

**“COMPORTAMIENTO DE LA MAMPOSTERIA SOMETIDA A ESFUERZOS
CORTANTES REFORZADA CON MALLAS METALICAS Y RECUBRIMIENTOS DE
MORTERO.”**



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ingeniería

**“COMPORTAMIENTO DE LA MAMPOSTERIA
SOMETIDA A ESFUERZOS CORTANTES,
REFORZADA CON MALLAS METALICAS Y
RECUBRIMIENTOS DE MORTERO.”**

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Ingeniero Civil.

Presentan

Noé Alonso Yáñez

Gelasio Mendoza Loyola

Dirigido por:

Ing. José Carlos Sotero Mendoza Pérez

Centro Universitario Querétaro, Qro., 2011.

RESUMEN

El uso de malla electrosoldada es una técnica de refuerzo y rehabilitación para viviendas que han sufrido daño estructural, confiable, eficiente y económica. Las NTCM-RCDF-2004 consideran el uso de Malla electrosoldada pero no especifican el uso de otros tipos de malla, además con respecto al mortero de recubrimiento especifica que este debe de ser tipo I. El objetivo de la presente investigación fue estudiar 3 tipos de malla: Malla Electrosoldada (ME), Multimalla Ferretera (MM) y Tela de Gallinero (TG), las cuales tenían diferentes tamaños de aberturas y cuantías; además de estudiar tres tipos de mortero de recubrimiento (Tipo I, II y III). Todas estas variables aplicadas a muretes de 70x70 cm. Las mallas se fijaron a los muretes por medio de clavos de acero para madera de 2.5" y se recubrieron con aproximadamente 2 cm de mortero, posteriormente se ensayaron en diagonal para poder obtener el esfuerzo cortante y posteriormente mediante la gráfica *esfuerzo cortante-deformación angular* de cada espécimen, se obtuvo su módulo de rigidez. De los resultados obtenidos se observó que el simple hecho de colocar recubrimiento incrementa la resistencia a esfuerzo cortante, y al colocar mallas de refuerzo se lograron incrementos de hasta el 20%, principalmente para especímenes recubiertos con morteros tipo I y II. Adicionalmente se observó que cualquier tipo de refuerzo es adecuado, y no se recomienda el uso de mortero tipo III como recubrimiento.

Palabras Clave: Muretes, Esfuerzo Cortante, Refuerzo, Mallas metálicas, Recubrimiento y Módulo de Rigidez.

DEDICATORIA

En

AGRADECIMIENTOS

En

INDICE

RESUMEN	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
INDICE.....	iv
INDICE DE TABLAS	vi
INDICE DE FIGURAS	vii
1. INTRODUCCION.....	1
1.1 GENERALIDADES.....	2
1.1.1 MATERIALES	3
1.1.2 TIPOS DE MUROS.....	8
2. ANTECEDENTES	15
2.1. TRABAJOS PREVIOS	15
• Alcocer (2003)	15
• Reinhortn y Prawel (1991)	16
• Ruiz (1995).....	17
• Alcocer y Zepeda (1996).....	17
• López de Oliveira (2001).....	18
• NTCM-RCDF-2004.....	22
2.2. DESCRIPCION DEL PROBLEMA.....	24
2.3. OBJETIVOS	25
2.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	25
2.3.2. OBJETIVOS PARTICULARES	25
2.4. HIPOTESIS	25
2.4.1. HIPOTESIS GENERAL.....	25
2.4.2. HIPOTESIS PARTICULARES	25
3. MATERIALES Y METODOS.....	26
3.1. PROPIEDADES DE LAS PIEZAS	26
3.1.1. DIMENSIONES DE LAS PIEZAS (cm)	26
3.1.2. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f_p) (MPa)	27
3.1.3. ABSORCIÓN MAXIMA INICIAL (C_b) (gr/min)	28
3.1.4. ABSORCIÓN MÁXIMA A 24 HRS (%)	29
3.1.5. COEFICIENTE DE SATURACIÓN (ADIMENSIONAL)	30
3.1.6. MÓDULO DE RUPTURA (f_r) (MPa)	30

