



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

**CARACTERIZACIÓN FÍSICO MECÁNICA DE MORTEROS UTILIZANDO
AGREGADO DEL MUNICIPIO DE SAN CRISTÓBAL, ALTA VERAPAZ**

Sergio Gabriel Gómez Con

Asesorado por el Ing. Civil Sergio Vinicio Castañeda Lemus

Guatemala, marzo de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CARACTERIZACIÓN FÍSICO MECÁNICA DE MORTEROS
UTILIZANDO AGREGADO DEL MUNICIPIO DE SAN CRISTÓBAL,
ALTA VERAPAZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

SERGIO GABRIEL GÓMEZ CON

ASESORADO POR EL ING. CIVIL SERGIO VINICIO CASTAÑEDA LEMUS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MARZO DE 2006

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA**



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Augusto René Pérez Méndez
EXAMINADOR	Ing. Clery Uriel Gamarro Cano (†)
EXAMINADOR	Ing. Jorge Alberto Lam Lam
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:

CARACTERIZACIÓN FÍSICO MECÁNICA DE MORTEROS UTILIZANDO AGREGADO DEL MUNICIPIO DE SAN CRISTÓBAL, ALTA VERAPAZ,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 12 de septiembre de 2005.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a horizontal line with a scribbled area underneath.

Sergio Gabriel Gómez Con

DEDICATORIA A:

DIOS

Por acompañarme en todo momento y permitirme alcanzar la meta trazada.

MIS PADRES

Héctor Benjamín Gómez Recinos y Gilda Marina Con Morales, especialmente con todo amor para ustedes, gracias por ser mis formadores y brindarme en todo momento su amor.

MIS HERMANOS

Héctor, Oswaldo, Claudia, Pablo, Johana y Manolo.

MIS ABUELITOS

Benjamín Gómez, Tomasa Recinos, Juana Morales (†).

MIS SOBRINOS

Brandón, Lisbeth, Dulce y el bebé.

MIS CUÑADOS

Edgar, Eddy, Jannet y Silvia.

MIS AMIGOS

Por los momentos inolvidables que hemos vivido juntos en la cuadra, ayer hoy y siempre.

MIS COMPAÑEROS

Por los días de la U, especialmente a Alejandro, Ricardo, Alexis, Mauricio, Eduardo, Jacobo, Elder, Claudia, Gerson, Adán.

Al Instituto Técnico Vocacional “Dr. Imrich Fischmann”, la Facultad de Ingeniería y a la Universidad de San Carlos de Guatemala.

AGRADECIMIENTO A:

MI ASESOR

Ingeniero Sergio Vinicio Castañeda Lemus, por su valiosa colaboración en la realización de este trabajo, gracias por su motivación.

MI TÍO

Ingeniero Edwin Estuardo Gómez Recinos, por tus consejos en la carrera.

LOS INGENIEROS

Augusto René Pérez Méndez, Guillermo Enrique Anzueto Barrios y Freddy Enrique Sierra Och por la confianza, los consejos y el aprendizaje brindado a mi persona en los últimos años.

EL INGENIERO

Aroldo López y al Centro Universitario del Norte, por su valiosa aportación en el presente trabajo de graduación.

EL PROPIETARIO DEL BANCO Ediberto Pierri, por su valiosa colaboración.



Guatemala 20 de febrero de 2006

Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz
Coordinador del Área de Materiales
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Francisco Quiñónez.

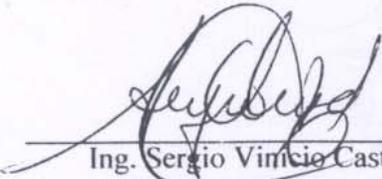
Me dirijo a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado **“Caracterización Físico Mecánica de Morteros Utilizando Agregado del Municipio de San Cristóbal, Alta Verapaz”**, elaborado por el estudiante universitario **Sergio Gabriel Gómez Con**, quien contó con mi asesoría.

Considero que el trabajo desarrollado por el estudiante **Sergio Gómez**, 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. Sergio Vinicio Castañeda Lemus
Asesor Trabajo de Graduación



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 22 de febrero de 2006

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

Ingeniero Escobar Álvarez.

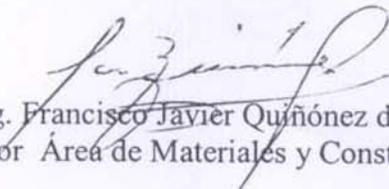
Me dirijo a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado **CARACTERIZACIÓN FÍSICO MECÁNICA DE MORTEROS UTILIZANDO AGREGADO DEL MUNICIPIO DE SAN CRISTOBAL, ALTA VERAPAZ**, elaborado por el estudiante universitario **Sergio Gabriel Gómez Con**, quien contó con la asesoría del Ingeniero Sergio Vinicio Castañeda Lemus..

Considero que el trabajo desarrollado por el estudiante **Gómez Con**, satisface los requisitos exigidos, por lo cual recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención a la presente.

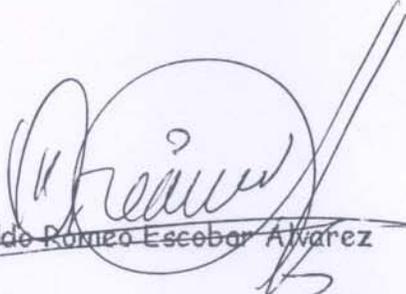
Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
Coordinador Área de Materiales y Construcciones Civiles



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Sergio Vinicio Castañeda Lemus y Coordinador del Área de Materiales y Construcciones Civiles, Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz, al trabajo de graduación del estudiante Sergio Gabriel Gómez Con, titulado CARACTERIZACIÓN FÍSICO MECÁNICA DE MORTEROS UTILIZANDO AGREGADO DEL MUNICIPIO DE SAN CRISTÓBAL, ALTA VERAPAZ, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez



Guatemala, marzo 2006.

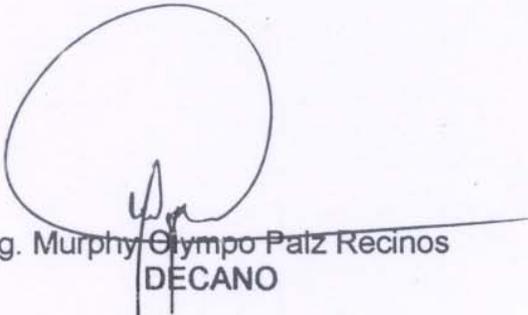
/bbdeb.



Ref. DTG. 051-2006.

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: **CARACTERIZACIÓN FÍSICO MECÁNICA DE MORTEROS UTILIZANDO AGREGADO DEL MUNICIPIO DE SAN CRISTÓBAL, ALTA VERAPAZ**, presentado por el estudiante universitario **Sergio Gabriel Gómez Con** procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olimpo Patz Recinos
DECANO

Guatemala, marzo 3 de 2,006



/gdech

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. GENERALIDADES DEL BANCO	1
1.1 Localización.....	1
1.2 Descripción del banco.....	2
1.2.1 Usos.....	3
1.3 Volumen.....	3
1.3.1 Metodología.....	5
1.3.1.1 Recopilación bibliográfica.....	5
1.3.1.2 Etapa de campo.....	5
1.3.1.3 Etapa de gabinete.....	5
1.3.2 Cálculo de volumen.....	6
1.3.2.1 Volumen extraído.....	6
1.3.2.2 Volumen de reservas.....	7
1.3 Aspectos geológicos de la zona.....	8
1.4.1 Geología estructural.....	8
1.4.2 Descripción litológica.....	10
2. GENERALIDADES DE LOS MORTEROS	13
2.1 Definición.....	13

2.2 Tipos	13
2.2.1 Morteros de levantado.....	13
2.2.2 Morteros para acabado.....	14
2.3 Tipos de morteros utilizados en Guatemala.....	15
2.3.1 Morteros mezclados en situ.....	15
2.3.2 Morteros premezclados.....	16
2.3.3 Morteros predosificados.....	16
2.4 Normas aplicables a los morteros.....	19
2.4.1 Normas nacionales.....	19
2.4.2 Normas internacionales.....	20
2.4.2.1 Normas europeas.....	20
2.4.2.2 Normas ASTM.....	21
2.4.2.2.1 Tipos de morteros según ASTM.....	23
2.4.2.2.2 Especificaciones por proporción y propiedades....	24
2.5 Cómo especificar un mortero.....	26
3. PROPIEDADES DE LOS MORTEROS.....	29
3.1 Propiedades en estado plástico.....	29
3.1.1 Trabajabilidad.....	29
3.1.2 Retención de agua.....	30
3.1.3 Contenido de aire.....	30
3.1.4 Masa Unitaria.....	30
3.1.5 Resistencia a la penetración.....	31
3.2 Propiedades en estado endurecido.....	31
3.2.1 Adherencia.....	31
3.2.2 Resistencia a compresión.....	32
3.2.3 Resistencia a tensión.....	33
3.2.4 Eflorescencia.....	33
3.2.5 Estabilidad volumétrica.....	34

3.2.6 Resistencia a corte.....	34
3.2.7 Resistencia a flexión.....	35
3.2.8 Permeabilidad.....	35
4. EVALUACIÓN DE LOS MORTEROS.....	37
4.1 Componentes del mortero.....	37
4.1.1 Cementos hidráulicos mezclados.....	37
4.1.1.1 Propiedades.....	38
4.1.2 Cal hidratada.....	38
4.1.2.1 Propiedades.....	39
4.1.3 Agregados.....	39
4.1.3.1 Propiedades.....	40
4.2 Componentes de los prismas.....	40
4.2.1 Block.....	40
4.2.1.1 Propiedades.....	41
4.3 Ensayos de morteros.....	41
4.3.1 Mortero para levantado.....	41
4.3.1.1 Estado plástico.....	41
4.3.1.1.1 Trabajabilidad, ASTM C-270.....	41
4.3.1.1.2 Retención de agua, ASTM C-91.....	41
4.3.1.1.3 Masa Unitaria, ASTM C-138	42
4.3.1.1.4 Contenido de aire, ASTM C-110.....	42
4.3.1.1.5 Resistencia a la penetración, ASTM C-403.....	42
4.3.1.2 Estado endurecido.....	43
4.3.1.2.1 Resistencia a compresión, ASTM C-109.....	43
4.3.1.2.2 Resistencia a tensión, ASTM C-190.....	43
4.3.1.2.3 Resistencia a flexión, ASTM C-348.....	43
4.3.2 Mortero para acabado.....	44

4.3.2.1 Estado plástico.....	44
4.3.2.2 Estado endurecido.....	44
4.3.2.2.1 Permeabilidad.....	46
4.4 Ensayo de prismas.....	47
4.4.1 Resistencia a compresión, ASTM E-447.....	47
4.4.2 Resistencia a corte, ASTM E 519.....	49
4.4.3 Adherencia.....	50
5. RESULTADOS.....	51
5.1 Tabulación de resultados.....	51
5.1.1 Ensayos a morteros.....	51
5.1.2 Ensayos a prismas.....	63
5.2 Análisis de resultados.....	65
5.2.1 Morteros.....	65
5.2.2 Prismas.....	68
CONCLUSIONES.....	69
RECOMENDACIONES.....	71
BIBLIOGRAFÍA.....	73
ANEXOS.....	75

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Localización del banco de explotación.....	1
2.	Clasificación del agregado en el lugar de extracción.....	3
3.	Puente nuevo, entrada a Cobán.....	4
4.	Viguetas para losas prefabricadas.....	4
5.	Mediciones realizadas para el cálculo de volumen	6
6.	Modelo de Elevación Digital del área de San Cristóbal (DEM)	8
7.	Área de falla vista hacia el WSW.....	9
8.	Área de falla vista hacia el WNW.....	9
9.	Vista aérea, donde se localiza el banco.....	11
10.	Moldes para ensayos: A ensayo a compresión, B ensayo a tensión, C ensayo a flexión, D masa unitaria.....	44
11.	Equipo para determinar la resistencia a la penetración del mortero...	45
12.	Tabla de escurrimiento con molde cónico y apisonador para determinar la trabajabilidad....	45
13.	Tubo karsten, ensayo permeabilidad, mortero de acabado.....	47
14.	Ensayo a compresión, se observa falla obtenida.....	48
15.	Ensayo a corte, se observa falla obtenida.....	49
16.	Ensayo de adherencia, se observa falla obtenida.....	50
17.	Gráfica resistencia a compresión, mortero de levantado, laboratorio..	55
18.	Gráfica resistencia a compresión, mortero de levantado, campo.....	55
19.	Gráfica resistencia a compresión, mortero de acabado.....	56
20.	Gráfica resistencia a tensión, mortero de levantado.....	58
21.	Gráfica resistencia a tensión, mortero de acabado.....	59

22.	Gráfica resistencia a flexión, mortero de levantado.....	60
23.	Gráfica resistencia a la penetración, mortero de levantado.....	61
24.	Gráfica resistencia a la penetración, mortero de acabado.....	62
25.	Aplicación del mortero de acabado, cernido vertical.....	68
26.	Informe de la sección de Metales y Productos Manufacturados de las unidades de mampostería.....	76
27.	Informe de la Sección de Aglomerantes, caracterización de los morteros evaluados.....	77
28.	Informe de la Sección de Aglomerantes, caracterización del cemento	82
29.	Informe de la Sección de Estructuras, ensayos de mampostería.....	83

TABLAS

I.	Proporciones de mortero investigadas en obras de construcción.....	15
II.	Proporciones volumétricas de los morteros para levantado en Guatemala.....	17
III.	Proporciones típicas en volumen de morteros para recubrimientos y acabados en Guatemala.....	18
IV.	Normas UNE relacionadas con morteros de albañilería.....	21
V.	Peso de los materiales de los morteros.....	25
VI.	Especificación de morteros por proporciones.....	25
VII.	Especificación de morteros por propiedades.....	26
VIII.	Guía para seleccionar morteros de mampostería.....	28
IX.	Ensayos físicos elaborados al cemento UGC.....	51

X.	Ensayos físicos elaborados a la cal hidratada.....	51
XI.	Granulometría agregado fino	52
XII.	Características físicas	52
XIII.	Resultados de unidades de mampostería.....	53
XIV.	Proporciones en peso y trabajabilidad de los morteros.....	53
XV.	Porcentaje de retención de agua.....	53
XVI.	Densidad y porcentaje de aire atrapado en el mortero.....	54
XVII.	Resistencia a compresión, mortero de levantado.....	54
XVIII.	Resistencia a compresión, mortero de acabado.....	56
XIX.	Resistencia a compresión, mortero de levantado, laboratorio y campo, mortero de acabado.....	57
XX.	Resistencia a tensión, mortero de levantado.....	57
XXI.	Resistencia a tensión, mortero de acabado.....	58
XXII.	Resistencia a tensión, morteros de levantado y acabado.....	59
XXIII.	Resistencia a flexión, mortero de levantado.....	60
XXIV.	Resistencia a la penetración, mortero de levantado.....	61
XXV.	Resistencia a la penetración, mortero de acabado.....	62
XXVI.	Permeabilidad, mortero de acabado.....	63
XXVII.	Pérdida del volumen de agua en un tiempo determinado, mortero de acabado.....	63
XXVIII.	Resultados ensayo a compresión prismas.....	64
XXIX.	Parámetros ensayo a compresión prismas.....	64
XXX.	Resultados ensayo a corte prismas.....	64
XXXI.	Parámetros de adherencia.....	65
XXXII.	Resultados ensayo de adherencia prismas.....	69
XXXIII.	Valores obtenidos del ensayo de adherencia.....	65

GLOSARIO

Agregado	Es el material inerte que, unido con un aglomerante en una masa conglomerada, forma concreto o mortero. Estos se dividen según su tamaño en finos y gruesos, el límite es el tamiz de 4.75 mm de abertura.
ASTM	Siglas en inglés que corresponden a la <i>AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS</i> -Sociedad americana para ensayos y materiales.
Brechas	Son conglomerados que se forman en los tramos altos de los ríos a base de cantos grandes y angulosos, los cuales no se han visto sometidos al desgaste producido por un transporte prolongado.
Calcita	Carbonato de calcio, muy abundante que cristaliza en formas del sistema hexagonal, generalmente, blanco puro, a veces transparente.
Caliza	Son rocas de origen sedimentario compuestas por calcitas en su mayor parte. El mármol, también, está muy relacionado con ella.

Caliza dolomítica	Calizas formada por el carbonato doble de calcio y magnesio. Es más común que la verdadera caliza.
Caliza silícea	Rocas calcáreas, que contienen cal, con cantidades variables de sílice amorfa.
COGUANOR	Siglas de la Comisión Guatemalteca de Normas.
Limonitas	Se forman de alteración de minerales que contienen hierro, una característica común de las limonitas es que todas dan rayas amarillas o pardo amarillentas.
Lutitas	Son rocas de grano muy fino, están cementadas por precipitación química y su porosidad puede llegar a ser inferior al 10 % cuando se produce la compactación de limos y arcillas.
Prisma de mampostería	Muestra representativa de la mampostería de un muro.
Volumen extraído	Es aquella porción de recurso medido que ya ha sido extraído, de acuerdo a un escenario productivo, medioambiental, económico y financiero, derivado de un plan minero.

