$ (kg)	$m_s$ (kg)	Carga compresión (kg)
	Cara 1	Cara 2						
<b>3.</b>	<b>Datos calculados:</b>							
	Longitud promedio (cm)	Ancho Promedio (cm)		Altura promedio (cm)	Área <sub>  </sub> (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Compresión (MPa)	% de abs.	
<b>4.</b>	<b>Conclusiones:</b>							
	Tipo		Grado			Clase		

**5.3 Ensayos de compresión para bloques huecos de hormigón según norma Coguanor 41054, 41056h1, 41056h2.Modificado, según estudio del CII (Análisis Completo)**

Figura 9. Formato para ensayo de compresión para bloques huecos de hormigón.

<b>1.</b>	<b>Información general:</b>									
	Proveedor:									
	Identificación del bloque:									
<b>2.</b>	<b>Datos obtenidos:</b>									
	Longitud (cm)		Altura (cm)		Ancho (cm)		Carga a compresión (kg)	Masa natural (kg)	Masa húmeda (kg)	Masa seca (kg)
	L1	L2	H1	H2	A1	A2				
<b>3.</b>	<b>Datos calculados:</b>									
	Promedio (cm)			Área bruta paralela (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo compresión (MPa)	% de absorción				
	Longitud	Ancho	Altura							
<b>4.</b>	<b>Conclusiones:</b>									
	Tipo			Grado			Clase			

**5.4 Ensayo a flexión y compresión para adoquines de concreto, según norma COGUANOR NGO 41086, norma DIN 18501, modificado según estudio del CII/USAC**

Figura 10. Formato para ensayo a flexión y compresión para adoquines de concreto.

<b>1. Información general:</b>						
Proveedor:						
Identificación del adoquín:						
Fecha de fabricación:						
Edad del adoquín:						
Apariencia inicial:						
<b>2. Datos obtenidos:</b>						
Longitud mayor (cm)	Ancho base menor (cm)	Altura (cm)	Masa natural (kg)	Masa húmeda (kg)	Masa seca (kg)	Carga de ruptura (kg)
<b>3. Datos calculados:</b>						
Esfuerzo a compresión		Esfuerzo a flexión		% de absorción		
(kg/cm <sup>2</sup> )	(MPa)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(MPa)			
<b>4. Conclusiones:</b>						
Tipo						

## 5.5 Ensayo a flexión e impacto para baldosas de cemento líquido, según norma FHA, modificado según estudio del CII.

Figura 11. Formato para ensayo a flexión e impacto para baldosas de cemento líquido.

<b>1. Información general:</b>								
Proveedor:								
Identificación de baldosa:								
Fecha de fabricación:								
Apariencia inicial:								
<b>2. Datos obtenidos:</b>								
Baldosa 1								
Longitud (cm)			Ancho (cm)			Altura (cm)		
L1	L2	L3	A1	A2	A3	H1	H2	H3
Masa natural (kg)		Masa húmeda (kg)		Masa seca (kg)	Luz (cm)		Carga a flexión (kg)	
Baldosa 2								
Bala (kg)			Altura de impacto (cm)			Espesor de pastina (cm)		
<b>3. Datos calculados:</b>								
Carga de ruptura (kg)	Promedios en (cm)			Esfuerzo a flexión		Energía Potencial (Joules)	% de abs.	
	Longitud	Ancho	Altura	(kg/cm <sup>2</sup> )	(MPa)			
<b>4. Conclusiones:</b>								
Espesor de pastina (cm)			Altura de impacto (cm)			Tipo		

## 5.6 Ensayo de rigidez norma ASTM D2412, para tubería blanca y norma ASTM F794 para tubería gris.

Figura 12. Formato para ensayo de rigidez para tubería PVC

<b>1.</b>	<b>Información general:</b>
	Proveedores:
	Identificación de tubo:
	Fecha de fabricación:
	Fecha de ensayo:

<b>2.</b>	<b>Datos obtenidos:</b>										
Longitud (cm)			Espesor pared (cm)			Diámetro interno (cm)			Carga de deformación (kg)		
S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3

<b>3.</b>	<b>Datos calculados:</b>																
Longitud promedio					Espesor de pared promedio						Diámetro interno promedio						
S1		S2		S3		S1		S2		S3		S1		S2		S3	
cm	plg	cm	plg	cm	plg	cm	plg	cm	plg	cm	plg	cm	plg	cm	plg	cm	plg
Deformación 5%									Rigidez al 5%								
S1		S2		S3		S1		S2		S3		S1		S2		S3	
cm	plg	cm	plg	cm	plg	kg/cm <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>

<b>4.</b>	<b>Conclusiones:</b>							
Tipo		Diámetro nominal (plg)		SDR	psi	Aprobación		
						S1	S2	S3

## 5.7 Ensayo de aplastamiento norma ASTM D 2241 para tubería blanca y ASTM F 794 para tubería gris

Figura 13. Formato para ensayo de aplastamiento para tubería PVC.