3.1.7.	PESO VOLUMÉTRICO (γ) (ton/m ³)	31
3.2.	PROPIEDADES DEL MORTERO	32
3.3.	PROPIEDADES DEL ENSAYE DE MURETES SIN REFUERZO	33
3.3.1.	FUNDAMENTOS DE LA PRUEBA A COMPRESIÓN DIAGONAL.....	34
3.3.2.	MAQUINA DE PRUEBA.....	35
3.3.3.	DISPOSITIVO PARA MEDIR EL ACORTAMIENTO Y EL ALARGAMIENTO DE LAS DIAGONALES	36
3.3.4.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL	37
3.3.5.	MÓDULO DE RIGIDEZ A CORTANTE.....	38
3.3.6.	MODOS DE FALLA.....	40
3.4.	PROPIEDADES DEL ENSAYE EN MURETES REFORZADOS.....	41
3.4.1.	DESCRIPCIÓN DE LOS ESPECÍMENES.....	41
3.4.2.	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.	42
3.4.3.	RESISTENCIA A LA COMPRESION DIAGONAL	43
3.4.4.	MODOS DE FALLA.....	44
4.	RESULTADOS	46
4.1.	PROPIEDADES DE LAS PIEZAS	46
4.2.	PROPIEDADES DEL MORTERO	46
4.3.	PROPIEDADES DE MURETES.....	48
4.4.	TIPOS DE FALLA EN ESPECIMENES ENSAYADOS.....	51
	<i>TESTIGOS</i>	51
	<i>MURETES CON RECUBRIMIENTO</i>	51
	<i>MURETES REFORZADOS CON MALLA ELECTROSOLDADA</i>	52
	<i>MURETES REFORZADOS CON MULTIMALLA</i>	52
	<i>MURETES REFORZADOS CON TELA DE GALLINERO</i>	53
5.	CONCLUSIONES	54
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	59
	APÉNDICE-A. PROPIEDADES DE LAS PIEZAS	61
	APÉNDICE-B. PROPIEDADES DEL MORTERO	64
	APÉNDICE-C. GRAFICAS ESFUERZO CORTANTE -DEFORMACION ANGULAR.....	78

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Propiedades mecánicas de piedras naturales (Robles et al., 1984).....</i>	<i>4</i>
<i>Tabla 2. Clasificación de piezas de acuerdo a los materiales empleados en su fabricación (NMX-C-404-ONNCCE-2005).</i>	<i>5</i>
<i>Tabla 3. Dimensiones nominales de piezas de mampostería.....</i>	<i>6</i>
<i>Tabla 4. Características típicas de algunas piedras artificiales (Robles et al., 1984).</i>	<i>7</i>
<i>Tabla 5. Proporcionamientos en volumen, recomendados para mortero en elementos estructurales (NTCM-RCDF-2004).</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 6. Proporcionamientos en volumen a utilizar para el recubrimiento de los muretes.</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 7. Cuantías de acero de las mallas utilizadas.</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 8. Propiedades de las piezas</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 9. Valores de diseño de muestras de mortero de pega.</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 10. Valores de diseño de muestras de mortero de recubrimiento tipo I.</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 11. Valores de diseño de muestras de mortero de recubrimiento tipo II.</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 12. Valores de diseño de muestras de mortero de recubrimiento tipo III.</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 13. Valores de resistencia al esfuerzo cortante.</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 14. Valores del Módulo de Rigidez a cortante.</i>	<i>50</i>