Volumen de reserva

Es aquella porción de recurso medido extraíble, de acuerdo a un escenario productivo, medioambiental, económico y financiero, derivado de un plan minero.

RESUMEN

El presente trabajo contiene la evaluación a morteros de levantado y acabado en proporciones definidas, elaborados con agregados del banco localizado en San Cristóbal Verapaz, departamento de Alta Verapaz, para determinar sus características físicas y sus propiedades mecánicas por medio de la norma ASTM C-270, asimismo determinar el volumen del banco.

Se contó con la asesoría profesional del ingeniero geólogo Aroldo López catedrático del área de geología del Centro Universitario del Norte (CUNOR) de la USAC, para poder determinar el volumen extraído de material del banco, así como las reservas del mismo.

La metodología se basó en ensayos a dos tipos de morteros uno de levantado y otro de acabado, fueron evaluados a diferentes edades. También, se evaluó el desempeño del mortero de levantado a través de prismas de mampostería a las mismas edades de los morteros. Se realizaron dos aplicaciones del mortero de acabado en muros y se evaluó su comportamiento a lo largo de tres meses, sin que se notara algún deterioro.

En base a los resultados obtenidos, el mortero de levantado cumple con las especificaciones del mortero tipo N en lo referente a su resistencia a compresión y contenido de aire, no así en el resultado de retención de agua, el mortero de acabado cumple con las especificaciones de la norma ASTM C-270 y se puede clasificar como morteros tipo N y O.

OBJETIVOS

➤ **General**

Evaluar las características físicas y las propiedades mecánicas a morteros de levantado y acabado en proporciones definidas, mediante ensayos normalizados por la ASTM, utilizando agregados del municipio de San Cristóbal Verapaz, departamento de Alta Verapaz.

➤ **Específicos**

1. Determinar el volumen del banco.
2. Conocer las características físicas y las propiedades mecánicas de los morteros realizados.
3. Evaluar el mortero de levantado por medio de prismas, determinando su resistencia a corte, compresión y adherencia.
4. Clasificar los morteros según la norma ASTM C-270.
5. Ofrecer información técnica a los usuarios del material.

INTRODUCCIÓN

Los morteros son mezclas de materiales aglomerantes y agregados finos que, al añadirles agua, forman masas plásticas especiales para unión de unidades de mampostería o para revestimiento de las mismas.

En Guatemala, el acceso a sistemas constructivos para vivienda ha aumentado, sin embargo, el que predomina es la mampostería. No existe un solo mortero que sea aplicable para todo trabajo, al variar las proporciones mejoran unas propiedades a costa de otras, en esto influye también la calidad y tipo de los agregados que se utilicen. Los más comunes son aquellos que usan arena de río, arena amarilla o arena blanca, buscando aprovechar los materiales cercanos al proyecto en la mayoría de los casos.

El presente trabajo pretende evaluar mediante ensayos normalizados por la ASTM, siglas en inglés de la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales; las características físicas y las propiedades mecánicas a morteros de levantado y acabado en proporciones definidas con agregados de un amplio uso en la región de San Cristóbal Verapaz, departamento de Alta Verapaz y determinar si cumple con las especificaciones que se encuentran en las normas aplicables.

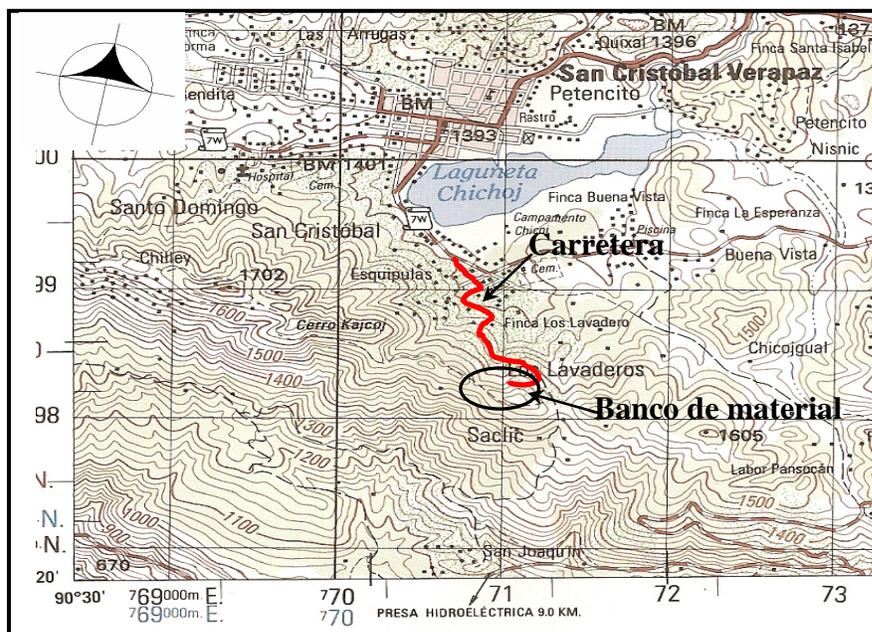
El fácil acceso al sitio en que se localiza el banco, cercano a la laguneta Chichoj lo convierte en uno de los materiales más utilizados en la región.

1. GENERALIDADES DEL BANCO

1.1 Localización

El banco se ubica en el km 203, municipio de San Cristóbal Verapaz, departamento de Alta Verapaz, el acceso es por la carretera Centroamericana CA 14 que conduce a Alta Verapaz y se debe cruzar en el Km. 197.5 a la carretera Nacional RN 7W que conduce a San Cristóbal Verapaz, el fácil acceso al banco que se localiza en el cerro Kajcoj cercano a la laguneta Chichojo lo convierte en uno de los materiales más utilizados tanto para agregado fino como grueso.

Figura 1. Localización del Banco de explotación.



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, hoja COBAN

1.2 Descripción del banco

Tiene una extensión de 96,862.20 m², una elevación de 1600.00 metros sobre el nivel del mar; el perfil ambiental de Guatemala clasifica el uso de tierra en esa región como clase VII que consiste en áreas con limitaciones de pendientes, que los hacen inadecuados para la siembra y limitan su uso a bosques nativos, esto se puede apreciar a los alrededores del banco¹. La explotación se inicio en el año de 1948, y la extracción de material ha sido constante, la demanda era mínima al inicio, hoy en día se extrae un promedio de treinta metros cúbicos diarios, el agregado que mayor demanda tiene es el agregado fino.

La extracción de dicho material se hace por medio artesanal, utilizando un sistema de cable sujetado desde la cúspide del lugar, y en el cual se coloca un mazo que al ser golpeado contra el material lo desprende, el material suelto es tamizado para poder clasificar el agregado fino, el resto se pasa por un canal el cual tiene diferentes aberturas y de esta manera se separan las diferentes medidas de agregados gruesos (3/8", 5/8" y 3/4").

En la actualidad el precio por metro cúbico es de Q 60.00 puesto en obra y Q 35.00 si este es cargado en el banco².

1

Ebal Abdiel Sales Hernández. **Perfil ambiental de Guatemala.**(Guatemala: Universidad Rafael Landivar, 2004).

2

Ediberto Pierri, Propietario del banco de materiales,2006. Comunicación personal.

Figura 2. Clasificación del agregado en el lugar de extracción.



1.2.1 Usos

Los agregados de este banco han sido utilizados en varias obras en la región, como las siguientes:

- Construcción del Puente Nuevo, entrada a Cobán, ver figura 3.
- Muros de contención en laguna artificial ubicada en la finca El Tirol, destinada a la producción del café.
- Tratamiento superficial ubicado en la carretera que va de San Pedro Carchá a Lanquin, una cantidad de 3,000 m³.
- Reposición de balasto a 40 Km. De carretera que va hacia Quixal, proyecto de mantenimiento a cargo del INDE.
- Construcción de viviendas de FOGUAVI ubicadas en la región, a cargo de la constructora San Miguel del Norte.
- Construcción de viguetas para losas prefabricadas, material utilizado por la empresa MATSAM (Materiales de San Marcos), ver figura 4.

Figura 3. Puente Nuevo, entrada a Cobán.



Figura 4. Viguetas para losas prefabricadas.



Fuente: MATSAM.

1.3 Volumen

1.3.1 Metodología

La metodología que se utilizó para el cálculo del volumen fue la siguiente:

1.3.1.1 Recopilación bibliográfica

En esta fase se investigó la literatura disponible sobre la geología del área, el análisis fotogeológico para la determinación de estructuras asociadas, contando con el apoyo del Centro Universitario del Norte (CUNOR) a través del Ingeniero geólogo Aroldo López catedrático de la carrera de geología.

1.3.1.2 Etapa de campo

Para complementar las observaciones fotogeológicas, se realizó una visita al área conjuntamente con el ingeniero Aroldo López y estudiantes del CUNOR, para tomar medidas y fotografías, por medio de estas técnicas se realizó el cálculo. Los instrumentos utilizados fueron brújula con clinómetro, cámara fotográfica, GPS(Sistema de posicionamiento global), cinta métrica, libreta, lupa, martillo.

1.3.1.3 Etapa de gabinete

Se realizó la tabulación de datos obtenidos en las fases anteriores, y conjuntamente con estudiantes de la carrera de geología del CUNOR se procedió a la elaboración de mapas del área con los programas de Autocad y de Arc Gis, y finalmente se calcularon los volúmenes.

1.3.2 Cálculo de volumen

1.3.2.1 Volumen extraído

En el banco actualmente se observa en ciertos lugares la pendiente original, por esta razón para poder realizar un estimado del volumen extraído, se consideró que la pendiente de la ladera antes de la extracción era constante, se tomaron medidas con cinta métrica y levantamiento de puntos con GPS, datos que posteriormente fueron procesados en los programas de computadora mencionados para realizar un modelo digital de elevación, y con este se obtuvo el volumen aproximado. El resultado obtenido es **79,904.51 m³**, de material extraído a la fecha.

Figura 5. Mediciones realizadas para el cálculo de volumen.



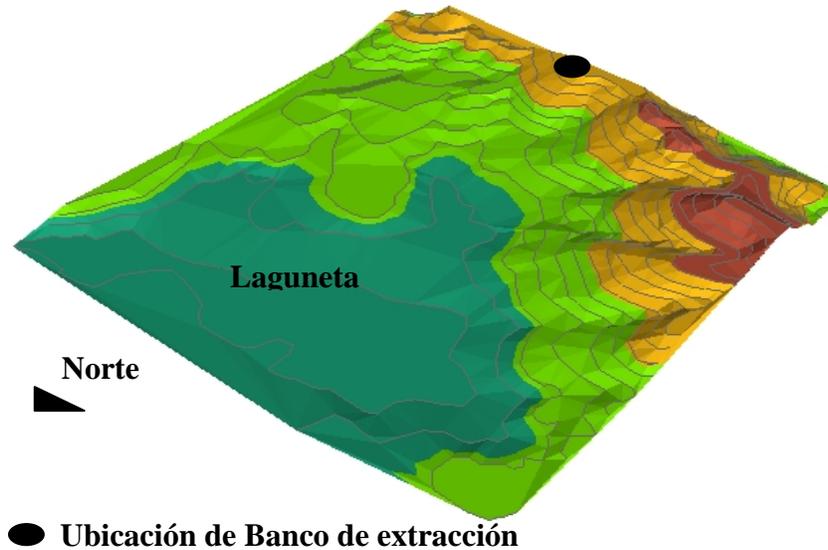
1.3.2.2 Volumen de reservas

Después de analizar fotos aéreas, mapas geológicos, realizar visitas al área para obtener medidas y fotografías, se estableció que el volumen de las reservas es abundante y el área de explotación es mucho mayor a los 96,862.20 m², se pudo observar que en otros lugares se está iniciando la explotación, por esta razón es necesaria una delimitación de un área mas grande que el banco donde actualmente se extrae el material, siendo 4 Km² en la cual se incluye el banco de San Cristóbal Verapaz, ver figura 6.

Para calcular el volumen se elaboró un modelo de elevación digital (DEM), auxiliado por las curvas de nivel que se encuentran en el mapa topográfico del Instituto Geográfico Nacional de la hoja Cobán, estas fueron trasladadas al programa de computación Arc Gis, y posteriormente con el modelo digital se procedió al cálculo del volumen de reserva del material auxiliado por el mismo programa.

La altura del banco se consideró a sesenta metros bajo el nivel del suelo, dando como resultado **8,268,216.82 m³** de material en reserva.

Figura 6. Modelo de Elevación Digital del área de San Cristóbal (DEM).



1.4 Aspectos geológicos de la zona

1.4.1 Geología estructural³

Regionalmente se asocia el área con la zona de falla Cuilco-Chixoy-Polochic de movimiento sinistral, los lineamientos principales que se observan además de las características evidentes Este-Oeste son de estructuras asociadas R y R' así como skampton identificados en fotografías aéreas. Estas estructuras, se encuentran asociadas al fracturamiento presente en el área de la cantera producto de la acción directa del sistema de fallas que se encuentra al sur de esta. En la traza de falla se encuentran dispersas distintas canteras que se benefician de la geología del lugar, una de las cuales es la del presente estudio.

3

Aroldo López, catedrático del área de geología. Centro Universitario del Norte.2005. Comunicación personal.

Figura 7. Área de falla vista hacia el WSW.

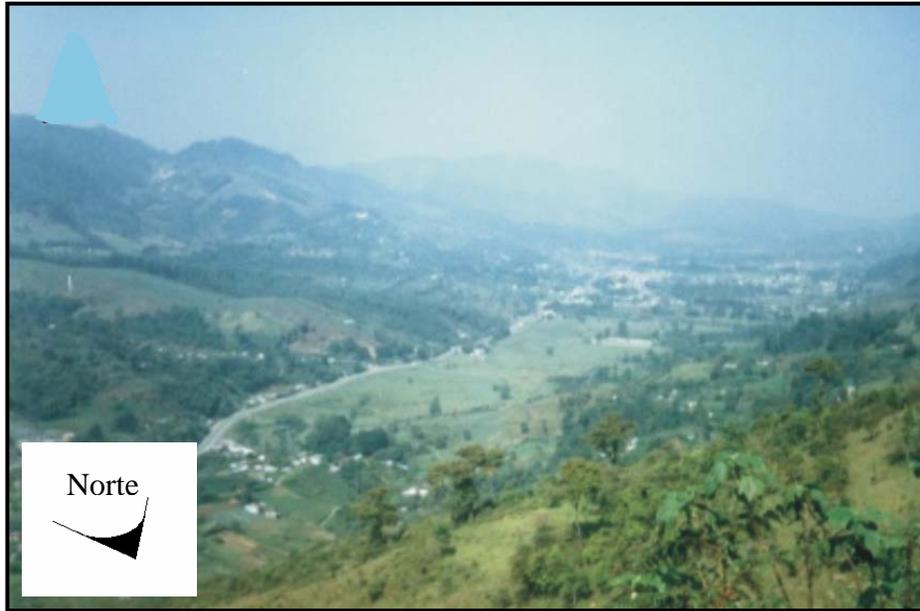


Figura 8. Área de falla vista hacia el WNW.



1.4.2 Descripción litológica

En el área aflora la formación Cobán según el mapa geológico y las observaciones realizadas en el campo, presentando esta en el lugar un alto grado de fracturamiento y meteorización, constando de calizas dolomitizadas con vetas de calcita sin fósiles visibles, esta formación se extiende sobre la localidad en un patrón este-oeste extendiéndose sobre la traza de falla Chixoy-Polochic, siendo esta la responsable del fracturamiento y fallamiento de estas rocas. La **Formación Cobán** es una caliza dolomítica masiva altamente recristalizada, como se ve en afloramiento a lo largo del margen sur del Bloque Maya. Brechas intraformacionales son comunes; éstas son predominantemente dolomíticas pero contienen calizas silíceas, y escasas lutitas y limonitas⁴.

El espesor de la unidad en la cantera no puede ser determinado puesto que los contactos están cubiertos pero se asume por las relaciones litológicas que su espesor real es superior de 300 m en la vertical, para la formación Cobán se han calculado espesores de 1,500 a 2000 metros⁴.

⁴
Donely.1960.

Figura 9. Vista aérea, donde se localiza el banco.



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, fotografía San Cristóbal Verapaz.

2. GENERALIDADES DE LOS MORTEROS

2.1 Definición

Un mortero es una mezcla de materiales aglomerantes y agregados finos, que al añadirles agua forman masas plásticas especiales para unión de unidades de mampostería, o para revestimiento de las mismas⁵.

2.2 Tipos de morteros

2.2.1 Mortero de levantado

Son aquellos cuyo fin principal es unir unidades de mampostería (ladrillos de barro cocido, bloques de concreto, piedras o adobes) y formar muros resistentes a cargas de diseño previamente establecidas.

Los morteros de levantado utilizados en Guatemala, generalmente se clasifican de acuerdo con la norma ASTM C270 Specification for mortar for unit masonry (Especificación para mortero de mampostería), aunque existen normas COGUANOR, ambas han sido utilizadas en investigaciones en anteriores trabajos de tesis.

5

Rubén Barahona Garrido. **Evaluación de los morteros premezclados para levantado en Guatemala.** (Guatemala: tesis, 1999).