<b>1. Información general:</b>																	
Proveedores:																	
Identificación de tubo:																	
Fecha de fabricación:																	
Fecha de ensayo:																	
<b>2. Datos obtenidos:</b>																	
Longitud (cm)			Espesor pared (cm)			Diámetro interno (cm)			Carga de deformación (kg)								
S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3						
<b>3. Datos calculados:</b>																	
Longitud promedio						Espesor de pared promedio						Diámetro interno promedio					
S1		S2		S3		S1		S2		S3		S1		S2		S3	
cm	plg	cm	plg	cm	plg	cm	plg	cm	plg	cm	plg	cm	plg	cm	plg	cm	plg
Deformación del 40%									Deformación del 60%								
S1		S2		S3		S1		S2		S3		S1		S2		S3	
cm	plg	cm	plg	cm	plg	cm	plg	cm	plg	cm	plg	cm	plg	cm	plg	cm	plg
<b>4. Conclusiones:</b>																	
Tipo		Diámetro nominal (plg)		SDR		psi		Aprobación									
								S1		S2		S3					

## 5.8 Ensayo de resistencia a impacto: norma ASTM D2241 para tubería PVC blanca y ASTM D 3034 para tubería PVC gris

Figura 14. Formato para ensayo de resistencia a impacto para tubería PVC:

<b>1.</b>	<b>Información general:</b>
	Proveedores:
	Identificación de tubo PVC:
	Fecha de fabricación:
	Fecha de ensayo:

<b>2.</b>	<b>Datos obtenidos:</b>
	Energía potencial (pie/lbf)
	Masa de Bala (lbf)

<b>3.</b>	<b>Datos calculados:</b>
	Altura de Impacto (pie)

<b>4.</b>	<b>Conclusiones:</b>								
Aprobación de piezas de PVC ensayadas									
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10

## 5.9 Ensayo de presión interna norma ASTM D 2241

Figura 15. Formato para ensayo a presión interna de tubería PVC.

<b>1.</b>	<b>Información general:</b>									
	Proveedores:									
	Identificación de tubo PVC:									
	T1.									
	T2									
	T3									
	T4									
	T5									
	T6									
	T7									
	T8									
	T9									
	T10									
	Fecha de fabricación:									
	Fecha de ensayo:									

<b>2.</b>	<b>Datos calculados:</b>									
	Presión interna									
	T1		T2		T3		T4		T5	
	psi	MPa	psi	MPa	psi	MPa	psi	MPa	psi	MPa
	T6		T7		T8		T9		T10	
	psi	MPa	psi	MPa	psi	MPa	psi	MPa	psi	MP

<b>3.</b>	<b>Conclusiones:</b>									
	Tipo de falla en cada tubo									

## 5.10 Ensayo de Análisis Completo para agregado fino, según norma ASTM C 136

Figura 16. Formato para análisis completo de agregado fino

1. Granulometría:				4. Impureza Orgánica: Grado de contaminación:
Tamaño tamiz	Masa del materia l retenido	% de material retenido	% de material que pasa	
<b>No.4</b>				M.F.
<b>8</b>				
<b>16</b>				
<b>30</b>				
<b>50</b>				
<b>100</b>				
<b>Fondo</b>				

2. Masa unitaria:	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	
Masa del recipiente				
Masa recip+ mat.				
Masa del material				
Volumen del recipiente				% de vacios
Masa unitaria				

3. Gravedad específica:	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	
Masa de probeta				
Masa de probeta + material				
Masa de probeta + material + agua				
Masa de probeta + agua				
Masa del material seco saturado				% de abs.
Gravedad específica				

## 5.11 Ensayo de Análisis Completo para agregado grueso, según norma ASTM C 136

Figura 17. Formato para análisis completo de agregado grueso.

1. Granulometría:				
Tamaño de tamiz	Masa del materia l retenido	% de material retenido	% de material que pasa	
2"				
1 ½"				
1"				
¾"				
½"				
3/8"				
No. 4				
Fondo				
2. Masa unitaria:		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Masa del recipiente				
Masa recip+ mat.				
Masa del material				
Volumen del recipiente				
Masa unitaria				
				% de vacios
3. Gravedad específica				
Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3		
Masa natural				
Masa de superficie seca saturada				
Masa seca saturada sumergida				
Masa seca al horno				
Gravedad específica			% de abs.	
4. Abrasión e impacto:				
Tipo de abrasión				
Masa inicial				
Masa final				
% de desgaste				

## 5.12 Esfuerzo de compresión, en cilindros de concreto según norma ASTM C-39.

Figura 18. Formato para esfuerzo de compresión, en cilindros de concreto.

<b>1.</b>	<b>Información general:</b>
proveedor:	
Procedencia:	
Edad del cilindro:	
Fecha de ensayo:	

<b>2.</b>	<b>Datos obtenidos:</b>						
Diámetro		Altura +nivelada		Masa (kg)		Carga máxima	
cm	plg	cm	plg			kg	lb

<b>3.</b>	<b>Datos calculados:</b>						
Diámetro		Altura nivelada		Área perpendicular		$\sigma_{comp.}$	
cm	plg	cm	plg	$cm^2$	$Plg^2$	$kg/cm^2$	$Lb/plg^2$

<b>4.</b>	<b>Conclusiones:</b>
Tipo de fractura	

## CONCLUSIONES

1. Se determinaron, en base a los datos de los ensayos solicitados al CII/USAC durante cinco años, los cuadros estadísticos de demanda de servicios.
2. Parte de la formación es implementar nuevos ensayos en los laboratorios de cursos profesionales, como Materiales de construcción, el cual debe contener específicamente los materiales de mayor demanda en el mercado de la obra civil.
3. El CII/USAC cuenta con un gran respaldo en lo referente a ensayos de materiales de construcción a nivel nacional y Centro América. lo cual fue el motivo para tomarlo como fuente de información dentro del país.
4. Las características y especificaciones técnicas están regidas a normas establecidas para cada tipo de material, para obtener un resultado dentro de las especificaciones establecidas.
5. Los procedimientos y resultados de los ensayos, deben ser interpretados de una forma lógica y congruente, por lo que se proponen diseños de formatos de toma de datos.