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Requisitos para muros de mampostería confinada (NTCM-RCDF-2004)</i>	8
<i>Figura 2. Castillos y Dalas (NTCM-RCDF-2004)</i>	8
<i>Figura 3. Reforzamiento en el perímetro de aberturas (NTCM-RCDF-2004)</i>	9
<i>Figura 4. Detallado de muro diafragma</i>	10
<i>Figura 5 . Interacción marco-muro diafragma</i>	10
<i>Figura 6. Requisitos para mampostería con refuerzo interior (NTCM-RCDF-2004)</i>	11
<i>Figura 7. Conectores entre muros sin traslape de piezas (NTCM-RCDF-2004)</i>	12
<i>Figura 8. Refuerzo en aberturas y pretiles (NTCM-RCDF-2004)</i>	12
<i>Figura 9. Refuerzo por integridad (NTCM-RCDF-2004)</i>	13
<i>Figura 10. Desempeño de un muro de mampostería existente, nivel de daño esperado y posibles esquemas de rehabilitación. (Alcocer, 2003)</i>	16
<i>Figura 11. Muro revestido (Reinhorn and Prawel, 1991)</i>	16
<i>Figura 12. Envoltentes de respuesta del modelo 3D y 3D-R (Ruiz, 1995)</i>	17
<i>Figura 13 . Envoltentes de respuesta de muros reforzados con mallas de alambre electrosoldado (Alcocer et al., 1996; Zepeda et al., 1996)</i>	18
<i>Figura 14. Procedimiento para compresión diagonal</i>	20
<i>Figura15 Representación de envoltentes de los especímenes</i>	21
<i>Figura 16. Refuerzo con malla de alambre soldado y recubrimiento de mortero</i>	23
<i>Figura 17. Muestra de tabicones ensayados para determinar sus dimensiones</i>	26
<i>Figura 18. Ensaye a compresión de tabicones</i>	27
<i>Figura 19. Prueba de Absorción inicial</i>	28
<i>Figura 20. Especímenes en saturación por 24 hrs en agua fría</i>	29
<i>Figura 21. Especímenes en condición de saturación sometidos por 5 hrs al agua hirviendo</i>	30
<i>Figura 22. Prueba para determinar el módulo de ruptura</i>	31
<i>Figura 23. Proceso de pesado para el cálculo del peso volumétrico</i>	32
<i>Figura 24. Cubos de muestras de mortero, y su ensaye correspondiente</i>	33
<i>Figura 25. Murete para prueba a compresión diagonal (APROYNMX-C-000-ONNCCE-2010)</i>	35
<i>Figura 26. Máquina de prueba usada para el ensaye de pilas</i>	36
<i>Figura 27. Dispositivo para medir el acortamiento y el alargamiento de las diagonales</i>	37
<i>Figura 28. Dimensiones nominales de los muretes a ensayar</i>	37
<i>Figura 29. Forma de ensaye de muretes</i>	38
<i>Figura 30. Curva esfuerzo cortante-deformación angular típica de muretes</i>	39
<i>Figura 31. Análisis de la rigidez a cortante (APROYNMX-C-000-ONNCCE-2010)</i>	40
<i>Figura 32. Falla producida por tensión diagonal</i>	41
<i>Figura 33. Tipos de malla a utilizar</i>	41
<i>Figura 34. Distribución de la cuantía de acero así como la distribución de anclajes</i>	42
<i>Figura 35. Procedimiento de colocación de anclajes y malla en cada murete</i>	43
<i>Figura 36. Colocación del mortero de recubrimiento en los muretes</i>	44

<i>Figura 37. Falla por tensión diagonal.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 38 . Falla por aplastamiento.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 39. Falla combinada.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 40. Grafica de esfuerzo cortante.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 41. Grafica de Modulo de rigidez a cortante.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 42. Tipos de falla presentados en muretes Testigo.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 43. Tipos de falla presentados en muretes Testigo.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 44. Tipos de falla presentados en muretes Reforzados con malla electrosoldada.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 45. Tipos de falla presentados en muretes Reforzados con Multimalla.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 46. Tipos de falla presentados en muretes Reforzados con Tela de Gallinero.....</i>	<i>53</i>

1. INTRODUCCION

En edificaciones donde se emplean elementos de mampostería, es necesario conocer técnicas que permitan recuperar y mejorar las características estructurales de estas, dañadas ante la eventualidad de acciones accidentales. Una de las eventualidades más importantes la acción de efectos sísmicos, induciendo esfuerzos cortantes a los muros de mampostería; sin embargo, existen muchas otras situaciones en las que se pueden producir este tipo de sollicitación en la mampostería, como por ejemplo, cuando se producen hundimientos diferenciales, o bien aún bajo la acción de cargas gravitacionales cuando existe una distribución poco uniforme de cargas verticales en un determinado muro. El uso de malla de alambre electrosoldada en muros de mampostería es una técnica de rehabilitación de las viviendas que han sufrido daño estructural, la cual es confiable, eficiente y económica. Con esta técnica se pueden esperar incrementos en resistencia, rigidez y capacidad de deformación originales superiores al 20, 50 y 100 por ciento.