2.2.2 Morteros para acabados

Los morteros para acabados tienen como finalidad principal, proteger el elemento estructural de las inclemencias del clima y la penetración del agua. Además brindan uniformidad, textura, color y belleza arquitectónica.

Usan como aglomerante principal la cal hidratada, ya que deben tener una capacidad de adherencia y plasticidad más alta que los morteros de levantado. Deben ser capaces de soportar los esfuerzos de tensión (originados por los movimientos del muro), y esfuerzos de contracción (originados por los cambios de temperatura), sin mostrar fisuras o agrietamientos. Esta clasificación abarca:

- Mezclas para repello, especiales para recubrimiento inicial o final de paredes y cielos.
- Cernidos, para acabado final de paredes, cielos y detalles.
- Blanqueado o alisado.
- Mezclón, para relleno, base de pisos y pañuelos en terrazas, etc.
- Escarchado, para acabados y detalles especiales en cenefas, sillares, etc.

2.3 Tipos de morteros utilizados en Guatemala

2.3.1 Morteros mezclados en situ

Son manejados de acuerdo al criterio de los maestros de obra y de los ingenieros supervisores a cargo, lo demuestra el estudio realizado en el trabajo de graduación del ingeniero Jorge Francisco Macal Rodríguez titulado “Morteros de Levantado para Mampostería en Áreas Urbanas”, en el cual se realizó una investigación de campo en 22 obras de construcción y los resultados obtenidos son once proporciones de morteros, las cuales fueron facilitadas por los maestros de obra, la proporción en volumen más utilizada es una de cemento y dos de arena de río (1:2).

Se requiere de una buena supervisión para los morteros mezclados en situ, debido a que pueden tener variaciones que afecten la productividad del albañil y su resistencia.

Tabla I. Proporciones de morteros investigadas en obras de construcción.

Proporciones de Morteros Investigadas en 22 obras de construcción								
Proporciones				Unidades de mampostería				Total
Cem	Cal	AR	AA	Ladrillo	Super Block	Ladrillo Tubular	Block	
1	1/2	2			1			1
1/8	1		3	1				1
1	1	2	2			1		1
1		2		2	2		6	10
1		3		2				2
2		3			1			1
1/4	1		2	1				1
1/2	1		2		1			1
1/8	1	2					2	2
1		2-1/2					1	1
1	1/2	3					1	1
Totales				6	5	1	10	22

Fuente: Macal Jorge, Morteros de Levantado para Mampostería en Áreas urbanas.

2.3.2 Mortero premezclado

Este mortero es dosificado y mezclado en una planta para luego ser llevado a las obras de construcción. Los ensayos muestran que el mortero premezclado tiene mejor trabajabilidad y una resistencia a compresión más uniforme. Los muros hechos con él tienen una permeabilidad menor que las hechas con mortero convencional mezclado en situ.

Un aditivo que prolongue el tiempo de fraguado es crítico en la producción de mortero premezclado. El aditivo mejora las propiedades del mortero en estado plástico y endurecido, aparte de la prolongación del tiempo de fraguado.

2.3.3 Mortero predosificado

Fueron objeto de estudio en el trabajo de graduación del ingeniero Rubén Barahona Garrido titulada “Evaluación de los morteros premezclados para levantado en Guatemala”, quien realizó una evaluación de las características físico mecánicas de los morteros predosificados para levantado.

Los morteros predosificados se trabajan de acuerdo a las especificaciones impresas en la bolsa, por lo que el control de calidad de este tipo de mortero es mas eficiente en las construcciones civiles.

Tabla II. Proporciones Volumétricas de los morteros para levantado en Guatemala.

Proporciones volumétricas de los morteros para levantado				
Proporciones de mezcla en volumen	Tipos de mortero (ASTM C270)			
	M 17.20 Mpa (2500 Psi)	S 12.40 Mpa (1800 Psi)	N 5.20 Mpa (750 Psi)	O 2.40 Mpa (350 Psi)
-A- c: AR	1:2 1:2 1/2 1:3	1:3 1/2 1:4	1:6	
-B- c:Cal:AR	1:1/4:2 1:1:4 1:1:2 1:1/3:4 1:1/2:2	1:1/2:4 1/2 1:1/3:5 1:1/4:4	1:1:6	1:3:12
-C- c:Cal:AP	1:2:6 1:2M (1-3)	1:2:2 1:3:6 1:2:9 1:4:12 1:3:9 1:1M (1-1) 1:2M (1-2) 1:4M (1-3) 1:3M (1-3) 1:3M (1-4)	1:5:10 1:6:18 1:5M (1-2) 1:6M (1-3) 1:5M (1-3)	
-A- Morteros cemento-Arena de Río -B- Morteros cemento-Cal-Arena de Río -C- Morteros cemento-Cal-Arena Pómez			c- Cemento Cal- Cal hidratada en polvo AR- Arena de Río AP- Arena Pómez M- Mezcla Cal - Arena	

Fuente: Barahona Rubén, Evaluación de los Morteros Premezclados para Levantado en Guatemala.

Tabla III. Proporciones típicas en volumen de morteros para recubrimiento y acabados en Guatemala.

Proporción típica en volumen de morteros para recubrimiento y acabados en Guatemala					
Denominación	Cemento	Cal Hidratada	Arena de Río	Arena Pómez Blanca	Arena Pómez Amarilla
Repello	1/3 1/2	1 1			3 (1) 4 (1)
Cernido Vertical	1/4	1		1 (2)	
Cernido Remolineado	1/4	1		3 (2)	
Blanqueado	1/16 1/4	1 1		1/4 (2) 1/2 (2)	
Escarchado		1 1		1/3 (2)	
Mezclón	1/2	1		5 (3)	
(1) Cernida en tamiz # 4 (Malla 1/4")					
(2) Cernida en tamiz # 16 (Malla 1/16")					
(3) Cernida en tamiz # 3/8 (Malla 3/8")					

Fuente: Barahona Rubén, Evaluación de los Morteros Premezclados para Levantado en Guatemala.

2.4 Normas aplicables a los morteros

2.4.1 Normas nacionales⁶

La comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR), organismo nacional de normalización, ha desarrollado el trabajo de normalización desde hace más de cuarenta años, a pesar de ello este tema es poco conocido para los sectores públicos, su actividad principal es la elaboración de normas nacionales en las diferentes áreas, siendo 87 normas COGUANOR vigentes relacionadas con la Industria de la Construcción que a su vez se dividen en 20 especificaciones, 62 métodos de ensayo, 4 de muestreo y 1 de otros. En lo que corresponde a normas aplicables a los morteros existen muy pocas las cuales son las siguientes:

- NGO 41 002 1ª revisión Cementos Hidráulicos. Mezcla mecánica de pastas y morteros de consistencia plástica.
- NGO 41 003 h3 Cementos Hidráulicos. Determinación del contenido de aire en los morteros.
- NGO 41 003 h4 Cementos Hidráulicos. Determinación de la resistencia a la compresión de los morteros usando especímenes cúbicos de 50 mm. de lado.
- NGO 41 014 h5 Cemento Portland. Determinación de la expansión potencial de los morteros de cemento Portland expuesto al sulfato.
- NGO 41 014 h7 Cemento Portland. Determinación de sulfato de calcio en mortero de cemento Portland hidratado.
- NGO 41 014 h8 Cemento Portland. Medición del encogimiento por desecación del mortero que contiene cemento Portland.

⁶

Dirección del sistema de nacional de calidad, comisión guatemalteca de normas.

- NGO 41 017 h3 Hormigón. Determinación del cambio de longitud del mortero de cemento y de hormigón endurecido.
- NGO 41 020 h4 Cal Hidratada. Determinación de aire atrapado en los morteros.
- NGO 41 058 Cementos Hidráulicos y hormigón. Aparatos para mediciones de cambios de longitud de hormigón, mortero y pasta de cemento endurecidos, especificaciones.
- NGO 41 066 Agregados o áridos. Especificaciones de los agregados para morteros de albañilería.

2.4.2 Normas internacionales

2.4.2.1 Normas europeas⁷

El enfoque actual consiste en combinar el instrumento oficial de las directivas con normas europeas de aplicación voluntaria. Por tanto los países europeos están regulando los mismos riesgos, por lo que deben reconocer las normas técnicas de los otros países como equivalentes a las suyas.

Los organismos de normalización europeos definen los requisitos esenciales que han de cumplir las grandes familias de productos, dejando que sean los mismos fabricantes quienes decidan cuales son los medios técnicos necesarios para satisfacer estas exigencias. Por ejemplo en España las normas europeas se conocen como normas UNE y son aprobadas por la Asociación Española de Normas (AENOR).

⁷

Asociación española de normas.

Tabla IV. Normas UNE relacionadas con morteros de albañilería.

UNE 83800:1994 EX.	Morteros de Albañilería. Definiciones y Especificaciones
UNE-EN 1015-1:1999.	Métodos de Ensayo para Morteros de Albañilería. Parte 1: Determinación de la Distribución granulométrica (por tamizado)
UNE-EN 1015-2:1999.	Métodos de Ensayo para Morteros de Albañilería. Parte 2: Toma de Muestras Total de Morteros y preparación de los morteros para ensayo
UNE-EN 1015-3:1999.	Métodos de Ensayo para Morteros de Albañilería. Parte 3: Determinación de la consistencia del Mortero Fresco (por la mesa de sacudidas)
UNE-EN 1015-4:1999.	Métodos de Ensayo para Morteros de Albañilería. Parte 4: Determinación de la consistencia del Mortero Fresco (por penetración de pistón)
UNE-EN 1015-6:1999.	Métodos de Ensayo para Morteros de Albañilería. Parte 6: Determinación de la Densidad aparente del Mortero Fresco
UNE-EN 1015-7:1999.	Métodos de Ensayo para Morteros de Albañilería. Parte 7: Determinación del contenido en aire en el Mortero Fresco
UNE-EN 1015-9:1999.	Métodos de Ensayo para Morteros de Albañilería. Parte 9: Determinación del período de trabajabilidad y del tiempo abierto del Mortero Fresco
UNE-EN 1015-10:1999.	Métodos de Ensayo para Morteros de Albañilería. Parte 10: Determinación de la densidad aparente en seco del Mortero
UNE-EN 1015-11:1999.	Métodos de Ensayo para Morteros de Albañilería. Parte 11: Determinación de la densidad aparente en seco del Mortero Endurecido
UNE-EN 1015-12:1999.	Métodos de Ensayo para Morteros de Albañilería. Parte 12: Determinación de la resistencia a la adhesión de los morteros de revoco y enlucido endurecidos y aplicados
UNE-EN 1015-17:1999.	Métodos de Ensayo para Morteros de Albañilería. Parte 17: Determinación del contenido en cloruros solubles en agua en los morteros frescos
UNE-EN 1015-19:1999.	Métodos de Ensayo para Morteros de Albañilería. Parte 19: Determinación de la permeabilidad al vapor de agua de los morteros endurecidos de revoco y enlucido
UNE-EN 1015-19:1999 ERRATUM	Métodos de Ensayo para Morteros de Albañilería. Parte 19: Determinación de la permeabilidad al vapor de agua de los morteros endurecidos de revoco y enlucido

Fuente: Asociación española de normas (AENOR)

2.4.2.2 Normas ASTM

Las normas ASTM (American Society for Testing and Materials), son las que generalmente se utilizan en Guatemala.

Se presentan las principales normas ASTM relacionadas con los morteros⁸:

- ASTM C-5 Specification for Quicklime for structural purposes (Especificación para cal viva para uso estructural)
- ASTM C-91 Specification for masonry cement (Especificación para cemento de mampostería)
- ASTM C-136 Test for Sieve or screen análisis of fine and coarse aggregate (Ensayo de granulometría de agregados finos y gruesos)
- ASTM C-144 Specification for aggregate for masonry mortar (Especificación para agregados de morteros de mampostería)
- ASTM C-150 Specification for Pórtland cement (Especificación para cemento Portland)
- ASTM C-207 Specification for hydrated lime for masonry purposes (Especificación para cal hidratada de uso de mampostería)
- ASTM C-270 Specification for mortar for unit masonry (Especificación para mortero de mampostería)
- ASTM C-780 Method for preconstruction and construction avaluación of mortars for plain and reinforced unit masonry (Método para la evaluación de morteros, antes y durante la construcción, para mampostería sola o reforzada)
- ASTM C-887 Especification for packaged, dry, combined materials for surface bonding mortar (Especificación para materials combinados, secos y empacados para morteros de adhesión superficial)
- ASTM C-952 Test method for bond strenght of mortar to masonry Units (Método de ensayo de la resistencia a la adherencia del mortero a las piezas de mampostería)

8

American Society for Testing and Materials. Annual Book of ASTM Standards. Volumen 04.01 y 04.02 EEUU. 2002

- ASTM C-1072 Method for measurement of masonry flexural bond strength (Método de medición de la resistencia a la flexión de la adherencia de la mampostería)
- ASTM C-1142 Specification for ready-mixed mortar for unit masonry (Especificación para mortero pre-mezclado de mampostería).

2.4.2.2.1 Tipos de morteros según ASTM⁹

Las letras de designación para los morteros son M, S, N, y O., se obtuvieron de las palabras inglesas “Mason Work”. Estos tipos de mortero pueden ser especificados por proporción o por propiedades, pero no por ambas cosas. La especificación por proporción rige siempre que se hace referencia a la norma ASTM C-270 y no se menciona un método específico.

Una regla práctica es usar el mortero con la resistencia más baja que se ajuste a los requisitos del trabajo. Hay un tipo para cada aplicación o uso.

- Tipo M, es una mezcla de alta resistencia que ofrece más durabilidad que otros morteros, su uso es para mampostería reforzada o sin refuerzo sujeta a grandes cargas de compresión, acción severa de congelamiento, altas cargas laterales de tierra, vientos fuertes o temblores.
- Tipo S, alcanza alta resistencia de adherencia, la más alta que un mortero puede alcanzar, su uso es para estructuras sujetas a cargas compresivas normales, que a la vez requieren alta resistencia de adherencia.

9

Christine Beall, “Mortero cómo especificar y utilizar mortero para mampostería”, **Revista The Aberdeen Group**, 1994.

- Tipo N, es un mortero de propósito general a ser utilizado en estructuras de mampostería sobre el nivel del suelo. Es bueno para enchapes de mampostería, paredes internas y divisiones, este mortero de mediana resistencia presenta la mejor combinación de resistencia, Trabajabilidad y economía.
- Tipo O, es un mortero de baja resistencia y mucha cal, se usa en paredes y divisiones sin carga, y para revestimiento exterior que no se congela cuándo está húmedo.

2.4.2.2 Especificación por proporción y propiedades

La clasificación del tipo de mortero bajo la especificación de propiedades depende de la resistencia a la compresión, la retención de agua y el contenido de aire. Estos requisitos son para especímenes de laboratorio solamente y no para morteros mezclados en obra. Las proporciones de cemento, cal y arena establecidas en el laboratorio para cumplir la norma ASTM C-270 deben ser empleadas al mezclar el mortero en obra. Se asume que las proporciones establecidas en el laboratorio darán un comportamiento satisfactorio en obra.

El mortero especificado por proporción debe cumplir con los requisitos de la tabla de proporciones basados en los pesos de los materiales establecidos en dicha norma. La relación entre la cantidad de material cementante y los agregados es generalmente menor usando la especificación por propiedades que usando la de proporción. Los diseñadores tienden a usar más la especificación por propiedades porque el mortero generalmente resulta ser más barato.

Tabla V. Peso de los materiales de los morteros.

Peso de los Materiales del Mortero	
Material	masa (kg/m3)
Cemento Portland	1505
Cemento mezclado	peso impreso en el saco
Cemento de mampostería	peso impreso en el saco
Cal hidratada	640
Cal plástica	1280
Arena, húmeda suelta	1280

Fuente: Norma ASTM C-270-03, página 147

Tabla VI. Especificación de morteros por proporciones.

Especificación por Proporciones					
Mortero	Tipo	Proporciones por volumen (materiales cementantes)			Relación de agregados (Medida en condición húmeda y suelta)
		Cemento portland o mezcla de cemento	Cemento de mampostería M S N	Cal hidratada o apagada	
Cemento y cal	M	1	---	1/4.	No menor que 2.25 y no mayor que 3.5 veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes
	S	1	---	de 1/4 a 1/2	
	N	1	---	de 1/2 a 1-1/4	
	O	1	---	de 1-1/4 a 2-1/2	
Cemento de mampostería	M	1	-- 1	--	
	M	--	1 --	--	
	S	1/2.	-- 1	--	
	S	--	-- 1	--	
	N	--	-- 1	--	
	O	--	-- 1	--	

Nota: Nunca deben combinarse dos materiales inclusores de aire en un mortero.

Fuente: Norma ASTM C-270-03, tabla No 1

Tabla VII. Especificación de morteros por propiedades.