## RECOMENDACIONES

1. Actualizar constantemente el Centro de Información a la Construcción con las normas utilizadas en los ensayos.
2. Para realizar las prácticas de laboratorio, programar grupos no mayores de 30 estudiantes por práctica.
3. Contar con más equipo de laboratorio para que el estudiante pueda manipularlo.
4. Colocar el proceso de ensayo de cada práctica de laboratorio en línea para ser consultado.
5. Insistir en la formación del estudiante, la importancia de comprobar la calidad de los materiales de construcción.
6. Implementar un cuadernillo de trabajo donde el estudiante lleve el proceso de ensayo, pueda a la vez anotar los cálculos, e interpretar los resultados de los ensayos.

7. Al implementar algún cambio en la norma referente al proceso de ensayo, se debe consultar y llegar a un acuerdo entre los interesados, el CII/USAC y otros participantes que conozcan sobre el tema.

## BIBLIOGRAFÍA

1. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, P.A. 1995 Annual book of ASTM Standards. Volumen 01.05 Steel- Bars. Easton.
2. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, P.A. 1995 Annual book of ASTM Standards. Volumen 04.02 Concrete and Aggregates. Easton.
3. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, P.A. 1995 Annual book of ASTM Standards. Volumen 08.04 Plastic Pipe and Building products. Easton. 1 234 pág.
4. Escuela De Ingeniería Civil. 2002 Manual De Laboratorio Del Curso De Materiales De Construcción. Guatemala. Universidad de san Carlos de Guatemala.
5. ELE Internacional Vividor Instrumentation Company. (s/f.) Equipos Para el Ensayo De Materiales De Construcción. EEUUA: 5ª. Ed.
6. Comisión Guatemalteca De Normas. 2005 Normalización En Guatemala. Guatemala: Ministerio De Economía. Dirección Del Sistema Nacional De Calidad.
7. Deutsche Norman DIN 18501 Pflisterstuits-Beton. Deutschland. 1 964.
8. Centro De Investigaciones De Ingeniería. 2004 Arancel, Guía De Ensayos y Precios. Guatemala: Universidad De San Carlos De Guatemala.

9. Centro De Investigaciones De Ingeniería. 2 005.Evaluación de características físicas de baldosas y ladrillos cerámicos.34-42. *Revista Científica*. 2(2).
  
10. <http://cii.usac.edu.gt> junio 2 006

## ANEXO

Tabla 1. Designaciones y requisitos dimensionales de las barras de acero corrugadas para hormigón armado, norma Coguanor NGO 36011.	119
Tabla 2. Requisitos de tensión y elongación de las barras de acero lisas y corrugadas para hormigón armado, norma Coguanor NGO 36011.	120
Tabla 3. Las barras de acero para hormigón armado, se clasificarán de acuerdo al límite de fluencia mínimo en los siguientes grados.	120
Tabla 1. Clasificación, designación y uso de los ladrillos de barro cocido, norma Coguanor NGO 41022.	121
Tabla 2. Dimensiones nominales de los ladrillos de barro cocido, norma Coguanor NGO 41022.	121
Tabla 3. Requisitos físicos de ladrillo de barro cocido, norma Coguanor NGO 41022.	122
Cuadro 1. Resistencia mínima a la compresión para cualquiera de los tres tipos de bloques huecos de hormigón, norma Coguanor NGO 41 054.	123

Cuadro 2. Máxima absorción de agua para bloques huecos de hormigón, de la clase A, es decir, destinados a soportar cargas, norma Coguanor NGO 41 054.	123
Cuadro 3. Medidas principales nominales de los bloques huecos de hormigón, norma Coguanor NGO 41 054.	124
Tabla 1. Clasificación de Bloques de concreto, según estudio CII/USAC.	124
Tabla 1. Medidas en mm para adoquines de concreto, norma DIN 18501.	124
Tabla 1. Estudio del CII/ USAC para adoquines de concreto.	125
Tabla 8.–VII FHA especificaciones para ladrillo de piso de cemento líquido.	125
Tabla 2. Mínimo esfuerzo de impacto, 73 ° F (23 ° C) para PVC gris, norma ASTM D 3034.	126
Tabla 5. Resistencia de impacto a 73 ° F (23° C) para PVC blanco, norma ASTM D 2241.	126
Tabla 4. Requerimientos de ruptura a presión en agua a 73 ° F (23 ° C) para PVC blanco, norma ASTM D 2241.	127
Tabla 1. Porcentaje mínimo de material fino, norma ASTM C 33.	127
Tabla 2. Grado de requerimiento para agregado grueso.	128

Figura 1. Máquina Universal con sistema para ensayo a tensión de barras de acero.	129
Figura 2. Máquina con sistema para compresión de ladrillos de barro.	129
Figura 3. Máquina con sistema para compresión de bloques de concreto.	130
Figura 4. Máquina Universal con sistema para flexión de adoquines.	130
Figura 4a. Determinación de las dimensiones de un adoquín y esquema del ensayo a flexión.	131
Figura 4b. Esquema de ensayo a flexión.	131
Figura 4c. Relación compresión-flexión: adoquines.	132
Figura 5. Máquina Universal con sistema para flexión de baldosa.	132
Figura 6. Sistema para impacto de baldosas.	133
Figura 7. Máquina Universal con sistema para compresión de tubo PVC.	133
Figura 8. Sistema para impacto de tubo PVC.	134