El presente trabajo tiene como finalidad el estudio de dos variables importantes para esta técnica de rehabilitación, las variables de estudio son: la cuantía de acero (tipo de malla) y el tipo de mortero empleado como recubrimiento, pretendiendo con esto encontrar la influencia de estas 2 variables en la técnica de rehabilitación, ya que se ha observado que estas variables son fundamentales para que se obtengan mejores resultados.

En el Capítulo 1 se discuten los aspectos más generales del tema. Se menciona un poco de historia, se describe el tipo de los materiales empleados, así como el comportamiento en conjunto de los materiales, de igual forma se hace mención a los diversos sistemas estructurales y tipos de muro. Cada uno de estos puntos mencionados es de vital importancia debido a que nos plantea una idea general para abarcar el tema de estudio.

En el Capítulo 2 se presenta una revisión bibliográfica de antecedentes, que introduce al campo de investigaciones relacionadas sobre la técnica de rehabilitación que es el uso de mallas metálicas como refuerzo de muros de

mampostería. Además, se hacen mención los objetivos e hipótesis a partir de los cuales se formalizó esta investigación.

En el Capítulo 3 se describe en forma detallada la metodología seguida durante la investigación, que se divide en varios puntos: primero, se determinan las propiedades índices de los materiales utilizados, refiriéndose tanto a piezas como al mortero. Después, se determinaron las propiedades de los muretes de mampostería sin refuerzo. Por último, se determinaron las propiedades de los muretes reforzados.

En el Capítulo 4 se presentan los resultados más relevantes de la caracterización de piezas individuales, el ensaye de muretes, tanto reforzados como no reforzados, mostrando la resistencia de éstos a compresión diagonal, acompañados por las gráficas de comportamiento correspondiente (Apéndices).

1.1 GENERALIDADES

Es muy probable que el uso por primera vez de la mampostería haya sido por un nómada, cuando al no encontrar un refugio natural para protegerse de las adversidades de la naturaleza, decidió apilar piedras para formar un lugar donde protegerse. Sin embargo, como la transmisión de técnicas era muy lenta o simplemente no ocurría, la “invención” seguramente tuvo que repetirse en innumerables ocasiones antes de difundir cualquier descubrimiento.

El desarrollo de la técnica mencionada resulto de la implementación del mortero de barro, el cual permitió no solo apilar, sino también acomodar o asentar con más facilidad y a mucha mayor altura, las piedras irregulares que se encontraban en la naturaleza. Que a partir de este paso probablemente se comenzaron a formar las primeras aldeas. Hoy en día existen varios vestigios de poblados prehistóricos contruidos con piedras asentadas con barro.

El crecimiento y desarrollo de las civilizaciones han llevado a la construcción de grandes obras de ingeniería, por mencionar algunas, las pirámides de Egipto y México, la gran muralla china, el Coliseo Romano y muchas obras más de gran importancia. Cabe mencionar que en nuestro país existen

vestigios de las construcciones realizadas por las culturas mesoamericanas que en su tiempo habitaron aquí, por mencionar la cultura Olmeca que plasmaron sus centros ceremoniales como son La Venta, San Lorenzo y Tres Zapotes. Además data en la época clásica a Teotihuacán, Mixtla, Tajin y Palenque entre otras más.

Las estructuras de mampostería han tenido su aplicación desde tiempos muy remotos. Que con el paso del tiempo, el avance de la tecnología y la necesidad de aplicar nuevos materiales, hoy en día se ha comenzado con la fabricación de bloques de diversos materiales y tamaños. El uso de la mampostería tiene raíces muy antiguas, en muchas ocasiones se desconocen las características y propiedades de los materiales utilizados, y que como consecuencia se desconoce su comportamiento estructural.