Especificación por Propiedades (a)					
Mortero	Tipo	Resistencia mínima promedio a compresión a 28 días Kg/cm² y Mpa	Retención mínima de agua (%)	Contenido máximo de aire (%)	Relación de agregados (medida en condición húmeda y suelta)
Cemento-cal	M	176 (17.2)	75	12	No menor de 2.25 y no mayor que 3.5 veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes.
	S	127 (12.4)	75	12	
	N	53 (5.2)	75	14b	
	O	25 (2.4)	75	14b	
Cemento de mampostería	M	176 (17.2)	75	c	
	S	127 (12.4)	75	c	
	N	53 (5.2)	75	c	
	O	25 (2.4)	75	c	

a Mortero preparado en laboratorio

b Cuando se coloca acero estructural en el mortero de cemento y cal, el contenido máximo de aire debe ser 12%.

c cuando se coloca acero estructural en el mortero de cemento de mampostería, el contenido máximo de aire debe ser 18%.

Fuente: Norma ASTM C-270 –03, tabla No 2

2.5 Como especificar un mortero¹⁰

Muchos arquitectos e ingenieros solicitan que el mortero cumpla con las especificaciones de la norma ASTM C-270, esta no es suficiente, ya que solo presenta las propiedades y proporciones para cuatro tipos genéricos de mortero. Pueden usarse con cemento Pórtland o con cementos de mampostería.

¹⁰

Colin C. Munro, "Mortero cómo especificar y utilizar mortero para mampostería", **Revista The Aberdeen Group**, 1994.

Bajo estas especificaciones cada tipo de mortero debe tener una resistencia mínima a la compresión, mínima retención de agua y máximo contenido de aire. Estas especificaciones se refieren solamente a los morteros hechos en laboratorio.

La duda surge a la hora de escoger que tipo se necesita para cada caso en particular. Uno de los apéndices de la norma ASTM C-270 recomienda los tipos de mortero a usar según el tipo de materiales de la obra.

La nota 4 de la norma ASTM C-270 da más consejos al respecto: “El tipo de mortero debe correlacionarse con las piezas de mampostería. Las piezas de mampostería de gran tasa inicial de absorción (IRA en inglés) son de mejor compatibilidad con morteros de gran retención de agua”. En otras palabras, especifique morteros de gran retención de agua para ladrillos de mucha absorción. Generalmente esto significa un mortero con alto contenido de cal.

La norma tiene limitaciones, no puede usarse para determinar las resistencias del mortero a través de ensayos de campo (la norma ASTM C-780 nos da procedimientos y especificaciones para el mortero en la obra antes y durante la construcción). Tampoco puede usarse para medir la composición y propiedades físicas del mortero endurecido removido de una estructura.

Se puede resumir que para conocer si el mortero cumplirá los requisitos de la obra se debe especificar en laboratorio aplicando la norma ASTM C-270, controlar y medir la calidad del mortero en obra utilizando la norma ASTM C-780, y complementar evaluando el desempeño de los morteros, ensayando prismas de mampostería con los métodos de las normas ASTM E-447(Métodos Estándar de ensayo de Resistencia de Prismas para Mampostería), ASTM E-518(Método Estándar para la resistencia a la Flexión de la Adherencia de la Mampostería) y ASTM C- 1072(Método Estándar para la Medición de la Resistencia a la Flexión de la Adherencia de la Mampostería).

Tabla VIII. Guía para seleccionar morteros de mampostería.

Guía para seleccionar Morteros de Mampostería (a)			
Localización	segmento constructivo	Tipo de mortero	
		Recomendado	Alternativo
Exterior, sobre el terreno	paredes de carga	N	S o M
	paredes sin carga	O(b)	N o S
	parapetos	N	S
Exterior, bajo el terreno	muros de cimentación muros de contención pozos, descargas de aguas negras, pavimentos, aceras y patios.	S(c)	M o N
Interior	paredes de carga	N	S o M
	divisiones sin carga	O	N

(a) Esta tabla no presenta usos especializados para morteros, como chimeneas, mampostería reforzada y morteros resistentes a ácidos.

(b) El mortero tipo O es recomendado para utilizarlo donde la mampostería no esté sometida a congelación cuando esté saturada o sujeta a fuertes vientos u otras cargas laterales. Los tipos N o S deben ser usados en estos casos.

(c) La mampostería expuesta a la intemperie en superficies horizontales es extremadamente vulnerable. El mortero para esta mampostería debe ser seleccionado muy cuidadosamente.

Fuente: Norma ASTM C-270-03, tabla X1.1

3. PROPIEDADES DE LOS MORTEROS

Son las características que presentan los morteros de acuerdo al estado en que se encuentren. Los morteros de mampostería presentan dos estados: plástico y endurecido.

3.1 Propiedades en estado plástico

Determinan la adaptabilidad de un mortero en la construcción, debe fluir bien, ser trabajable, contar con buena retención de agua y mantener dichas propiedades por largo tiempo. Además debe adherirse bien a las unidades de mampostería. El mortero en sí mismo debe ser cohesivo y homogéneo.

3.1.1 Trabajabilidad

Es la propiedad más importante de los morteros en estado plástico. Es una combinación de varias propiedades, incluyendo plasticidad, consistencia, cohesión y adherencia, las cuales pueden ser medidas mediante pruebas de laboratorio. Morteros trabajables pueden ser manejados fácilmente con una cuchara de albañilería.

La trabajabilidad ayuda a los morteros a soportar las unidades de mampostería y rápidamente sobresale de las juntas cuando el albañil necesita acomodar la unidad para ser alineada con las demás. También es afectada por la graduación de los agregados.

3.1.2 Retención de agua

Es la medida de la habilidad de un mortero bajo condiciones de succión y evaporación, a retener el agua de la mezcla, ya que si esta se evapora o es absorbida por las unidades de mampostería la adherencia entre la pieza y el mortero se reduce. Esta propiedad provee al albañil tiempo para ajustar las unidades de mampostería sin que el mortero alcance su fraguado.

La retención de agua aumenta con altos contenidos de cal, contenidos de aire, adición de agregados finos (dentro de lo establecido según la granulometría), o el uso de sustancias retardantes del fraguado.

3.1.3 Contenido de aire

Se define como los huecos o vacíos existentes en un mortero, y que pueden llenarse de un líquido que penetre por capilaridad o presión. Los morteros hechos con arena presentan alto contenido de aire.

3.1.4 Masa unitaria

Es la masa de éste con respecto a su volumen. Este término es el usado en las especificaciones de la norma ASTM C-138 (Método de ensayo para el peso unitario, rendimiento y contenido de aire del concreto). Se aplica a condiciones de trabajo, tomando como volumen unitario el pie cúbico o metro cúbico. Al determinar la masa unitaria se observa que éste está influenciado por el grado de compacidad (vacíos) y por el contenido de humedad.

3.1.5 Resistencia a la penetración

La relación de fraguado del mortero debida a la hidratación del cemento, es la velocidad a la que éste desarrolla su resistencia para soportar cargas. Un fraguado inicial muy rápido puede entorpecer el manejo del mortero por parte del albañil, mientras que un fraguado final muy lento dificultaría el progreso de la obra, puesto que en tal caso el mortero fluye de los muros recién terminados.

El fraguado se confunde a veces con la rigidez causada por la pérdida rápida de agua, la cual se presenta, por ejemplo, cuando se utiliza un mortero de baja retención de agua y piezas muy absorbentes.

3.2 Propiedades en estado endurecido

Las propiedades del mortero endurecido ayudan a determinar el comportamiento del muro terminado, e incluyen características como la adherencia, durabilidad, elasticidad y resistencia a la compresión, a continuación se describen las propiedades del mortero, tanto en estado plástico como en estado endurecido.

3.2.1 Adherencia

Es probablemente la propiedad más importante de los morteros. Especialmente porque su función primordial es adherir unidades de mampostería. Define el grado de contacto entre el mortero y la unidad de mampostería, y puede evaluarse con base en lo siguiente:

- a. La resistencia a tensión o la fuerza necesaria para separar las unidades.
- b. La resistencia a deslizamiento por corte entre mortero-unidades.
- c. La resistencia a separación mortero-unidad por flexión.

Las determinaciones usuales en las normas son las de adherencia por tensión y de adherencia por flexión. Los morteros deben desarrollar una buena adherencia para poder soportar los esfuerzos estructurales, por sismos, por viento, por cambios de temperatura o contracción de los materiales.

Las mayores resistencias a la adherencia se logran con mezclas húmedas de buena trabajabilidad. El reacondicionamiento, o sea agregar más agua y mezclar nuevamente, es una práctica aceptable para compensar el agua perdida por el mortero. La norma ASTM C-270 requiere que todo mortero sea usado antes de las dos horas y media, con opción a reacondicionarse tantas veces como sea necesario dentro de ese lapso.

3.2.2 Resistencia a compresión

Algunas veces es usada como criterio para seleccionar el tipo de mortero, debido a su fácil medición. Depende en gran manera del contenido de cemento, la cantidad de agua utilizada y, en menor grado del tipo de agregado. La resistencia a compresión no debe ser el único criterio para seleccionar morteros.

3.2.3 Resistencia a tensión

En varias situaciones los muros están sometidos a tensiones diagonales y combinaciones de esfuerzos, estos se producen por efectos sísmicos, hundimientos diferenciales o bajo la acción de cargas gravitacionales, y aunque la resistencia a la tensión es baja en el mortero es conveniente conocerla por las razones mencionadas.

Uno de los procedimientos para determinar la resistencia a la tensión de los morteros se encuentra descrito en la norma ASTM C-190 (Método de ensayo para fuerzas tensiles para morteros de cemento), en ella se especifican los materiales y equipo a utilizar. En este ensayo solamente se determina el esfuerzo de ruptura el cual ocurre de manera repentina.

3.2.4 Eflorescencia

Es causada por el movimiento de agua dentro y hacia fuera del muro y la cristalización de las sales solubles, la cal en los morteros a sido erróneamente culpada de causar eflorescencia solamente por ser de color blanco, sin embargo la solubilidad de la cal es muy baja y la mayor parte contienen muy pocas sales solubles. Además como la cal hace al mortero menos permeable, ayuda a mantener el agua fuera del muro y evita de esta manera la eflorescencia.

3.2.5 Estabilidad volumétrica

Los morteros tienen un bajo módulo de elasticidad. Esto es conveniente para garantizar su extensibilidad, a efecto de soportar la mampostería expansiva (ladrillos de arcilla) o la contracción (como la de bloques de concreto). El módulo de elasticidad más común es de 2.1×10^5 kg/cm², pero varía de producto en producto, la edad del mortero así como su proceso y control de curado¹¹.

3.2.6 Resistencia a corte

En los morteros evaluados la resistencia a corte es mas representativa cuando se ensayan prismas de mampostería sujetos a carga de compresión diagonal, debido a que el mortero y la unidad de mampostería van a actuar como una pieza monolítica en el muro al ser sometidos a esfuerzos cortantes.

Las fallas características de este ensayo pueden ser: esfuerzo tangencial en las juntas, tensión diagonal y falla parcialmente definida, que atraviesa las juntas y los mampuestos.

Es muy importante la relación que el ensayo de adherencia y fricción guarda con el ensayo de corte, ya que los resultados del primero sirven como parámetros referenciales para el segundo.

11

Al Isberner, "Mortero cómo especificar y utilizar mortero para mampostería", **Revista The Aberdeen Group**, 1994.

3.2.7 Resistencia a flexión

El mortero es un material frágil, al comparar su resistencia a la flexión con su resistencia a compresión vemos que la primera es muy baja y poco representativa al momento de diseñar mampostería. Un mortero mantiene adheridas unidades de mampostería entre si, tratando de que se comporten como una estructura monolítica, y juntos van a soportar combinaciones de esfuerzos, las cuales en su mayoría son de flexo compresión. Es importante conocer el módulo de ruptura ya que estos esfuerzos combinados provocaran grietas y fisuras en las juntas de los muros.

3.2.8 Permeabilidad

Es la propiedad de dejarse atravesar o filtrar por el agua u otro fluido, a través de su estructura. En la práctica, en un mortero muy compacto el contenido de aire es mínimo, y se busca la impermeabilidad aumentando la compacidad, y aunque teóricamente ningún mortero o concreto es rigurosamente impermeable, se puede comprobar en los ensayos de filtración con el tiempo que lo son, explicándose porque la pasta de cemento se comporta como un coloide, hinchándose con la humedad, disminuyendo el volumen de los poros y de las fisuras.

4. EVALUACIÓN DE LOS MORTEROS

4.1. Componentes del mortero

4.1.1 Cementos hidráulicos mezclados

El reciente interés en la conservación de energía ha impulsado el uso de materiales secundarios en el cemento Pórtland. Los cementos hidráulicos mezclados se producen al combinar de manera íntima y uniforme dos tipos de materiales finos. Los principales materiales de mezclado son el cemento Pórtland con escorias de alto horno molidas, cenizas volantes y otras puzolanas, cal hidratada y combinaciones previamente mezcladas de cemento con estos materiales. El polvo de horno de cemento, al igual que el humo de sílice y otros materiales se encuentran actualmente sujetos a investigación para poder ser utilizados en los cementos mezclados.

Los cementos hidráulicos mezclados deben cumplir con la norma ASTM C-595 “Especificación para Cementos hidráulicos mezclados”, este especifica cinco clases de cementos hidráulicos mezclados.

4.1.1.1 Propiedades

El cemento que se utilizó es cemento Progreso tipo UGC, de uso general en la construcción, especificado con la norma ASTM C-1157 es un cemento UGC – 28 Tipo GU, con una masa por saco de 42.5 kg. Es ideal para zapatas, cimientos, columnas, paredes, vigas, losas, morteros, suelo cemento y demás aplicaciones. Su resistencia mínima es de 4,000 lbs. por pulgada cuadrada a 28 días en morteros normalizados de cemento, además de mejorar la impermeabilidad del concreto. Su color es ideal para concretos a la vista y fachadas arquitectónicas. Cumple con las normas internacionales para cementos hidráulicos. Ver resultados en tabla IX.

4.1.2 Cal hidratada

Es un polvo elaborado de calizas con alto contenido de carbonato de calcio, calcinadas e hidratadas adecuadamente. La cal hidratada, químicamente es un hidróxido de calcio diferenciándose así de la cal viva o cal cocida que es un óxido de calcio.

Los morteros modernos son una combinación de cal, arena y cemento Pórtland, beneficiándose de las propiedades de cada uno. Actualmente, muchos aditivos son añadidos al mortero para mampostería, principalmente por razones de costo. Sin embargo, ninguno se ajusta a las buenas propiedades de la cal tanto en estado plástico como endurecido.

La cal en el mortero plástico ayuda a lograr una consistencia adecuada para la colocación, y en el mortero endurecido debe mantener los ladrillos unidos y soportar cargas, agua y temperaturas extremas.

4.1.2.1 Propiedades

Para los morteros se utilizó cal hidratada de Horcalsa, se especifica con las normas COGUANOR NGO 41018 y ASTM C-206, C-207, con una masa por saco de 25 kg, ver resultados en tabla X.

4.1.3 Agregados

También llamados áridos, son aquellos materiales inertes, de forma granular, naturales o artificiales. El agregado usado para mortero es generalmente arena tal como se encuentra en la naturaleza, debe ser bien graduada, con partículas que formen una suave curva granulométrica dentro de ciertos límites. Deben tener preferentemente formas redondeadas, pues estas producen un tipo de mortero fácil de trabajar.

Una arena bien graduada proveerá una masa densa de agregados, requiriendo una mínima cantidad de materiales cementantes para una resistencia dada. La resistencia y trabajabilidad del mortero se incrementan usualmente con la arena bien graduada.

4.1.3.1 Propiedades

El agregado en estudio fue caracterizado en el trabajo de graduación del ingeniero civil Carlos Enrique Pinto Alonzo, titulado “Caracterización de Bancos para agregados de Concreto y Morteros, Ubicados en los Municipios de Tactic y San Cristóbal Verapaz, en el Departamento de Alta Verapaz”, en el año 2004, se evaluó de acuerdo a la norma ASTM C-33 “Especificación normal de agregados para concreto” Los resultados obtenidos se compararon con las especificaciones de la norma ASTM C-144.”Especificación normal para el agregado para mortero de albañilería”, por ser esta aplicable al presente trabajo, ver resultados en tablas XI y XII.

4.2 Componentes de los prismas

4.2.1 Block

El block es usado para muros de carga o elementos de relleno; los hechos en fábrica con plantas altamente mecanizadas son por lo general de mejor calidad que los producidos por máquinas manuales, sin embargo, éstos últimos también pueden ser de una calidad aceptable.

En el ensayo de unidades de mampostería, se determina su resistencia última a compresión tomando en cuenta el área de carga y la forma de las unidades.

Existen bloques que no llenan los requisitos de absorción especificados, pero pueden ser utilizados si cumplen los requisitos de resistencia, tolerancia de medidas y apariencia, deben ser repellados o protegidos de la humedad.

4.2.1.1 Propiedades

La unidad de mampostería utilizada para la construcción de los prismas fueron bloques de concreto, con una resistencia según el fabricante de 35.7 KPa, se ensayaron dos unidades, los valores obtenidos fueron mayores a los indicados, ver resultados en tabla XIII.