Figura 9. Tamizadora para agregado fino con tamices No.4, 8, 16, 30, 50,100 y fondo; con armadura.	134
Figura 10. Tamizadora para agregado grueso con tamices de 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", y No.4 y fondo.	135
Figura 11. Máquina de Los Ángeles para desgaste de agregados.	135
Figura 12. Máquina para compresión de cilindros.	136

Tabla 1. Designaciones y requisitos dimensionales de las barras de acero corrugadas para hormigón armado, norma Coguapor NGO 36011

Designación	Dimensiones nominales (1)										Corrugaciones			
	Masa unitaria		Diámetro		Área		Perímetro		Espaciament o máximo promedio		Altura mínima promedio		Ancho máximo del cordón de separación	
	kg/m	libras	mm	inches	cm <sup>2</sup>	inches <sup>2</sup>	cm	inches	cm	inches	cm	inches	cm	inches
2	0.249	0.167	6.35	0.250	0.317	0.05	1.99	0.785	-	-	-	-	-	-
3	0.560	0.376	9.53	0.375	0.713	0.11	2.99	1.178	0.666	0.262	0.038	0.015	0.363	0.143
4	0.994	0.668	12.70	0.500	1.267	0.20	3.99	1.571	0.889	0.360	0.061	0.020	0.485	0.191
5	1.552	1.043	15.88	0.625	1.981	0.31	4.99	1.963	1.110	0.437	0.071	0.028	0.607	0.239
6	2.236	1.502	19.05	0.750	2.850	0.44	5.98	2.356	1.333	0.525	0.097	0.038	0.726	0.286
7	3.042	2.044	22.23	0.875	3.881	0.60	6.98	2.749	1.564	0.612	0.112	0.044	0.846	0.334
8	3.973	2.670	25.40	1.000	5.067	0.79	7.98	3.142	1.778	0.700	0.127	0.050	0.973	0.383
9	5.060	3.400	28.65	1.125	6.447	1.00	9.00	3.534	2.005	0.790	0.142	0.056	1.095	0.431
10	6.404	4.303	32.26	1.270	8.174	1.27	10.10	3.926	2.288	0.889	0.163	0.064	1.237	0.487
11	7.907	5.313	36.81	1.410	10.072	1.56	11.20	4.319	2.507	0.987	0.180	0.071	1.372	0.540
14	11.364	7.650	43.00	1.650	14.522	2.25	13.50	5.300	3.010	1.185	0.216	0.085	1.646	0.646
18	21.299	13.600	57.30	2.257	25.814	4.00	18.00	7.090	4.013	1.580	0.269	0.102	2.195	0.864

(1) Las dimensiones nominales de una barra corrugada son equivalentes a aquéllas de una barra lisa, que tiene la misma masa unitaria que la barra corrugada.

Tabla 2. Requisitos de tensión y elongación de las barras de acero lisas y corrugadas para hormigón armado. Norma Coganor NGO 36011

Características		Grado del acero, Sistema Internacional (sistema inglés)				
		228 (33)	276(40)	345 (50)	414 (60)	
		Fabricadas a partir de lingote o palanquilla	Fabricadas a partir de lingote o palanquilla	Fabricadas a partir de riel de ferrocarril de sección T	Fabricadas a partir de lingote o palanquilla	Fabricadas a partir de riel de ferrocarril de sección T
Límite de fluencia, mínimo	En MPa	228	276	345	414	414
	En libras por pulgada cuadrada	33,000	40,000	50,000	60,000	60,000
Máxima resistencia a la tensión, valor mínimo	En MPa	379	483	552	621	621
	En libras por pulgada cuadrada	55,000	70,000	80,000	90,000	90,000
Elongación 203 mm (8 pulgadas), mínimo, en porcentajes para las siguientes designaciones:						
3		20	11	6	9	6
4, 5, 6		20	12	7	9	6
7		20	11	6	8	5
8		20	10	5	8	4.5
9		20	9	5	7	4.5
10		20	8	5	7	4.5
11		20	7	5	7	4.5
14, 18		20	-	-	7	-

Tabla 3. Las barras de acero para hormigón armado, se clasificarán de acuerdo al límite de fluencia mínimo en los siguientes grados:

Clasificación	
Según sistema internacional, SI	Según sistema inglés
Grado 228	Grado 33
Grado 276	Grado 40
Grado 345	Grado 50
Grado 414	Grado 60

Tabla 1. Clasificación, designación y uso de los ladrillos de barro cocido, norma Coguanor NGO 41022

Tipos	Grados	Clases	Usos
Tipo A, ladrillos hechos a máquina	1	Clase P, o perforado	Paredes con carga elevada, expuestas en sus dos caras, y clima lluvioso fuerte.
	2	Clase P, o perforado Clase T, o tubular	Paredes con carga moderada, expuestas en una cara, y clima con lluvia moderada.
	3	Clase P, o perforado Clase T, o tubular	Paredes con carga baja, expuestas en una cara, y clima con poca lluvia.
Tipo B, ladrillos hechos a mano	3	Clase M, o macizo (1)	Paredes sin carga, clima con poca lluvia. No aptos para paredes expuestas.

(1) el ladrillo de la clase en M o macizo, se conoce también con el nombre de "ladrillo tayuyo", y es fabricado solamente a mano.

Tabla 2. Dimensiones nominales de los ladrillos de barro cocido, norma Coguanor NGO 41022.