1.1.1 MATERIALES

Los materiales que con mayor frecuencia se utilizan para la construcción de viviendas, son los elementos de mampostería. Las propiedades mecánicas de la mampostería son más variables y difíciles de predecir que las de otros materiales estructurales. Esto se debe principalmente al poco control que se tiene en las propiedades de los materiales, así como en los procesos de construcción empleados. El comportamiento estructural de la mampostería, ha sido objeto de una amplia gama de estudios experimentales y analíticos, que han dado como resultado la elaboración de normas para el control de calidad de los elementos que la constituyen así como para el diseño y construcción del producto compuesto.

Unidades y piezas

El componente esencial para la construcción de mampostería es la unidad o pieza que de acuerdo al origen se clasifican en natural y artificial. Estas unidades suelen tener su aplicación en condiciones sin labrar y labradas. En México se distinguen los siguientes tipos de mampostería de acuerdo con la forma en que ha sido labrada la unidad:

- a) Mampostería de primera. La piedra es labrada en paralelepípedos regulares con su cara expuesta en forma rectangular. Las unidades de piedra de este tipo reciben el nombre de Sillares.
- b) Mampostería de segunda. La piedra se labra en paralelepípedos de forma variable siguiendo la configuración natural con que llega de la cantera.
- c) Mampostería de tercera. La piedra se utiliza con la forma irregular con la que se extrae de la cantera, aunque procurando que la cara expuesta se aproxima a plana.

De acuerdo a sus orígenes, las propiedades de las piedras utilizadas son variables. En la siguiente tabla, se muestran las características de algunas piedras comúnmente usadas en la construcción de mampostería.

Tabla 1. Propiedades mecánicas de piedras naturales (Robles et al., 1984).

Piedra.	Peso volumétrico seco (Ton/m²).	Resistencia a compresión (Kg/cm²).	Resistencia a tensión en flexión (Kg/cm²).	Módulo de Elasticidad (Kg/cm²)*10³
Arenisca.	1.75 – 2.65	150 - 3200	60 – 120	40 - 200
Basalto	2.30 – 3.00	800 – 5800	200 – 300	100 – 300
Granito natural	2.40 – 3.20	800 – 3000	100 – 200	400 – 500
Mármol.	2.40 – 2.85	300 – 3000	35 - 200	900

Piedras Artificiales

En la construcción, existe una innumerable diversidad de piezas de mampostería, que difieren en cuanto a la materia prima utilizada, las características geométricas de la pieza y el procedimiento de fabricación utilizado. Las materias primas más comunes son: el barro, el concreto, los agregados normales o ligeros, y la arena con cal.

Es recomendable que las piezas usadas en los elementos estructurales de mampostería cumplan los requisitos de calidad para cada material especificados en las Normas Mexicanas (NMX). La NMX-C-404, determina que las piedras artificiales que se usan con fines estructurales en México deben tener cierta

calidad y las clasifica en tabiques, bloques y tabicones, las cuales deben proporcionar las siguientes características:

Tabicón: Es un elemento macizo para uso estructural de forma prismática, fabricado de concreto u otros materiales.

Bloque: Es un elemento para uso estructural que se obtiene por el moldeo del concreto o de otros materiales, de forma prismática y este puede ser hueco o macizo.

Tabique (ladrillo): Es un elemento para uso estructural, de forma prismática fabricado con arcillas comprimidas o extrudidas, mediante un proceso de cocción o de otros materiales con procesos diferentes. La Norma NMX-C-404-ONNCCE-2005 hace una clasificación de las piezas de mampostería de la forma siguiente:

Tabla 2. Clasificación de piezas de acuerdo a los materiales empleados en su fabricación (NMX-C-404-ONNCCE-2005).

TIPO DE PIEZA	MATERIALES	FORMA
Bloque	Grava-Cemento	Rectangular
	Arena-Cemento	Rectangular
	Barro Extruido	Rectangular
	Barro Recocido	Rectangular
	Silico Calcáreos	Rectangular
	Otros.	Otras
Tabique (Ladrillo) Macizo Hueco	Barro Recocido	Rectangular
	Barro Recocido	Rectangular
	Otros (concreto)	Rectangular
Multiperforado		Otras
	Grava-Cemento	Rectangular
	Arena-Cemento	Rectangular
Tabicón	Tepojal-Cemento	Rectangular
	Otros	Otras

Dicha norma (NMX-C-404-ONNCCE-2005) contempla dos tipos de piezas, huecas y macizas. Las piezas huecas son aquellas con el área de las celdas no mayor del 25 % de su área total, y cuyas paredes exteriores no tienen espesores menores de 20 mm; mientras que las piezas macizas, son aquellas cuya área de

las celdas es mayor del 25% del área total pero menor o igual del 50% y cuyas paredes exteriores no tienen espesores menores de 15 mm.