4.3 Ensayos de morteros¹²

4.3.1 Mortero para levantado

4.3.1.1 Estado plástico

4.3.1.1.1 Trabajabilidad, ASTM C-270

Esta especificación cubre morteros para el uso en la construcción no reforzada y estructuras de unidades de mampostería. Cuatro tipos de morteros se cubren en las dos alternativas de esta especificación: a) Especificación por proporción b) Especificación por propiedades. Las especificaciones por propiedades o proporciones regirán como se especifica en la norma.

4.3.1.1.2 Retención de agua, ASTM C-91

Esta especificación cubre tres tipos de cemento de albañilería para el uso de mortero de albañilería que se requiera. El ensayo de retención de agua en el laboratorio refleja la habilidad del mortero a retener su agua mezclada, al somérsele a un vacío de 2 pulgadas de mercurio, con relación al flujo original del mortero.

12

American Society for Testing and Materials. Annual Book of ASTM Standards. Volumen 04.01 y 04.02 EEUU. 2002

4.3.1.1.3 Masa unitaria, ASTM C-138

Este método determina la masa por pie cúbico o metro cúbico del concreto mezclado fresco, y muestra las fórmulas para calcular el rendimiento, contenido de cemento, y el contenido de aire del concreto. El rendimiento se define como el volumen de concreto producido de una mezcla de cantidades y materiales conocidos.

4.3.1.1.4 Contenido de aire, ASTM C-110

Esta norma tiene por objeto establecer el método para determinar el contenido de aire de un mortero preparado con cal hidratada, bajo las condiciones especificadas.

4.3.1.1.5 Resistencia a la penetración, ASTM C-403

Este método de prueba determina el tiempo de fraguado del concreto, por medio de la resistencia a la penetración del mortero cernido o de un concreto mezclado.

Este método es apropiado únicamente cuando la muestra de mortero proporciona la información requerida. Este método de prueba también se aplica a lechadas y morteros preparados. Este método de prueba es aplicable bajo condiciones de laboratorio, así como también bajo condiciones de supervisión.

4.3.1.2 Estado endurecido

4.3.1.2.1 Resistencia a compresión, ASTM C-109

Esta norma tiene por objeto establecer el método para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulicos, usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado.

4.3.1.2.2 Resistencia a tensión, ASTM C-190

Este método de prueba determina la fuerza tensora de la resistencia de morteros, lechadas y revestimientos monolíticos.

En este ensayo las probetas se colocan en unas mordazas para luego aplicar carga tensiva, por ser un material frágil solamente se determina su esfuerzo de ruptura el cual ocurre de manera repentina.

4.3.1.2.3 Resistencia a flexión, ASTM C-348

Este método de prueba determina la fuerza flectora de morteros hidráulicos de cemento.

4.3.2 Mortero para acabado

4.3.2.1 Estado plástico

Los ensayos a realizarse son los mismos del mortero para levantado, por esta razón solamente los mencionaremos.

- Trabajabilidad, ASTM C-270.
- Retención de Agua, ASTM C-91.
- Masa Unitaria, ASTM C-138.
- Contenido de Aire, ASTM C-110.
- Resistencia a la penetración, ASTM C-403.

4.3.2.2 Estado endurecido

- Resistencia a la compresión, ASTM C-109.
- Permeabilidad, probeta karsten.

Figura 10. Moldes para ensayos: A ensayo a compresión, B ensayo a tensión, C ensayo a flexión, D masa unitaria.

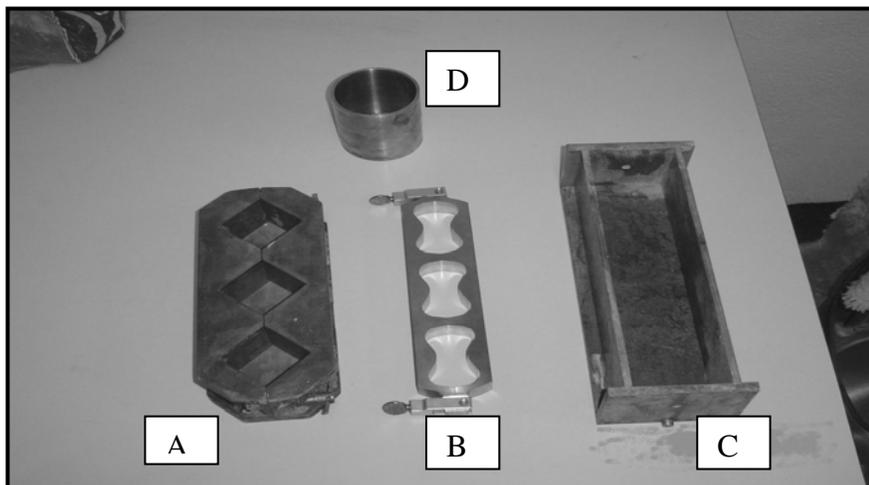


Figura 11. Equipo para determinar la resistencia a la penetración del mortero.

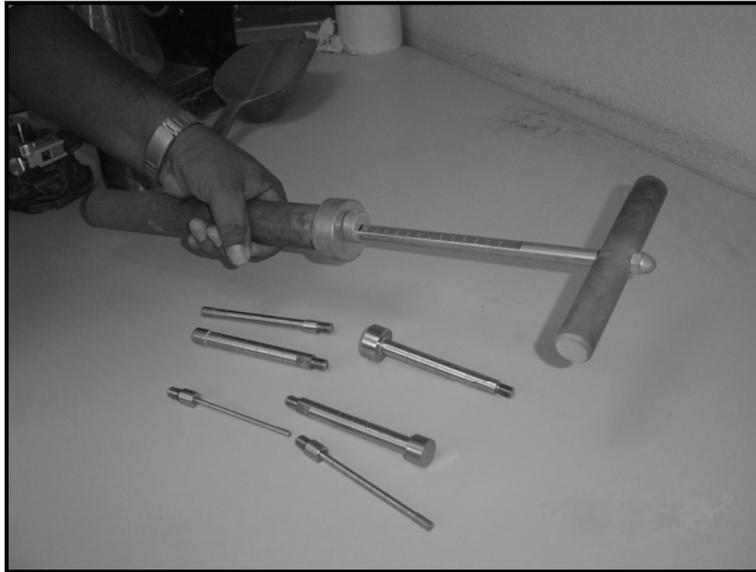


Figura 12. Tabla de escurrimiento con molde cónico y apisonador para determinar la trabajabilidad.



4.3.2.2.1 Permeabilidad¹³

El ensayo realizado no está especificado en las normas ASTM, sin embargo es un método simple no destructivo para determinar la absorción de humedad por parte de los materiales de construcción.

El sistema está basado en una pieza de vidrio transparente que posee una base circular de 2.50 cm de diámetro, el tubo está calibrado en ml, de modo que 1 ml corresponde a 1 cm de altura de columna de agua.

El método de ensayo es práctico, se fija la base del tubo en la superficie a evaluar, una vez instalado, se determina la columna de agua deseada, esta ejercerá una presión sobre la superficie, que equivale al efecto de una lluvia con vientos cuya velocidad se puede calcular con la fórmula $v [m/s] = (1.600 \times q)^{0.5}$, en la cual la presión q se expresa en $[kN/m^2]$. Considerando que 1cm de altura de columna de agua corresponde a una presión de $0,098 kN/m^2$, es posible establecer las velocidades requeridas.

La cantidad de agua absorbida por unidad de tiempo por parte de la superficie en estudio se mide directamente, efectuando la lectura en la escala que posee el tubo. Si la absorción es alta, se recomienda rellenar el tubo una vez que la columna de agua ha descendido 1 cm, con el fin de mantener una presión más o menos constante.

13

Carlos Wagner, "El Tubo Karsten", **Revista Bit**, Septiembre 2000

Figura 13. Tubo Karsten, ensayo de permeabilidad, mortero de acabado.



4.4 ensayo de prismas

4.4.1 Resistencia a compresión, ASTM E-447¹⁴

Estos métodos de prueba cubren dos ensayos a compresión de prismas de mampostería.

- Método A, es para determinar datos comparativos en la resistencia a compresión de construcciones de mampostería en laboratorio con cualquier unidad diferente a mampostería, morteros, o ambos.

14

American Society for Testing and Materials. Annual Book of ASTM Standards. Volumen 04.02 EEUU. 2002

- Método B, se determina la resistencia a compresión de estructuras de mampostería en el sitio de trabajo con el mismo material y ejecución a utilizarse, o utilizado en una estructura particular.

El ensayo de probetas para ambos métodos de ensayo son pequeños prismas a compresión: la influencia de la relación de esbeltez se toma en cuenta ya sea por proporciones de las probetas fabricadas o por la aplicación de un factor de corrección.

Figura 14. Ensayo a compresión, se observa falla obtenida.



4.4.2 Resistencia a Corte, ASTM E-519¹⁵

Este método de prueba cubre la determinación de la tensión diagonal o fuerza cortante de ensamblajes de mampostería, a compresión a lo largo de una diagonal, con lo cual se causa una falla de tensión diagonal, dividiéndose la probeta paralelamente a la dirección de la carga.

El anexo “A1” de la norma proporciona requerimientos con respecto a la determinación de la fuerza de tensión diagonal de mampostería bajo la combinación de la tensión diagonal y carga compresiva.

Figura 15. Ensayo a corte, se observa falla obtenida.



15

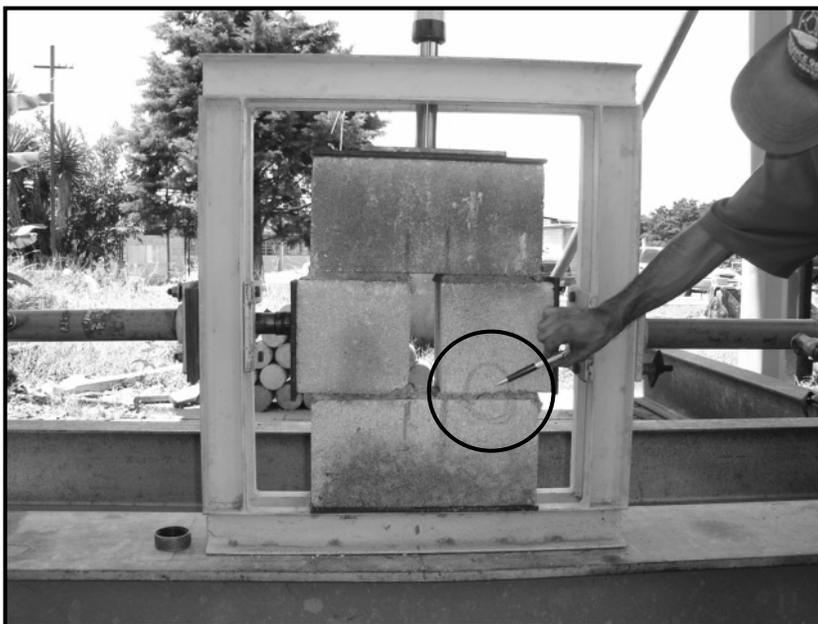
American Society for Testing and Materials. Annual Book of ASTM Standards. Volumen 04.02 EEUU. 2002

4.4.3 Adherencia¹⁶

La adherencia a cohesión se debe a la atracción molecular entre los materiales. La fricción es la fuerza resistente tangente a la superficie de dos cuerpos que se oponen al deslizamiento de uno de estos cuerpos en relación al otro. Depende del área de contacto de dos superficies y de la presión normal de contacto.

Este ensayo no está normalizado por la ASTM, se utiliza para determinar la adherencia, ya que el aparato en cual se hacen las pruebas, se puede armar en la máquina que se encuentra en el área de prefabricados del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la USAC.

Figura 16. Ensayo de adherencia, se observa falla obtenida.



16

Juan Estuardo Nitsch, **Guía de laboratorio para las prácticas de diseño estructural en mampostería.** (Guatemala: tesis, 1985)

5. RESULTADOS

5.1 Tabulación de resultados

5.1.1 Ensayos a morteros

Tabla IX. Resultados del cemento UGC.

Ensayos físicos elaborados al cemento UGC	
Ensayo	Resultado
Fineza Tamiz No. 325	94.2%
Finura Blaine	3950.0 cm ² /gr
Masa Específico	2.96 gr/cm ³
Expansión en Autoclave	0.1%
Fraguado Vicat	
Incial	166.0 min
Final	291.0 min
Resistencia a la compresión	
1 día	110.1 kg/cm ²
3 días	179.7 kg/cm ²
7 días	219.8 kg/cm ²
28 días	299.6 kg/cm ²

Fuente: Informe de la Sección de Aglomerantes y Morteros, del CII.

Tabla X. Resultados de la cal hidratada.

Ensayos físicos elaborados a la cal hidratada	
Ensayo	Resultado
% de retención de agua	83.5%
Fineza	91%
Masa Específico	2.3 gr/cm ³

Fuente: CETEC, cementos Progreso.

Tabla XI. Granulometría Agregado Fino.

Tamiz No	Porcentaje que pasa	norma ASTM C144
No 4 (4.75 mm)	91.81	100
No 8 (2.36 mm)	61.01	95 - 100
No 16 (1.18 mm)	39.77	70 - 100
No 30 (600 µm)	23.54	40 - 75
No 50 (300 µm)	14.76	10 - 35
No 100 (150 µm)	9.15	2 - 15
No 200 (75 µm)	---	0 - 5

Fuente: Pinto Carlos, Caracterización de Bancos Para Agregados de Concreto y Morteros, Ubicados en los Municipios de Tactic Y San Cristóbal Verapaz, En el Departamento de Alta Verapaz.

Tabla XII. Resultados de las características físicas.

Peso específico	2.67
Peso Unitario Compactado (Kg/m ³)	1372.49
Peso Unitario Suelto (Kg/m ³)	1186.95
% de vacíos	48.61
% de absorción	0.79
Contenido de materia orgánica	
% que pasa por el tamiz 200	35.87
Módulo de finura	2.14

Fuente: Pinto Carlos, Caracterización de Bancos Para Agregados de Concreto y Morteros, Ubicados en los Municipios de Tactic Y San Cristóbal Verapaz, En el Departamento de Alta Verapaz, Tabla XI.

Tabla XIII. Resultados de unidades de mampostería.

Resultados de ensayo a las unidades de mampostería								
No	Identificación	Largo cm	Ancho cm	Altura cm	Peso kg	Abs. %	Resistencia kg/cm ²	Densidad kg/m ³
1	Monolit	39.17	13.93	18.87	9.20	13.89	48.89	1454.96
Bloques huecos de hormigon tipo liviano, clase A, grado 2								
2	Monolit, desportillado en una de las esquinas	39.23	13.97	19.17	9.25	14.36	38.55	1452.71
Bloques huecos de hormigon tipo liviano, clase B, grado 2								

Fuente: Sección de Metales y Productos Manufacturados, informe No 656-M 2005 delCII.

Tabla XIV. Proporciones en peso y Trabajabilidad de los morteros.

MORTERO	Proporciones en volumen	PROPORCION EN PESO				Trabajabilidad (%)
		Cemento UGC (gr)	Cal Hidratada (gr)	Agregado Fino (gr)	Agua (ml)	
Levantado	1:1/10:3	374.4	22.2	2074.2	350.0	112.0
Acabado	1:1-1/4:3	374.4	278.0	1972.2	322.0	115.0

Tabla XV. Resultados de retención de agua.

MORTERO	Trabajabilidad antes de la succión	Trabajabilidad después de la succión	Retención de Agua (%)
Levantado	112	78	69.6
Acabado	115	104	90.4

Tabla XVI. Resultados de la densidad y porcentaje de aire atrapado.