Tipo	Clase	Dimensiones, en cm		
		Largo	Ancho	Espesor
Tipo A, ladrillos hechos a máquina	Clase P, o perforado	23	11	6.5 (*)
		23	14	6.5 (*)
	Clase T, o tubular	23	11	6.5 (*)
		23	14	6.5 (*)
		29	11	6.5 (*)
		29	14	6.5 (*)
		29	11	9
		29	14	9
		29	14	11
		23	11	11
		29	14	14
		23	23	11
		Tipo B, ladrillos hechos a mano	Clase M, o macizo	23
23	14			6.5 (*)

(\*) Estas son las dimensiones más usadas, las demás dimensiones se fabrican a pedido especial, así como otras de uso menos frecuente, que no se indican en la tabla.

Tabla 3. Requisitos físicos de ladrillo de barro cocido, norma Coguanor NGO 41022.

Requisito	Tipo A, ladrillos hechos a máquina					Tipo B, ladrillos hechos a mano
	Clase P, o perforado			Clase T, o tubular		Clase M, o macizo
	Grado 1	Grado 2	Grado 3	Grado 2	Grado 3	Grado 3
Resistencia a la compresión, en megapascales, mínimo-promedio de cinco unidades-individuales.	12 9	8 6	4.5 3.5	7 6	4.5 3.5	4 3.5
Adherencia, en megapascales, mínimo - promedio de tres especímenes-especimen individual.	0.4 0.3	0.4 0.2	0.25 0.2	0.4 0.3	0.25 0.2	0.2 0.2
Absorción de agua en 24 horas, en porcentaje, máximo (1) -promedio de cinco unidades-individuales.	12 14	14 16	18 20	14 16	18 20	20 24
Tolerancia en las dimensiones, en milímetros, máximo	± 3	± 4	± 4	± 4	± 4	± 4
Razones de absorción (succión), en g/(min) (cm <sup>2</sup> ), máximo (2)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15

(1) Este requisito no servirá de base para rechazar un ladrillo toda vez éste cumpla con las demás especificaciones; sin embargo, se preferirá aún los ladrillos de menor absorción.

(2) Si los ladrillos tienen una succión mayor que 0.15 g/(min) (cm<sup>2</sup>) no se pueden obtener buenas juntas entre el mortero y el ladrillo, a menos que se humedezcan por inmersión en agua antes de ser colocados, y de preferencia con tres a 24 horas de anticipación, para que el agua se distribuya bien por todo el ladrillo.

Cuadro 1. Resistencia mínima a la compresión para cualquiera de los tres tipos de bloques huecos de hormigón, norma Coguanor NGO 41 054.

Clase y grado de los bloques	Resistencia mínima a la compresión, serán calculadas sobre la superficie bruta del bloque			
	Promedio de 5 bloques		De un sólo bloque	
	MPa	(psi)	MPa	(psi)
Clase A. Para soportar carga				
Grado 1. Para usos generales	6.9	(1000)	5.5	(800)
Grado 2. Para usos limitados	4.8	(700)	4.1	(600)
Clase B. Para no soportar carga				
Grado 2. Para usos limitados	2.5	(360)	2.1	(300)

Cuadro 2. Máxima absorción de agua para bloques huecos de hormigón de la clase A, es decir, destinados a soportar cargas, norma Coguanor NGO 41 054.

	Máxima absorción de agua, en kg de agua absorbida hasta saturación, por cada metro cúbico en bloque de hormigón seco, promedio de cinco bloques			
Grado	Bloque del tipo liviano		Bloque de tipo medio, menor de 2000 kg/m <sup>3</sup> hasta 1680 kg/m <sup>3</sup>	Bloques de tipo pesado, de 2000 kg/m <sup>3</sup> o más
	Menos de 1360 kg/m <sup>3</sup>	Menos de 1680 kg/m <sup>3</sup>		
Grado 1, para usos generales	-	288	240	208
Grado 2, para usos limitados (1)	320	-	-	-

(1)\* Los bloques clasificados como grado 2 se utilizan solamente en paredes exteriores sobre el nivel del piso, recubiertas sus caras con un revoque o repello protector contra las inclemencias del tiempo, así como en paredes no expuestas a la intemperie.

Cuadro 3. Medidas principales nominales de los bloques huecos de hormigón, norma Coguanor NGO 41 054.

Uso	Medidas principales nominales o modulares, en cm (1)			Medidas principales reales, en cm (1)		
	ancho	alto	largo	ancho	alto	largo
Bloque de pared o muro	20	20	40	19	19	39
	15	20	40	14	19	39
Medio bloque de pared o muro	20	20	20	19	19	19
	15	20	20	14	19	19
Bloque de tabique	10	20	40	9	19	39
Medio bloque de tabique	10	20	20	9	19	19

(1)\* Se recomienda que las medidas reales principales de los bloques sean tales, que, cualquiera de ellas, más la junta dé una medida modular.

Tabla 1. Clasificación de Bloques de concreto, según estudio CII/USAC.

Esfuerzo a compresión kg/cm <sup>2</sup>	Tipo de bloque	Uso
50	A	Muro de carga
35	B	Muro de carga
25	C	Muro de relleno
18	D	Muro de relleno

Tabla 1. Medidas en mm para adoquines de concreto, norma DIN 18501.

Tamaño	Ancho ±3mm	Largo ±3mm	Alto ±5mm
1	160	160	140
2	160	240	140
3	160	160	120
4	160	240	120
5	100	200	100
6	100	100	80

Tabla 1. Estudio del CII/ USAC para adoquines de concreto.