La NMX-C-404-ONNCCE-2005, se refiere a las dimensiones para las piezas de mampostería, dividiéndolas en bloques de concreto, tabiques de barro y tabicones (Tabla 3). Dichas dimensiones incluyen la junta de albañilería.

Tabla 3. Dimensiones nominales de piezas de mampostería.

TIPO DE PIEZA	ESPECIFICACION Y TOLERANCIA	
	Tipo de block (cm)	Espesor mínimo de paredes exteriores (mm)
Dimensiones para Bloques de concreto lisos de dos ó tres celdas	10 x 20 x 40	20
	12 x 20 x 40	20
	15 x 20 x 40	25
	20 x 20 x 40	32
	25 x 30 x 40	35
	30 x 30 x 40	38
Dimensiones para Bloques multiperforados de concreto lisos	Son piezas de 8 ó más perforaciones o alvéolos y cuyas perforaciones sean de las mismas dimensiones, y además su distribución sea uniforme. Los espesores de paredes exteriores deben ser de 15 mm como mínimo. El espesor mínimo de las paredes interiores debe ser de 10 mm. Las tolerancias en las dimensiones de las piezas son de ± 3 mm en la altura y ± 2 mm en el largo y ancho	
Dimensiones para Bloques de concreto con acabado rústico	Son piezas de concreto que tienen las mismas dimensiones que los bloques lisos, pero en este tipo de piezas se debe cuidar que la cara rústica no presente en alguna parte un espesor menor a lo que se especifica para bloques lisos. Las tolerancias en las dimensiones de las piezas son de ± 3 mm en la altura y ± 2 mm en el largo.	
Dimensiones para tabiques de barro (ladrillos)	Las dimensiones nominales mínimas deben cumplir con las siguientes medidas: 5 cm de alto, 10 cm de ancho y 19 cm de largo con una tolerancia de ± 3 mm en cualquier dimensión, sin incluir la junta de albañilería. El área neta de piezas huecas debe ser de por lo menos del 50% del área total. Para piezas huecas con 2 y hasta 4 celdas el espesor mínimo de las paredes exteriores debe ser de 20 mm y el espesor mínimo de las paredes interiores es de 13 mm. Para piezas multiperforadas y cuyas celdas sean de las mismas dimensiones y cuya distribución sea uniforme, el espesor mínimo de las paredes exteriores deben ser de 15 mm y el espesor mínimo de las paredes interiores debe ser de 7 mm	
Dimensiones para tabicones	Las dimensiones nominales mínimas de las piezas deben cumplir con las siguientes medidas: Alto 6 cm, ancho 10 cm y largo 24 cm. Las tolerancias en las dimensiones deben ser de ± 3 mm en la altura, y ± 2 mm en el largo y ancho.	

En la Tabla 4 se presentan las características de las propiedades mecánicas de las piezas de mampostería de uso más común. Dicha tabla contiene los pesos volumétricos medios, resistencias medias a compresión y coeficientes

de variación de las resistencias obtenidas de muestras de piezas fabricadas por distintos productores.

Tabla 4. Características típicas de algunas piedras artificiales (Robles et al., 1984).