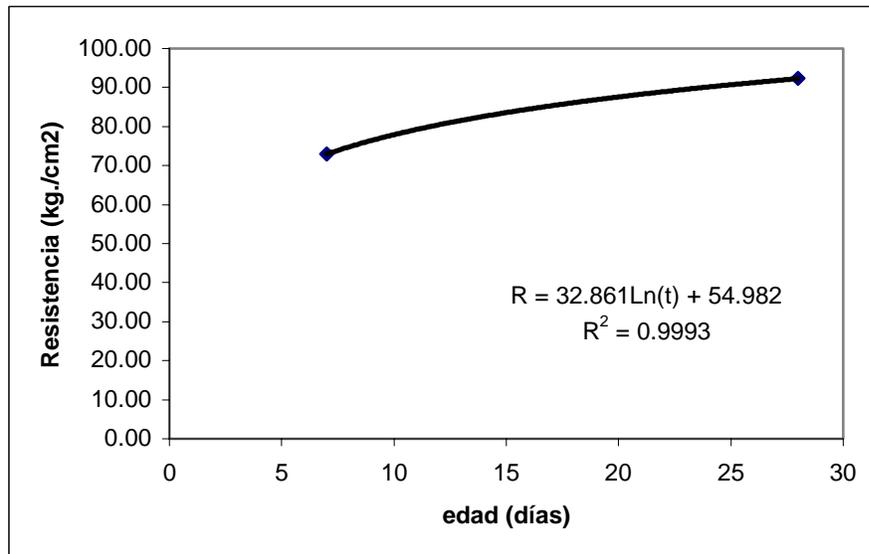
MORTERO	Densidad (gr/cc)	Densidad del mortero libre de Aire (gr/cc)	% Aire Atrapado en volumen
Levantado	2.31	2.23	3.3
Acabado	2.26	2.25	0.4

**Tabla XVII. Resistencia a compresión
mortero de levantado.**

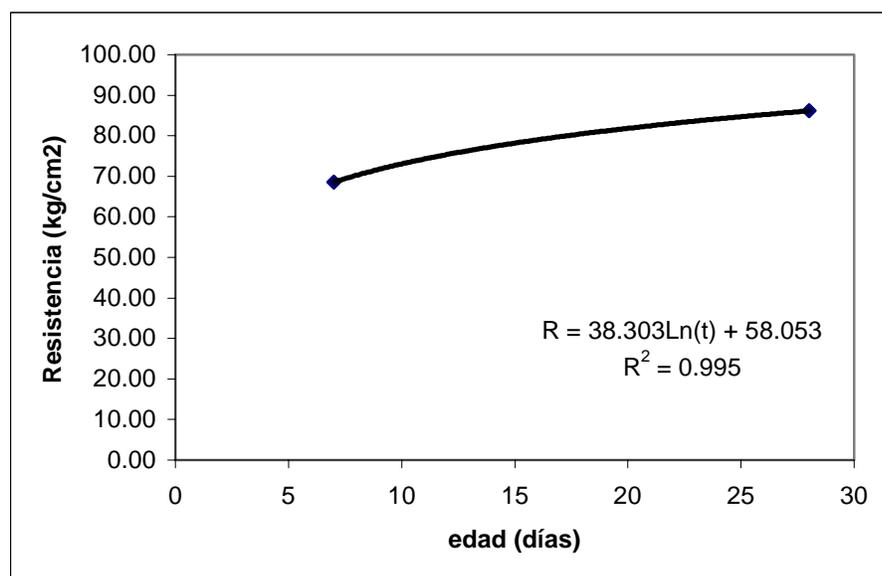
Cubos	Edad	Área (cm²)	Compresión en laboratorio			Compresión en campo		
			Carga (Kg)	f'c (Kg/cm²)	promedio	Carga (Kg)	f'c (Kg/cm²)	promedio
C1	7	25.8	1814.4	70.3	71.8	1678.3	65.0	66.2
C1	7	25.8	1859.7	72.1		1678.3	65.0	
C1	7	25.8	1882.4	72.9		1769.0	68.5	
C2	28	25.8	2381.4	92.3	90.9	2131.9	82.6	83.8
C2	28	25.8	2313.3	89.6		2222.6	86.1	
C2	28	25.8	1678.3	* 65.0		2131.9	82.6	

* No fue tomado en cuenta para el promedio

**Figura 17. Gráfica resistencia a compresión
mortero de levantado, laboratorio.**



**Figura 18. Gráfica resistencia a compresión
mortero de levantado, campo.**



**Tabla XVIII. Resistencia a compresión
mortero de acabado.**

Resistencia a compresión					
Cubos	Edad (días)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)	Promedio
C1	7	25.8	1360.8	52.7	48.3
C1	7	25.8	1202.0	46.6	
C1	7	25.8	1179.3	45.7	
C2	28	25.8	1723.7	66.8	65.0
C2	28	25.8	1610.3	62.4	
C2	28	25.8	1701.0	65.9	

**Figura 19. Gráfica resistencia a compresión
mortero de acabado.**

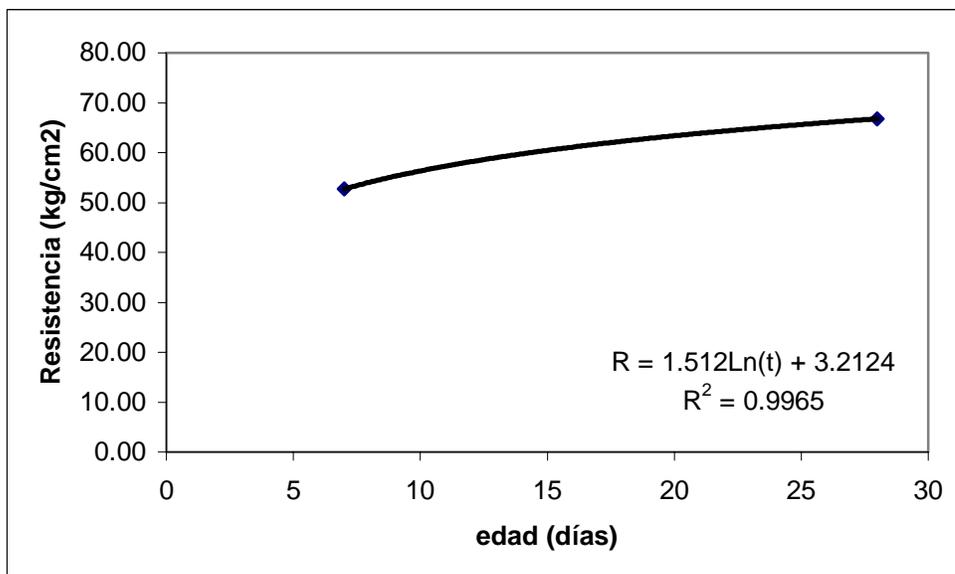


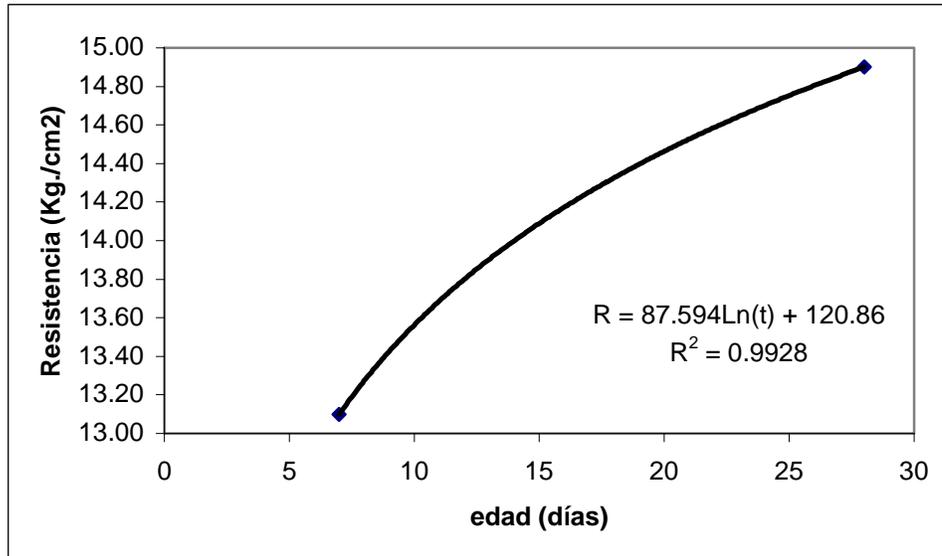
Tabla XIX. Resistencia a compresión
mortero de levantado, laboratorio y campo
mortero de acabado.

Edad (días)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)		
	Levantado		Acabado
	Laboratorio	Campo	
7	71.8	66.2	48.3

Tabla XX. Resistencia a Tensión
mortero de levantado.

Resistencia a tensión (kg/cm ²)					
Briqueta	Edad (días)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)	Promedio
B1	7	6.5	86.2	13.4	13.1
B1	7	6.5	88.5	13.7	
B1	7	6.5	79.4	12.3	
B2	28	6.5	96.9	15.0	14.9
B2	28	6.5	101.0	15.7	
B2	28	6.5	89.9	13.9	

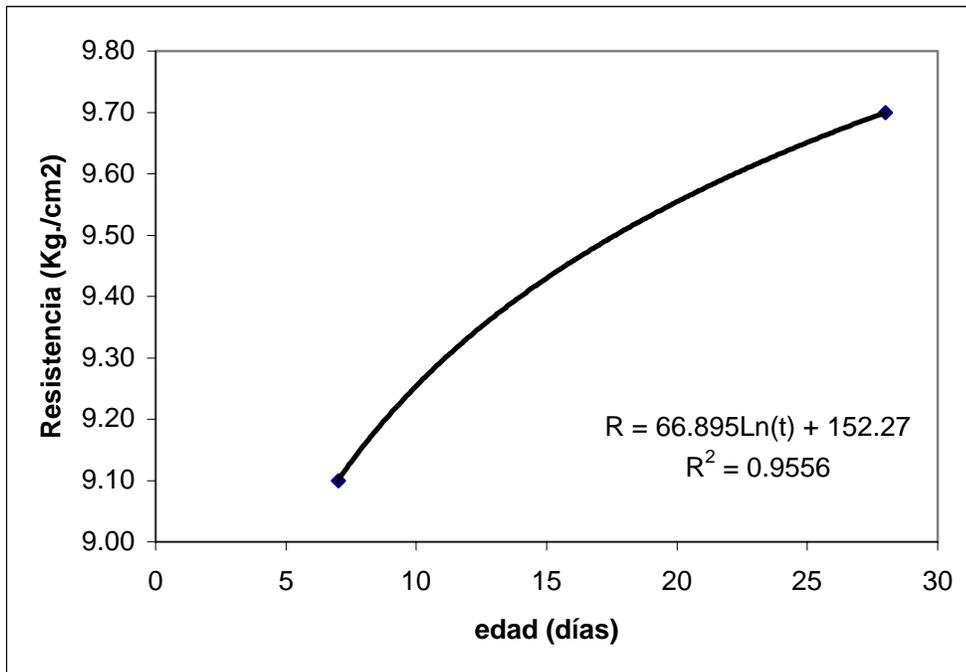
**Figura 20. Gráfica resistencia a tensión
mortero de levantado.**



**Tabla XXI. Resistencia a tensión
mortero de acabado.**

Resistencia a tensión (kg/cm ²)					
Briqueta	Edad (días)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)	Promedio
B1	7	6.5	61.2	9.5	9.1
B1	7	6.5	56.7	8.8	
B1	7	6.5	59.0	9.1	
B2	28	6.5	56.7	8.8	9.7
B2	28	6.5	68.0	10.5	
B2	28	6.5	63.5	9.8	

**Figura 21. Gráfica resistencia a tensión
mortero de acabado.**



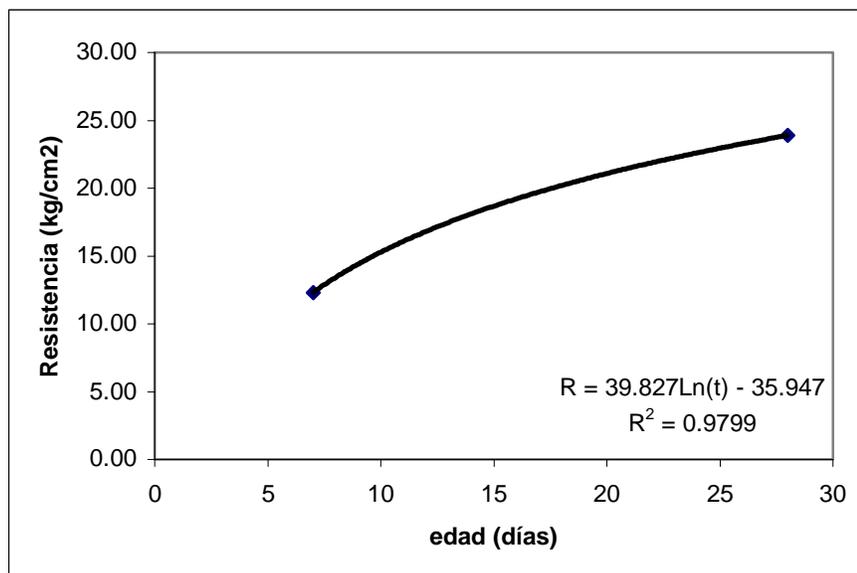
**Tabla XXII. Resistencia a tensión
morteros de levantado y acabado.**

Edad (días)	Resistencia a la tensión (kg/cm ²)	
	Mortero de levantado	Mortero de acabado
7	13.1	9.1
28	14.9	9.7

**Tabla XXIII. Resistencia a flexión
mortero de levantado.**

Probeta	Edad (días)	Inercia	Carga (Kg)	f'c (Kg/cm ²)	promedio
1	7	263.7	215.0	13.2	12.3
1	7	263.7	185.0	11.4	
2	28	263.7	325.0	23.6	23.9
2	28	263.7	335.0	24.3	

**Figura 22. Gráfica resistencia a flexión
mortero de levantado.**

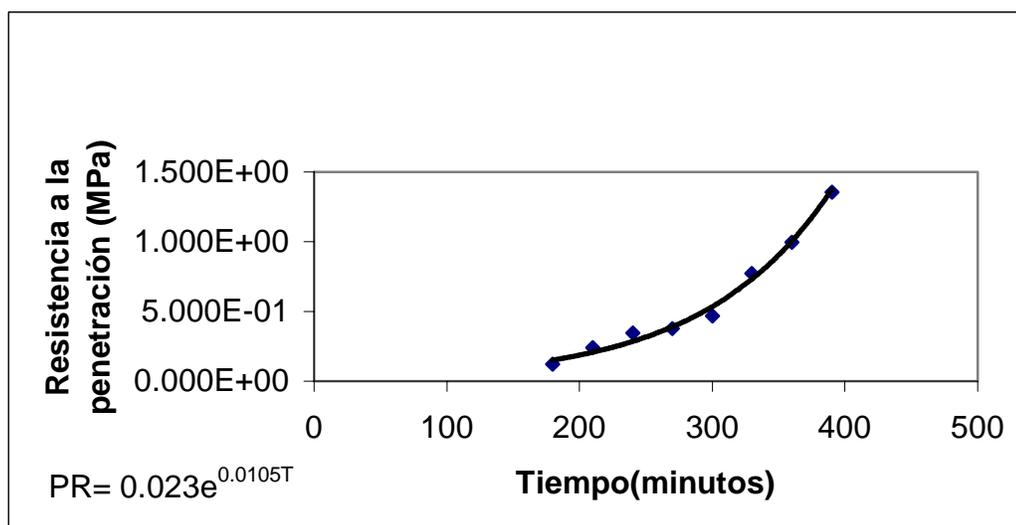


**Tabla XXIV. Resistencia a la penetración
mortero de levantado.**

Área Aguja (cm ²)	Fuerza (N)	Mpa	Tiempo (min)	Log(MPa)	Log(T)
0.000645	80.1	1.2E-01	180	-0.9	2.3
0.000645	155.7	2.4E-01	210	-0.6	2.3
0.000645	222.4	3.4E-01	240	-0.5	2.4
0.000645	244.7	3.8E-01	270	-0.4	2.4
0.000323	151.2	4.7E-01	300	-0.3	2.5
0.000323	249.1	7.7E-01	330	-0.1	2.5
0.00016	160.1	9.9E-01	360	0.0	2.6
0.00016	218.0	1.4E+00	390	0.1	2.6

Fraguado inicial (PR = 3.45 MPa) tiene un valor de 477.2 minutos.
Fraguado final (PR = 27.58 MPa) tiene un valor de 675.2 minutos.

**Figura 23. Gráfica resistencia a la penetración
mortero de levantado.**



**Tabla XXV. Resistencia a la penetración
mortero de acabado.**

Área Aguja (cm ²)	Fuerza (N)	MPa	Tiempo (min)	Log(MPa)	Log(T)
0.000645	22.2	0.0	150.0	-1.5	2.2
0.000645	111.2	0.2	240.0	-0.8	2.4
0.000323	222.4	0.7	300.0	-0.2	2.5
0.000323	400.3	1.2	390.0	0.1	2.6
0.00016	240.0	1.5	420.0	0.2	2.6

Fraguado inicial (PR = 3.45 MPa) tiene un valor de 460.8 minutos.

Fraguado final (PR = 27.58 MPa) tiene un valor de 610.39 minutos.

**Figura 24. Gráfica resistencia a la penetración
mortero de acabado.**

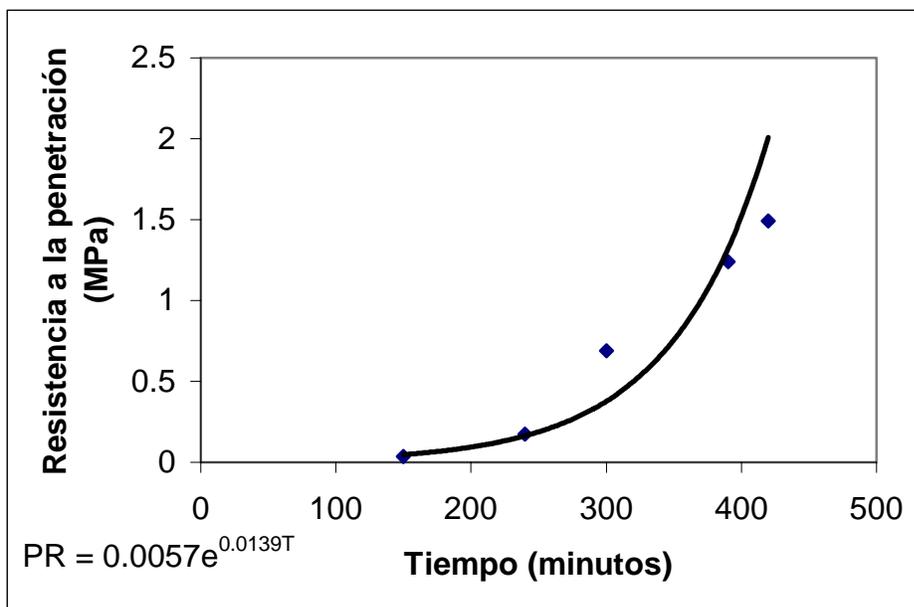


Tabla XXVI. Permeabilidad, mortero de acabado.