Tipo de tráfico	Módulo de ruptura kg/cm <sup>2</sup>	Compresión kg/cm <sup>2</sup>
Vehicular liviano	42	210
Vehicular pesado	51	280

Tabla 8.-VII FHA especificaciones para ladrillo de piso de cemento líquido.

Pruebas	Tipo	"A"	"B"	"C"
Espesor mínimo del ladrillo cms		2.3	2.3	2.3
Variación máxima en el largo y ancho cms		0.5	0.5	0.5
Espesor mínimo de la Pastina mm		2.5	2.5	2.5
Resistencia mínima flexión kg/cm <sup>2</sup>		35	25	15
Desgaste máximo mm		0.5	0.6	0.8
Altura mínima de Frac. Por impacto cms		18	14	10
Absorción agua en 24 horas %		15	20	25

El tipo aceptable a utilizarse es el "A".

El tipo "B" podrá aceptarse para casas cuya área de construcción no exceda de 70 m<sup>2</sup>.

El tipo "C" podrá aceptarse únicamente para patios o similares.

Adaptado de un estudio del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería.

Tabla 2. Mínimo esfuerzo de impacto, 73 ° F (23 ° C) para PVC gris, norma ASTM D 3034.

Tamaño nominal en pulgadas	Esfuerzo de impacto, pie·lbf (J)
4	100(136)
6	140 (190)
8	210 (284)
10 a 48	220 (299)

Tabla 5. Resistencia de impacto a 73 ° F (23° C) para PVC blanco, norma ASTM D 2241.

Tamaño en pulgadas	Resistencia a impacto, pie · lbf(J)/ todos los SDRs	Tamaño en pulgadas	Resistencia a impacto, pie · lbf(J)/ todos los SDRs
¼	10(13.6)	3 ½	70 (94.9)
½	10(13.6)	4	90 (122.0)
¾	15 (20.3)	5	100 (135.6)
1	20 (27.1)	6	120 (162.7)
1 ¼	20 (27.1)	8	160 (216.9)
1 ½	30 (40.7)	10	160 (216.9)
2	30 (40.7)	12	160 (216.9)
2 ½	40(54.2)	...	...
3	60(81.3)	...	...

Tabla 4. Requerimientos de ruptura a presión en agua a 73 ° F (23 ° C) para PVC blanco, norma ASTM D 2241.

SDR	Minima presión de ruptura			
	PVC 1120 PVC 1220 PVC 2120		PVC 2116 PVC 2112 PVC 2110	
	psi	MPa (bar)	psi	MPa (bar)
13.5	1000	6.89 (68.9)	800	5.52 (55.2)
17	800	5.52 (55.2)	630	4.34 (43.4)
21	630	4.34 (43.4)	500	3.45 (34.5)
26	500	3.45 (34.5)	400	2.76(27.6)
32.5	400	2.76 (27.6)	315	2.17 (21.7)
41	315	2.17 (21.7)	250	1.72 (17.2)
64	200	1.38 (13.8)	160	1.10(11.0)
La fibra en tensión usada para encontrar estas pruebas de presión, son las siguientes:				
		psi		MPa (bar)
	PVC 1120, PVC 1220, PVC 2120	6400		44.1 (441)
	PVC 2116, PVC 2112, PVC 2110	5000		34.5 (345)

Tabla 1. Porcentaje mínimo de material fino. Norma ASTM C 33

Tamiz, (especificación ASTM E-11)	Porcentaje que pasa el tamiz
3/8" (9,5 mm)	100
No. 4 (4,75 mm)	95 a 100
No.8 (2,36 mm)	80 a 100
No.16 (1,18 mm)	50 a 85
No.30 (600 μm)	25 a 60
No.50 (300 μm)	10 a 30
No.100 (150 μm)	2 a 10

Tabla 2. Grado de requerimiento para agregado grueso.

No. de tamaño	Tamaño de tamiz	4" mm	3 1/2" 90mm	3" 75 mm	2 1/2" 63mm	2" 50mm	1 1/2" 37,5 mm	1" 25,0 mm	3/4" 19,0 mm	1/2" 12,5 mm	3/8" 9,5 mm	No. 4 4,75 mm	No. 8 2,36 mm	No. 16 1,18 mm
1	3 1/2" a 1 1/2" (90 a 37.5 mm)	100	90 a 100	—	25 a 80	—	0 a 15	—	0 a 5	—	—	—	—	—
2	2 1/2" a 1 1/2" (63 a 37.5 mm)	—	—	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	—	0 a 5	—	—	—	—	—
3	2" a 1" (50 a 25.0 mm)	—	—	—	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	—	0 a 5	—	—	—	—
357	2" a No. 4 (50 a 4.75 mm)	—	—	—	100	95 a 100	—	35 a 70	—	10 a 30	—	0 a 5	—	—
4	1 1/2" a 3/4" (37.5 a 19.0 mm)	—	—	—	—	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	—	0 a 5	—	—	—
467	1 1/2" a 3/4" (37.5 a 19.0 mm)	—	—	—	—	100	95 a 100	—	35 a 70	—	10 a 30	0 a 5	—	—
5	1" a 1/2" (25.0 a 12.5 mm)	—	—	—	—	—	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	—	—	—
56	1" a 3/8" (25.0 a 9.5 mm)	—	—	—	—	—	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	—	—
57	1" a No. 4 (25.0 a 4.75 mm)	—	—	—	—	—	100	95 a 100	—	25 a 60	—	0 a 10	0 a 5	—
6	3/4" a 3/8" (19.0 a 9.5 mm)	—	—	—	—	—	—	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	—	—
67	3/4" a No. 4 (19.0 a 4.75 mm)	—	—	—	—	—	—	100	90 a 100	—	—	0 a 10	0 a 5	—
7	1/2" a No. 4 (12.5 a 4.75 mm)	—	—	—	—	—	—	—	100	90 a 100	—	0 a 15	0 a 5	—
8	3/8" a No. 8 (9.5 a 2.36 mm)	—	—	—	—	—	—	—	—	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Figura 1. Máquina Universal con sistema para ensayo a tensión de barras de acero.