Material	Resistencia a compresión f_p (kg/cm ²)	Coefficiente de variación, cv	Peso volumétrico (t/m ³)
Tabique rojo de barro recocido	35-115	10-30	1.30-1.50
Tabique extrudido perforado verticalmente	150-430	11-25	1.65-1.96
	310-570	15-20	1.61-2.06
	150-400	11-26	1.66-2.20
Tabique extruido macizo	375-900	5-16	1.73-2.05
Tabique extruido, huecos horizontales	75-80	13-18	1.25-1.32
	50-80	16-30	1.69-1.78
Bloques de concreto			
Ligero	20-50	10-26	0.95-1.21
Intermedio	20-80	7-29	1.32-1.70
Pesado	70-145	7-28	1.79-2.15
Tabicón	45-120	11-35	1.05-1.6
Silicio Calcáreo	175-200	11-15	1.79

Las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería del Reglamento de Construcción del Distrito Federal (NTCM-RCDF-2004), estipulan las características que deben de cumplir las piezas (resistencia a compresión f_p^*), así como valores recomendables de resistencia a compresión de pilas y a cortante de muretes, para las mamposterías construidas con dichas piezas y con los tres tipos de mortero que estas normas contempla. Las piezas que contemplan las normas citadas son las siguientes:

- a) *Tabique de barro recocido (arcilla artesanal maciza), $f_p^* > 60 \text{ kg/cm}^2$;*
- b) *Tabique de barro con huecos verticales, $f_p^* > 120 \text{ kg/cm}^2$;*
- c) *Con relación área neta-bruta no menor de 0.5 (arcilla industrializada hueca).*
- d) *Bloque de concreto tipo pesado, $f_p^* > 100 \text{ kg/cm}^2$;*
- e) *Con peso volumétrico neto, en estado seco, no menor de 2000 kg/m^3 .*
- f) *Tabique de concreto (tabicón), $f_p^* > 100 \text{ kg/cm}^2$*
- g) *Fabricado con arena sílica y peso volumétrico no menor de 1500 kg/m^3 .*
- h) *Piedras naturales (piedra braza, para cimientos de mampostería, muros u otros usos).*

1.1.2 TIPOS DE MUROS

1.1.2.1 Muros Confinados

Son muros reforzados con dalas y castillos que cumplen con los requisitos geométricos y de refuerzo, definidos en la sección 5.5.1 a 5.1.4 de las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (NTCM-RCDF-2004). Cuyas características se resumen en las siguientes figuras.

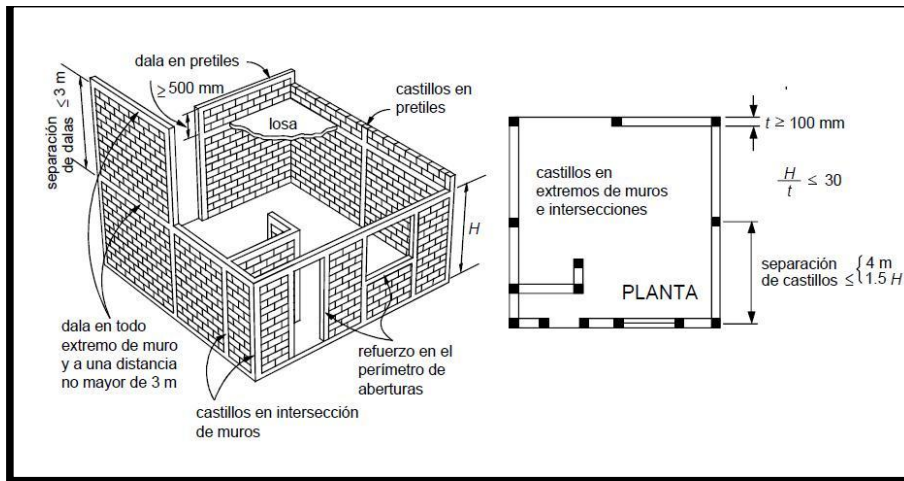


Figura 1. Requisitos para muros de mampostería confinada (NTCM-RCDF-2004).