MORTERO	VELOCIDAD DEL VIENTO	
	100 Km/h	140 Km/h
	Permeabilidad (ml/seg)	Permeabilidad (ml/seg)
Acabado	0.002020	0.002353

Tiempo para 100 Km/h=495seg

Tiempo para 140 Km/h=425seg

Tabla XXVII. Pérdida de volumen de agua en un tiempo determinado mortero de acabado.

Pérdida en columna de agua (cm)	Pérdida de volúmen de agua (ml)	Tiempo acumulado (seg)
10 a 9	1	426
9 a 8	2	923
8 a 7	3	1402
7 a 6	4	1874
6 a 5	5	2345
5 a 4	6	2833

5.1.2 Ensayos a prismas, mortero de levantado

Los prismas se ensayaron a compresión, corte y adherencia, a edades de 7 y 28 días.

Tabla XXVIII. Resultados ensayo a compresión prismas.

Prisma #	Carga Última (kg)		Resistencia Última (kg/cm ²)			
	7 días	28 días	área bruta		área neta	
			7 días	28 días	7 días	28 días
1	9923.1	9339.4	18.1	17.1	28.6	26.9
2	10895.9	14203.6	19.9	26.0	31.4	40.9
3	11674.2	12647.1	21.3	23.1	33.6	36.4
Promedio	10831.1	12063.3	19.8	22.1	31.2	34.7

Factor de corrección por esbeltez en compresión es 0.86

Tabla XXIX. Parámetros ensayo a compresión prismas.

Ensayo a compresión (f'm)					
Edad (días)	Carga última (kg)	Esfuerzo último (kg/cm ²) área bruta (546.84 cm ²)	Esfuerzo último (kg/cm ²) área neta (347.38 cm ²)	Módulo de elasticidad de la mampostería $E_m = 750 \cdot f'm$ E_m (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad de la mampostería al cortante $E_c = 0.4 \cdot E_m$ E_c (kg/cm ²)
7	10831.1	19.8	31.2	14850.0	5940.0
28	12063.3	22.1	34.7	16575.0	6630.0

Tabla XXX. Resultados ensayo a corte prismas.

Prisma #	Carga Última (kg)		Esfuerzo (kg/cm ²)	
	7 días	28 días	7 días	28 días
1	1357.5	2371.0	1.4	2.4
2	1493.2	2669.7	1.5	2.7
3	--	2624.4	--	2.6
Promedio	1425.3	2555.1	1.4	2.6

*El área de esfuerzo es 995.22 cm²

Tabla XXXI. Parámetros de adherencia.

Presión del manómetro (kg/cm ²)	Carga Lat. kg	Confinamiento kg
Prisma #1		
1217.7	1311.3	0.0
1967.0	2060.6	669.0
Prisma #2		
1405.0	1217.7	0.0
2107.5	1967.0	669.0
promedios		
1311.3	1264.5	0.0
2037.2	2013.8	669.0

Tabla XXXII. Resultados ensayo de adherencia prismas.

ESFUERZO DE ADHERENCIA (kg/cm²)				
Edad (días)	No. De Muestra			PROMEDIO
	1	2	3	
7	5.1	5.9	--	5.5
28	5.5	5.1	--	5.3

* El área de contacto es 238.00 cm²

5.2 Análisis de resultados

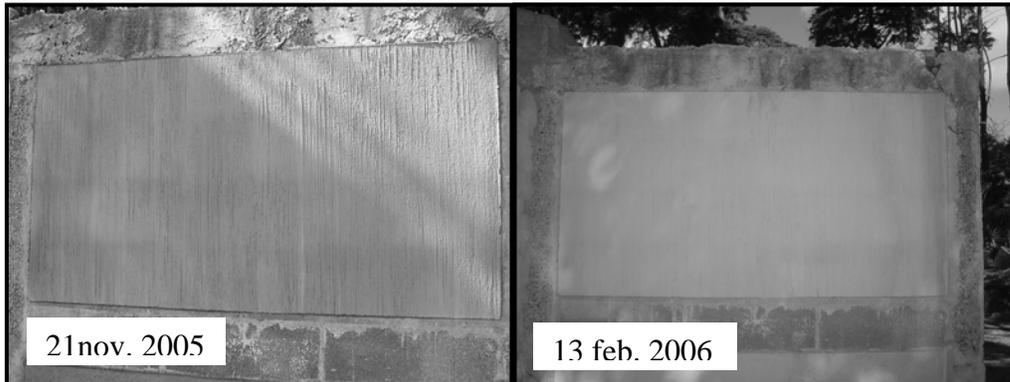
5.2.1 Morteros

- El agregado se encuentra dentro de la curva de la norma ASTM C-144 hasta el tamiz No 50, en los tamices mayores a este la granulometría se encuentra por debajo del mínimo establecido de dicha norma.

- La relación agua/cemento del mortero de levantado es 0.93 y del mortero de acabado es 0.86.
- La masa específica del mortero de levantado es 2,310.0 kg/m³, y del mortero de acabado es 2,260.0 kg/m³.
- El incremento de resistencia a compresión del mortero de levantado entre 7 y 28 días es de 21.0%.
- El incremento de resistencia a compresión del mortero de acabado entre 7 y 28 días es de 25.7%.
- El incremento de resistencia a tensión del mortero de levantado entre 7 y 28 días es de 12.1%.
- El incremento de resistencia a tensión del mortero de acabado entre 7 y 28 días es de 6.2%.
- El incremento de resistencia a flexión del mortero de levantado entre 7 y 28 días es de 48.5 %.
- El mortero de levantado presenta una retención de agua del 69.6%, resultado abajo del mínimo establecido en la norma ASTM C-270.
- El mortero de acabado presenta una retención de agua del 90.4%, resultado mayor al mínimo establecido en la norma ASTM C-270.

- Los tiempos de fraguado inicial y final de los morteros, son proyectados ya que en ninguno de los dos se pudo concluir el ensayo dentro del tiempo establecido.
- El tiempo de fraguado inicial para el mortero de levantado es de 7 horas 57 minutos, y el fraguado final de 11 horas 15 minutos, los valores determinados son altos, con respecto a una jornada de trabajo (8 horas).
- El tiempo de fraguado inicial para el mortero de acabado es de 7 horas 40 minutos y fraguado final de 10 horas 10 minutos, los valores determinados son altos con respecto a una jornada de trabajo (8 horas).
- Las aplicaciones realizadas del mortero de acabado en un muro para evaluarlo en condiciones reales, en un período de tres meses no presentan fallas significativas (cernido remolineado y vertical). Ver figura 25.
- El ensayo de permeabilidad fue realizado en una aplicación del mortero de acabado en condiciones reales, y por efectos del ambiente este ya pudo haber tenido cierta cantidad de agua contenida, esto produjo que la permeabilidad fuera menor.

**Figura 25. Aplicación del mortero de acabado
cernido vertical.**



5.2.2 Prismas

- El ensayo a compresión presentó falla típica, esta ocurrió en el block antes que en el mortero.
- El ensayo a corte presentó falla esperada, tensión diagonal.
- Los prismas a compresión presentan un aumento en el $f'm$ del 10.2% entre 7 y 28 días.
- Los prismas de adherencia presentan una disminución de resistencia de 3.64 % entre 7 y 28 días.
- El valor de esfuerzo de adherencia alcanzado a los 28 días es de 5.3 kg/cm².

CONCLUSIONES

1. El volumen de material extraído a la fecha es 79,904.5 m³.
2. Las reservas de material calculadas son 8,268,216.8 m³, sobre un área de 282,393.7 m².
3. El agregado no cumple con la granulometría establecida en la norma ASTM C-144.
4. El cemento utilizado para la elaboración de los morteros cumple con las especificaciones de la norma ASTM C-595.
5. La cal utilizada para la elaboración de los morteros cumple con las especificaciones de las normas aplicables.
6. El block utilizado cumple con las especificaciones de la norma COGUANOR NGO 41 054.
7. La resistencia a compresión del mortero de levantado en campo es menor 6.7% con respecto a la resistencia obtenida en laboratorio, refleja la importancia del curado.
8. El mortero de levantado por su resistencia a compresión y contenido de aire, cumple con las especificaciones de la norma ASTM C-270, para un mortero tipo N.

9. El mortero de levantado no cumple con el porcentaje de retención de agua mínimo establecido en la norma ASTM C-270.
10. El mortero de acabado cumple con las especificaciones de la norma ASTM C-270 para morteros tipo N y O.
11. El tiempo de fraguado final para ambos morteros se presenta después de 8 horas, tiempo de una jornada normal de trabajo.
12. El mortero de acabado presenta una baja permeabilidad.
13. El $f'm$ alcanzado por los prismas a compresión a 28 días es de 22.1 kg/cm² -área bruta- y 34.7 kg/cm² -área neta-.
14. Las resistencias obtenidas de los morteros a compresión y tensión a 28 días, son menores a los resultados obtenidos en el trabajo de graduación del ingeniero civil Carlos Pinto, en el cual se evalúa el mismo material, con proporciones en peso de 1:3.
15. Comparando el esfuerzo de adherencia con otros resultados obtenidos en la sección de estructuras este valor se encuentra a un 53% del valor medio.
16. El coeficiente de fricción de adherencia no se pudo obtener, ya que, es necesario tabular mas de un valor con cargas de confinamiento y, en este caso, sólo se obtuvo un valor con un confinamiento de 50 kg.
17. Los requerimientos de agua para los morteros evaluados se encuentran en un rango aceptable.

RECOMENDACIONES

1. Se debe explorar el lugar por medio de un mapeo geológico detallado para confirmar las reservas de material.
2. Realizar un estudio estructural para determinar la tendencia de la roca brechada y concentrar allí una posible exploración.
3. Considerar un plan de manejo de explotación racional del banco de materiales.
4. Realizar ensayos a los agregados, periódicamente, por parte del propietario, para controlar la calidad del agregado que se vende.
5. Considerar en el diseño de mezcla la influencia de la granulometría.
6. De acuerdo con las experiencias de algunos ingenieros guatemaltecos consultados, se sugiere que la relación de resistencia a compresión del mortero de levantado sea 2 veces mayor a la resistencia de la unidad de mampostería, se recomienda comprobar esta relación mediante estudios experimentales.
7. Divulgar la información obtenida a los interesados.
8. Realizar otros trabajos de investigación con muros a escala natural.

BIBLIOGRAFÍA

1. ***American Society for Testing and Materials.*** Annual Book of ASTM Standards. Volumen 04.01 y 04.02 EEUU. 2002
2. Barahona Garrido, Rubén, Evaluación de Morteros Premezclados para Levantado en Guatemala. Tesis de graduación, Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, marzo de 1999.
3. **Como Especificar y utilizar Mortero para Mampostería,** Spanish Language Edition, The Aberdeen Group, 1994.
4. **Comisión Guatemalteca de Normas –COGUANOR-** Ministerio de Economía, Guatemala C.A.
5. Ecuté Bantes, Francisco Javier, Evaluación de Variabilidad de las Propiedades de los Agregados de dos Plantas, una en Escuintla y la otra en Tecún Uman. Tesis de Graduación, Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, julio de 2003.
6. Macal Domínguez, Jorge Francisco, Morteros de Levantado para Mampostería En Área Urbanas. Tesis de graduación, Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, mayo de 1988.

7. Nitsch Pineda, Juan Estuardo, Guía de laboratorio para las prácticas de diseño estructural de mampostería. Tesis de graduación, Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, noviembre de 1985.

8. Pinto Alonzo, Carlos Enrique, Caracterización de Bancos para Agregados de Concreto y Morteros, Ubicados en los Municipios de Tactic y San Cristóbal Verapaz, En El Departamento de Alta Verapaz. Tesis de Graduación, Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, octubre de 2004.

9. Sánchez de Guzmán, Diego. **Tecnología del concreto y del mortero.** 5ª ed. Colombia: Bhandar editores Ltda., 2001.

ANEXOS

Figura 26. Informe de la sección de Metales y Productos Manufacturados de las unidades de mampostería.



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



1. DATOS GENERALES

INTERESADO: SERGIO GOMEZ CARNET No. 9712884

PROYECTO: TESIS CARACTERIZACION FISICO MECANICA DE MORTEROS

PROVEEDOR: ****

O.T.No. 19268

INFORME No. 656 - M

FECHA: 23-SEP-2005

2. RESULTADOS ENSAYO

#	Identificacion	Largo cm.	Ancho cm.	Altura cm.	Peso kg.	Abs. %	Resistencia kg/cm2	Densidad kg/m3
154	MONOLIT	39.17	13.93	18.87	9.20	13.89	48.89	1,454.96
		Bloques huecos de hormigon tipo liviano, clase A, grado 2						
155	MONOLIT DESPORTILLADO EN UNA DE LAS ESQUINAS	39.23	13.97	19.17	9.25	14.36	38.55	1,452.71
		Bloques huecos de hormigon tipo liviano, clase B, grado 2						

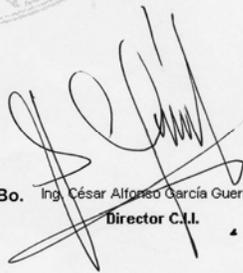
Las muestras fueron ensayadas de acuerdo a Norma Coguanor NGO 41 054

OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por interesado.

Atentamente,



Ing. Pablo Christian De León Rodríguez
Jefe Sección Metales y Productos Manufacturados



Vo.Bo. Ing. César Alfonso García Guerra
Director C.I.I.



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Figura 27. Informe de la Sección de Aglomerantes, caracterización de los morteros evaluados.



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



O.T No. 19258

Informe No. 002-2006 S. AM.

Interesado: Sergio Gabriel Gómez Con

Proyecto: Tesis "Caracterización físico-mecánica de morteros utilizando agregado del municipio de San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz".

Asunto: Evaluación de la trabajabilidad, retención de agua, masa unitaria, contenido de aire, velocidad de endurecimiento, resistencia a la compresión, tensión y flexión y permeabilidad al agua a dos morteros

Fecha: 17 de febrero de 2006

- 1 **Generalidades:** el interesado proporcionó los materiales necesarios, siendo estos los siguientes:
 - **Cemento Progreso UGC.**
 - **Cal hidratada Horcalsa.**
 - **Agregado fino del municipio de San Cristóbal Verapaz, Departamento de Alta Verapaz**
- 2 **Procedimiento:** se trabajó de acuerdo a lo indicado en normas ASTM y COGUANOR para cada tipo de ensayo
- 3 **Resultados:**

3.1 Trabajabilidad (ASTM C-1437):

MORTERO	Proporciones en volumen	PROPORCIÓN EN PESO				Trabajabilidad (%)
		Cemento Progreso UGC (gr)	Cal Hidratada Horcalsa (gr)	Agregado Fino Banco de San Cristobal AV.(gr)	Agua (ml)	
Levantado	1:1/10:3	374.40	22.20	2074.20	360.00	112.00
Acabado	1:1-1/4:3	374.40	278.00	1972.20	322.00	115.00

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

1



3.2 Retención de agua (ASTM C-1506):

MORTERO	Trabajabilidad antes de la succión	Trabajabilidad después de la succión	Retención de Agua (%)
Levantado	112	78	69.6
Acabado	115	104	90.4

3.3 Densidad y contenido de Aire (ASTM C-138, ASTM C-185, ASTM C-110):

MORTERO	Densidad (gr/cc)	Densidad del mortero libre de Aire (gr/cc)	% Aire Atrapado en volumen
Levantado	2.31	2.23	3.3
Acabado	2.26	2.25	0.4

3.4 Resistencia a la Penetración (Velocidad de endurecimiento ASTM C-403):

3.3.1 Mortero de levantado

Area Aguja (cm ²)	Fuerza (N)	Mpa	Tiempo (min)	Log(MPa)	Log(T)
0.00016	160.1	9.9E-01	360	0.00	2.56
0.00016	218.0	1.4E+00	390	0.13	2.59
0.00032	151.2	4.7E-01	300	-0.33	2.48
0.00032	249.1	7.8E-01	330	-0.11	2.52
0.00065	80.1	1.2E-01	180	-0.91	2.26
0.00065	155.7	2.4E-01	210	-0.62	2.32
0.00065	222.4	3.4E-01	240	-0.47	2.38
0.00065	244.7	3.8E-01	270	-0.42	2.43



3.3.2 Mortero de Acabado

Área Aguja (cm ²)	Fuerza (N)	MPa	Tiempo (min)	Log(MPa)	Log(T)
0.000645	22.2	0.0	150.0	-1.5	2.2
0.000645	111.2	0.2	240.0	-0.8	2.4
0.000323	222.4	0.7	300.0	-0.2	2.5
0.000323	400.3	1.2	390.0	0.1	2.6
0.00016	240.0	1.5	420.0	0.2	2.6