Figura 2. Máquina con sistema para compresión de ladrillos de barro.



Figura 3. Máquina con sistema para compresión de bloques de concreto.



Figura 4. Máquina Universal con sistema para flexión de adoquines.

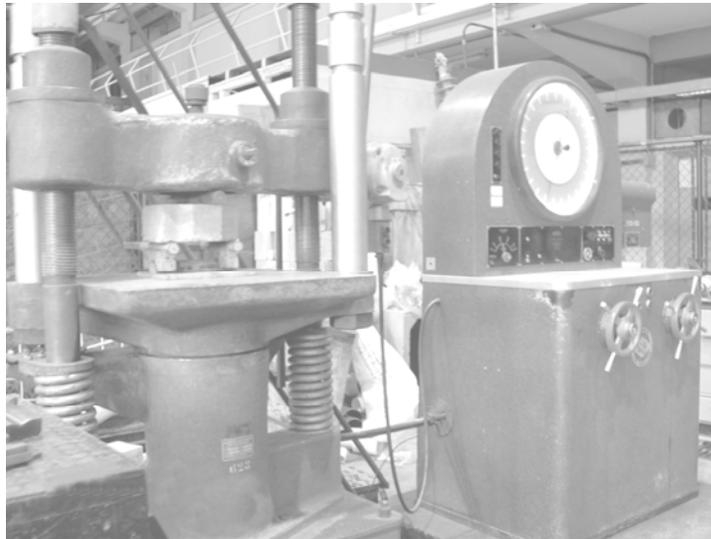


Figura 4a. Determinación de las dimensiones de un adoquín y esquema del ensayo a flexión.

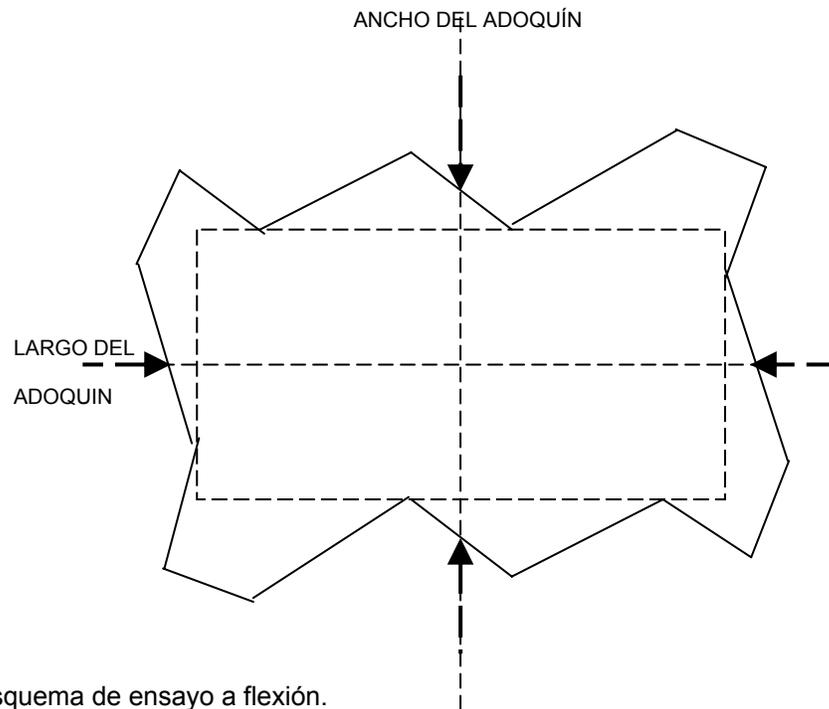


Figura 4b. Esquema de ensayo a flexión.

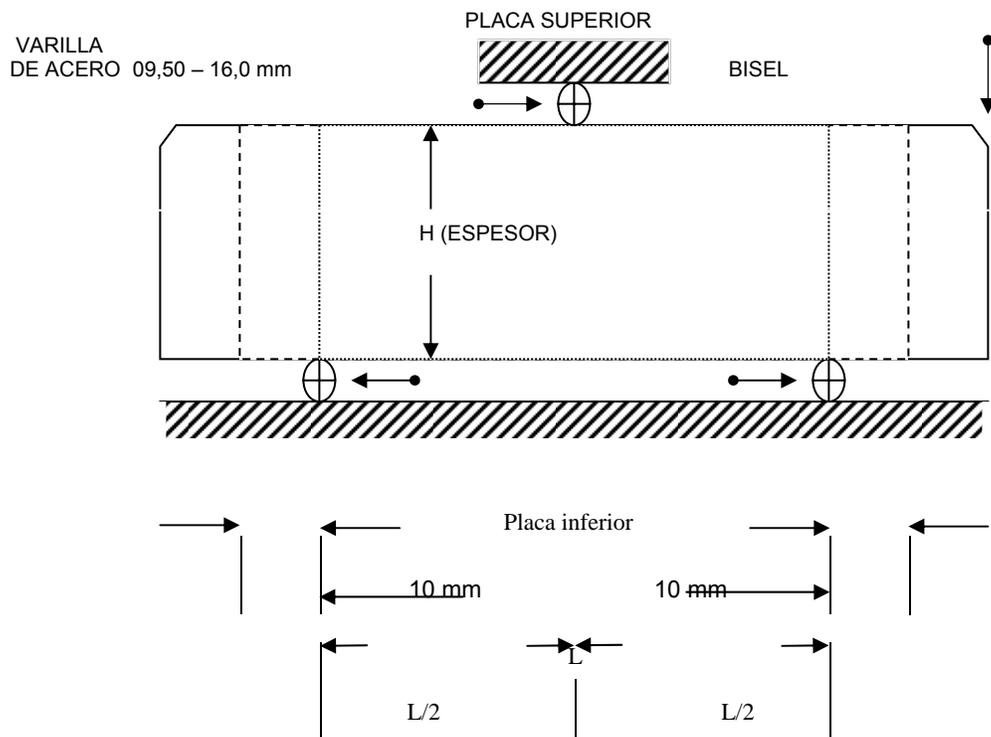
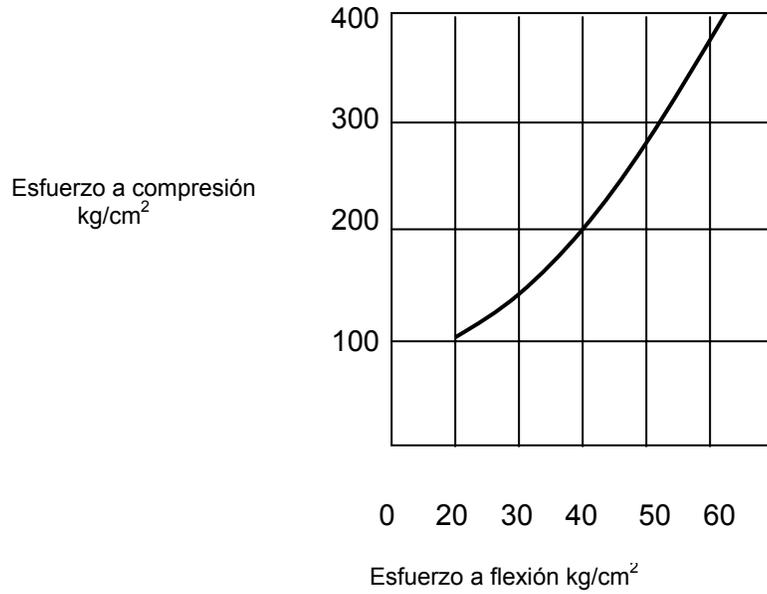


Figura 4c. Relación compresión-flexión: adoquines



$$\ln(\text{compresión}) = 3.89486 + 0.03417(\text{flexión})$$

Figura 5. Máquina Universal con sistema para flexión de baldosa.



Figura 6. Sistema para impacto de baldosas



Figura 7. Máquina Universal con sistema para compresión de tubo PVC.

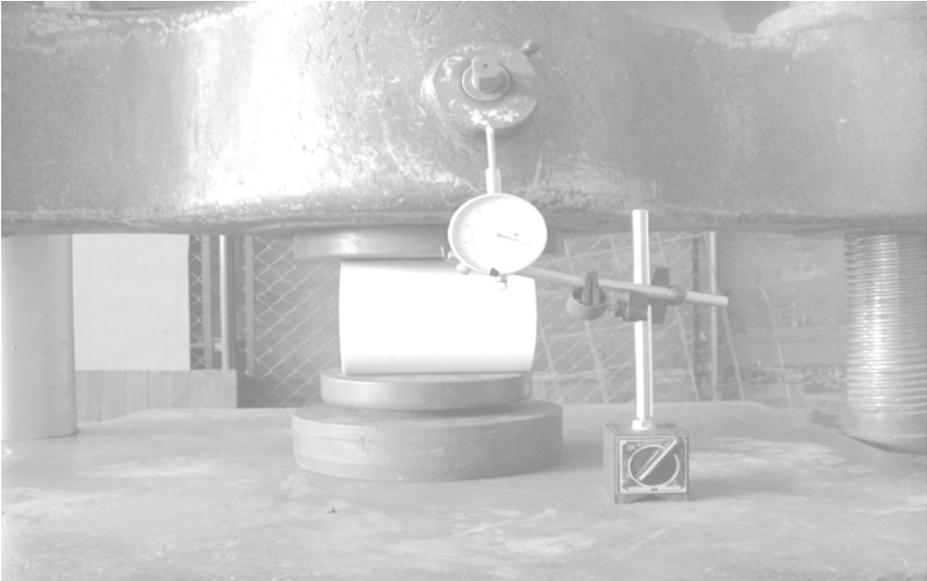


Figura 8. Sistema para impacto de tubo PVC.



Figura 9. Tamizadora para agregado fino con tamices No.4, 8, 16, 30, 50,100 y fondo; con armadura.



Figura 10. Tamizadora para agregado grueso con tamices de 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", y No.4 y fondo.



Figura 11 Máquina de Los Ángeles para desgaste de agregados.



Figura 12. Máquina para compresión de cilindros.