3.5 Resistencia a la compresión (ASTM C-109)

3.5.1 Mortero de levantado

Cubos	Edad (días)	Área (cm ²)	Compresión en laboratorio		Compresión en campo		
			Carga (Kg)	Pc (Kg/cm ²)	Carga (Kg)	Pc (Kg/cm ²)	promedio
C1	7	25.8	1814.4	70.3	1678.3	65.0	66.2
C1	7	25.8	1859.7	72.1	1678.3	65.0	
C1	7	25.8	1882.4	72.9	1769.0	68.5	
C2	28	25.8	2381.4	92.3	2131.9	82.6	83.8
C2	28	25.8	2313.3	89.6	2222.6	86.1	
C2	28	25.8	1678.3	* 65.0	2131.9	82.6	

* No fue tomado en cuenta para el promedio

3.5.2 Mortero de acabado

Resistencia a compresión					
Cubos	Edad (días)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f _c (kg/cm ²)	Promedio
C1	7	25.8	1360.8	52.7	48.3
C1	7	25.8	1202.0	46.6	
C1	7	25.8	1179.3	45.7	
C2	28	25.8	1723.7	66.8	65.0
C2	28	25.8	1610.3	62.4	
C2	28	25.8	1701.0	65.9	



3.6 Resistencia a la tensión (ASTM C 190)

3.6.1 Mortero de levantado

Resistencia a tensión (kg/cm ²)					
Briqueta	Edad (días)	Area (cm ²)	Carga (kg)	f _c (kg/cm ²)	Promedio
B1	7	6.5	86.2	13.4	13.1
B1	7	6.5	88.5	13.7	
B1	7	6.5	79.4	12.3	
B2	28	6.5	96.9	15.0	14.9
B2	28	6.5	101.0	15.7	
B2	28	6.5	89.9	13.9	

3.6.2 Mortero de acabado

Resistencia a tensión (kg/cm ²)					
Briqueta	Edad (días)	Area (cm ²)	Carga (kg)	f _c (kg/cm ²)	Promedio
B1	7	6.5	61.2	9.5	9.1
B1	7	6.5	56.7	8.8	
B1	7	6.5	59.0	9.1	
B2	28	6.5	56.7	8.8	9.7
B2	28	6.5	68.0	10.5	
B2	28	6.5	63.5	9.8	

3.7 Resistencia a la flexión (ASTM C-348)

Probeta	Edad (días)	Carga (Kg)	f _c (Kg/cm ²)	promedio
1	7	215.0	13.2	12.3
1	7	185.0	11.4	
2	28	325.0	23.6	23.9
2	28	335.0	24.3	



3.8 Permeabilidad al agua

MORTERO	VELOCIDAD DEL VIENTO	
	100 Km/h	140 Km/h
	Permeabilidad (ml/seg)	Permeabilidad (ml/seg)
Acabado	0.002020	0.002353

Tiempo para 100 Km/h=495seg

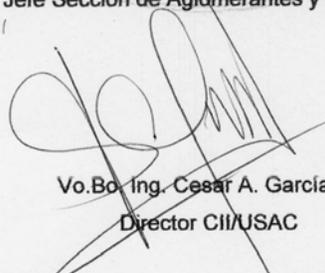
Tiempo para 140 Km/h=425seg

Pérdida en columna de agua (cm)	Pérdida de volúmen de agua (ml)	Tiempo acumulado (seg)
10 a 9	1	426
9 a 8	2	923
8 a 7	3	1402
7 a 6	4	1874
6 a 5	5	2345
5 a 4	6	2833

Atentamente:


Ing. Sergio V. Castañeda L.

Jefe Sección de Aglomerantes y Morteros


Vo.Bo. Ing. Cesar A. García G.

Director CII/USAC



Figura 28. Informe de la Sección de Aglomerantes, caracterización del cemento.



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



Orden de Trabajo No. 19719

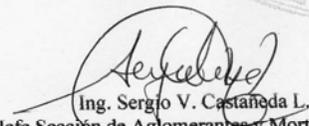
Informe No. 03/2006 S. AM

Interesado: Sergio Gómez
Proyecto: Tesis "Caracterización físico-mecánica de morteros utilizando agregado del municipio de San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz".
Asunto: Caracterización de Cemento
Fecha: 21 de febrero de 2006

1. **Generalidades:** el interesado proporcionó un saco sellado de cemento, identificado de la siguiente manera:
Cemento UGC
Cementos Progreso
2. **Procedimiento:** se trabajó de acuerdo a lo indicado en la norma ASTM C-595
3. **Resultados:**
 - 3.1. **Caracterización de Cemento Progreso UGC (ASTM C-595)**

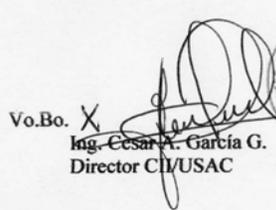
Parámetro		Resultado
Superficie Blaine	Específica	3,950.0 cm ² /gr.
	Fineza tamiz No. 325	94.2 %
Fraguado Vicat	Inicial	166.0 min.
	Final	291.0 min.
Masa Específica		2.96 gr./cm ³
Expansión en Autoclave		0.1 %
Resistencia a la Compresión Kg./cm ²	1 día	110.1 Kg./cm ²
	3 días	179.7 kg./cm ²
	7 días	219.8 kg./cm ²
	28 días	299.6 Kg./cm ²

Atentamente:



Ing. Sergio V. Castañeda L.
Jefe Sección de Aglomerantes y Morteros

Vo.Bo.



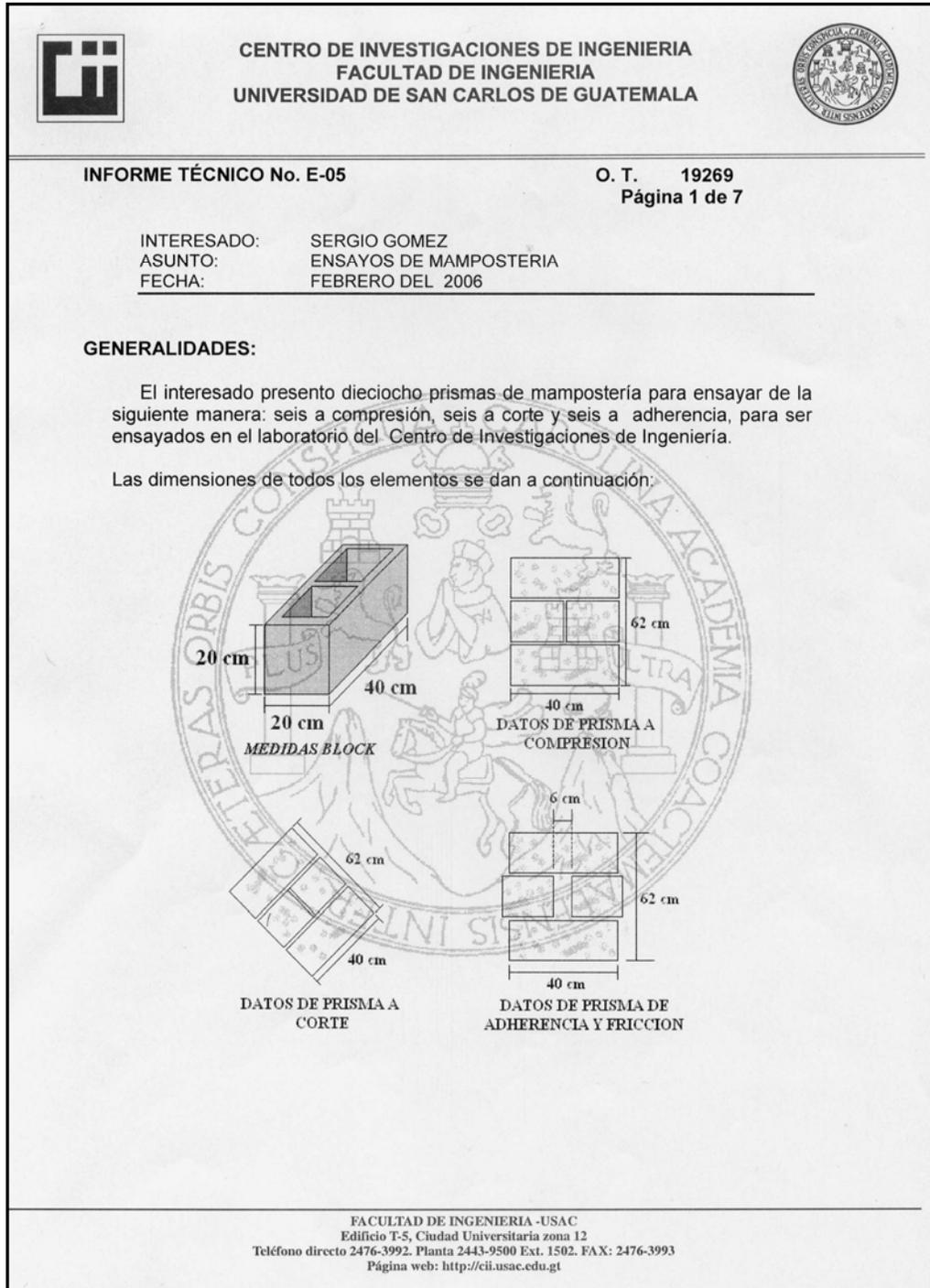
Ing. César A. García G.
Director CI/USAC



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

1

Figura 29. Informe de la Sección de Estructuras, ensayos de mampostería.

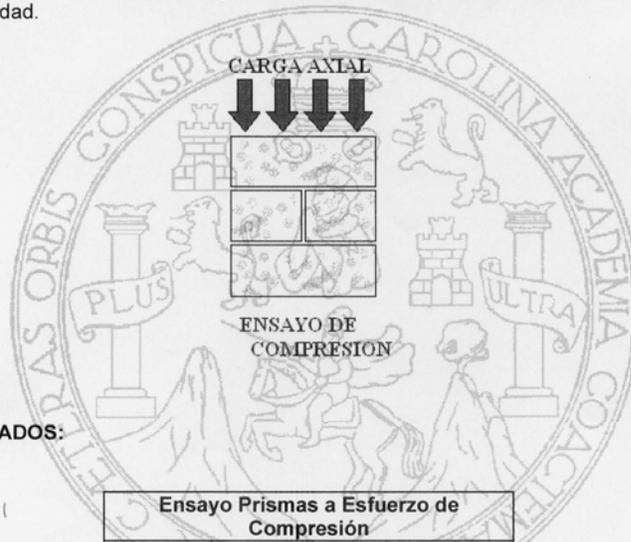




ENSAYO DE PRISMAS A COMPRESION

Procedimiento de ensayo:

Se coloca el prisma en el marco de carga debidamente nivelado verticalmente, para aplicarle carga vertical (de compresión) en su sección transversal. La carga se aplica gradualmente hasta observar el tipo de falla y la carga en la que ocurre hasta llegar al colapso. Los prismas se ensayaron a 7 y 28 días de edad.



RESULTADOS:

Ensayo Prismas a Esfuerzo de Compresión		
Prisma #	Carga Última Kgsf	
	7 días	28 días
1	11538.46	10859.73
2	12669.68	16515.84
3	13574.66	14705.88
Promedio	12594.27	14027.15



ENSAYO DE PRISMAS A CORTE

Procedimiento de ensayo:

Se coloca el prisma en el marco de carga sobre una esquina formando una línea vertical con la esquina opuesta. La carga se aplica gradualmente en la esquina superior hasta observar el tipo de falla y la carga en la que ocurre hasta llegar al colapso. Los prismas se ensayan a 7 y 28 días de edad.

CARGA VERTICAL



ENSAYO DE CORTE

RESULTADOS:

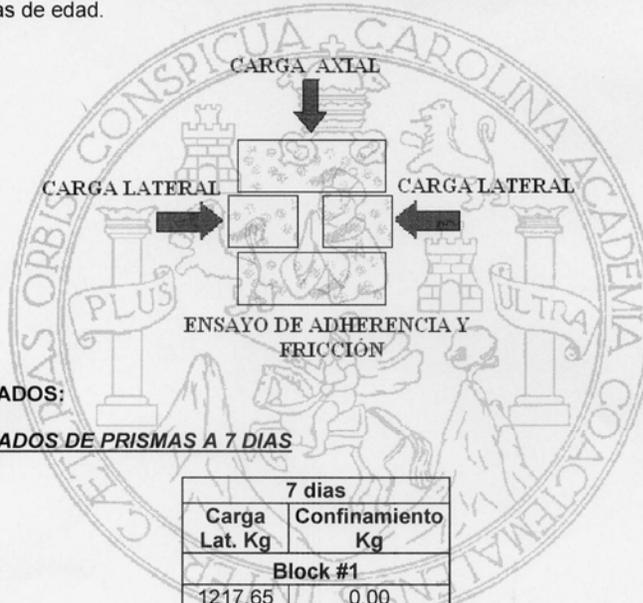
Ensayo Prismas a Esfuerzo de Corte		
Prisma #	Carga Última Kgsf	
	7 días	28 días
1	1357.47	2371.04
2	1493.21	2669.68
3	0.00	2624.43
Promedio	1425.34	2555.05



ENSAYO DE PRISMAS A ADHERENCIA:

Procedimiento de ensayo:

Se coloca el prisma dentro del marco de adherencia para aplicarle una carga vertical (confinamiento) y cargas laterales a los costados. La carga se aplica sobre el prisma axialmente, aplicando cargas laterales hasta que los elementos se desplacen, tomando lecturas de dichas cargas hasta llegar al colapso. Los prismas se ensayan a 7 y 28 días de edad.



RESULTADOS:

RESULTADOS DE PRISMAS A 7 DIAS

7 dias	
Carga Lat. Kg	Confinamiento Kg
Block #1	
1217.65	0.00
1966.97	669.00

7 dias	
Carga Lat. Kg	Confinamiento Kg
Block #2	
1404.98	0.00
2107.47	669.00

✓ El **Block # 3** no se determino su carga por haber colapsado antes de ensayarlo.



RESULTADOS DE PRISMAS A 28 DIAS

28 días	
Carga Lat. Kg	Confinamiento Kg
Block #1	
1311.31	0.00
2060.63	669.00

28 días	
Carga Lat. Kg	Confinamiento Kg
Block #2	
1217.65	0.00
1966.97	669.00

- ✓ El Block # 3 no se determino su carga por haber colapsado antes de ensayarlo.

ANALISIS DEL RESULTADOS:

- ✓ El promedio de los ensayos de prismas a compresión a los diferentes tiempos es de:

Ensayo de Compresión	
Muestra (Dias)	Resistencia Ultima (Kg)
7	12594.27
28	14027.15

- ✓ Las áreas transversales de los block son las siguientes:

Areas del Block	
Area Bruta (cm ²)=	546.84
Area Neta (cm ²)=	347.38



INFORME TÉCNICO No. E-05

O. T. 19269
Página 6 de 7

- ✓ El esfuerzo último de los prismas ensayados a compresión es de:

<i>Ensayo de Compresión (f'm)</i>		
Muestra (Días)	Esfuerzo Ultimo (Kg/cm2) (AREA BRUTA)	Esfuerzo Ultimo (Kg/cm2) (AREA NETA)
3	23.03	36.26
7	25.65	40.38

- ✓ Los módulos de elasticidad de los prismas a compresión es de:

<i>Módulos de Elasticidad(7 días)</i>	
Em(Kg)=	17273.25
Ec(Kg)=	9189.37

<i>Módulos de Elasticidad(28 días)</i>	
Em(Kg)=	19238.46
Ec(Kg)=	10234.86

- ✓ Un prisma ensayado a corte equivale a un 70% de un sistema de un muro.
✓ Los promedios de la resistencia ultima en los prismas ensayados a corte es de:

<i>Ensayo de Corte</i>	
Muestra (Días)	Resistencia Ultima (Kg)
3	1425.34
7	2555.05

- ✓ La fuerza de adherencia de los prismas son las siguientes:

Muestra	<i>FUERZA DE ADHERENCIA (Kg)</i>			PROMEDIO
	No. De Muestra			
	1	2	3	
7	1217.65	1404.98	0.00	1311.31
28	1311.31	1217.65	0.00	1264.48



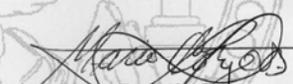
INFORME TÉCNICO No. E-05

O. T. 19269
Página 7 de 7

- ✓ El área de contacto entre el mortero y el block para obtener el esfuerzo de adherencia es de 238 centímetros cuadrados.
- ✓ Los esfuerzos de adherencia de los prismas son los siguientes:

ESFUERZO DE ADHERENCIA (Kg/cm ²)				
Muestra	No. De Muestra			PROMEDIO
	1	2	3	
7	5.12	5.90	0.00	5.51
28	5.51	5.12	0.00	5.31

- ✓ El esfuerzo de adherencia es muy pequeño, esto nos indica que no existe adherencia entre el tipo de mortero y la mampostería. Esto se observó al tratar de ensayar el tercer prisma a adherencia a los 7 y 28 días por colapsar antes de haber sido ensayados.


Ing. Mario Rodolfo Corzo
SECCION DE ESTRUCTURAS

Vo.Bo.


Ing. Cesar Garcia.
DIRECTOR CII USAC