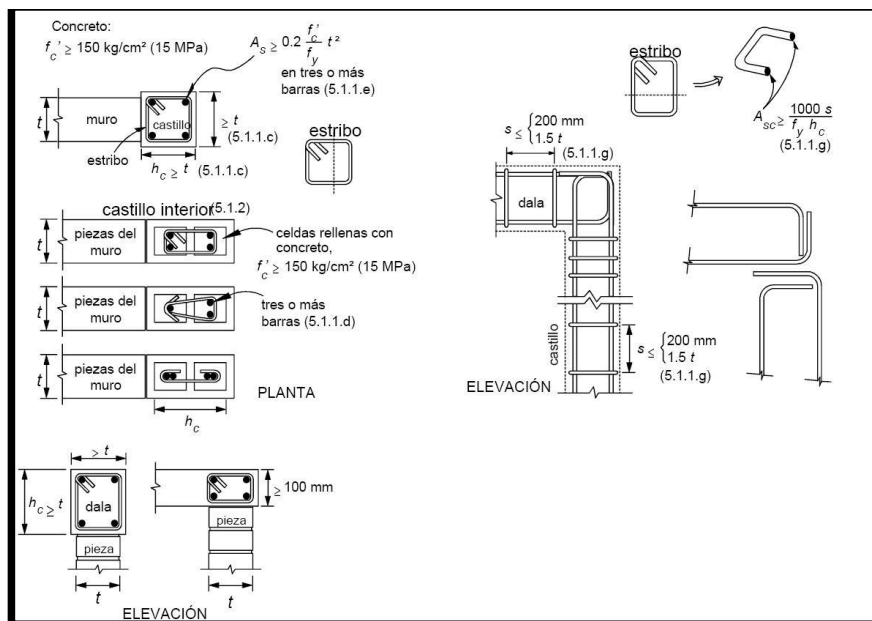


Figura 2. Castillos y Dalas (NTCM-RCDF-2004).

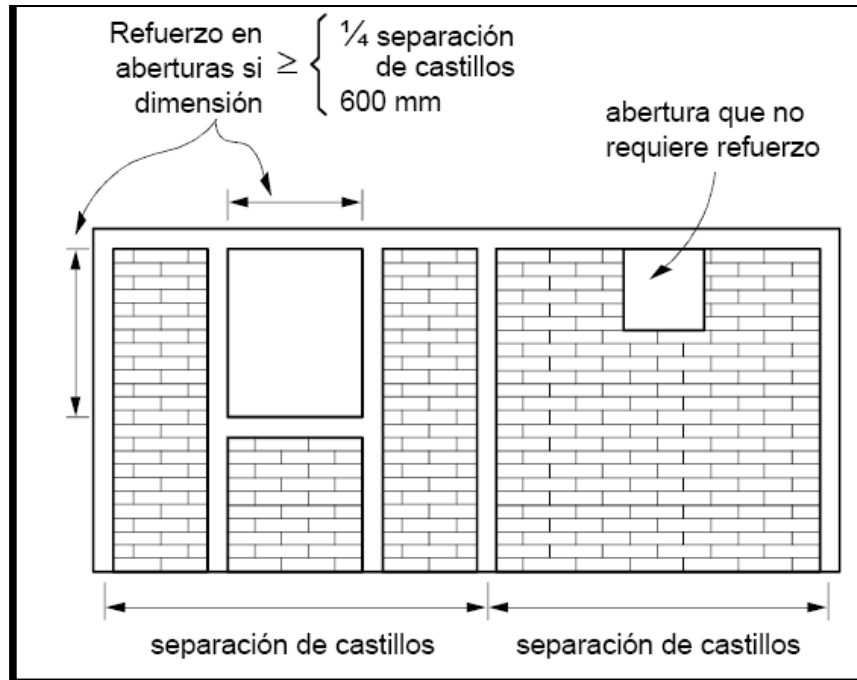


Figura 3. Reforzamiento en el perímetro de aberturas (NTCM-RCDF-2004).

1.1.2.2 Muros Diafragma

Son muros contenidos dentro de traveses y columnas de un marco estructural, al que proporcionan rigidez, ante la acción de cargas laterales, que pueden ser de mampostería confinada, reforzada interiormente, no reforzada o de piedras naturales, y con un espesor no sea menor a 10 cm.

La unión entre el marco y el muro diafragma deberá garantizar la estabilidad de éste, bajo la acción de fuerzas perpendiculares al plano del muro. Las columnas del marco deberán ser capaces de soportar, cada una, en una longitud igual a una cuarta parte de su altura libre, una fuerza cortante igual o mayor a la mitad de la carga lateral que actúa sobre el tablero. El valor de esta carga será al menos igual a la resistencia de la fuerza cortante en el plano del muro diafragma (Figura 4 y 5).

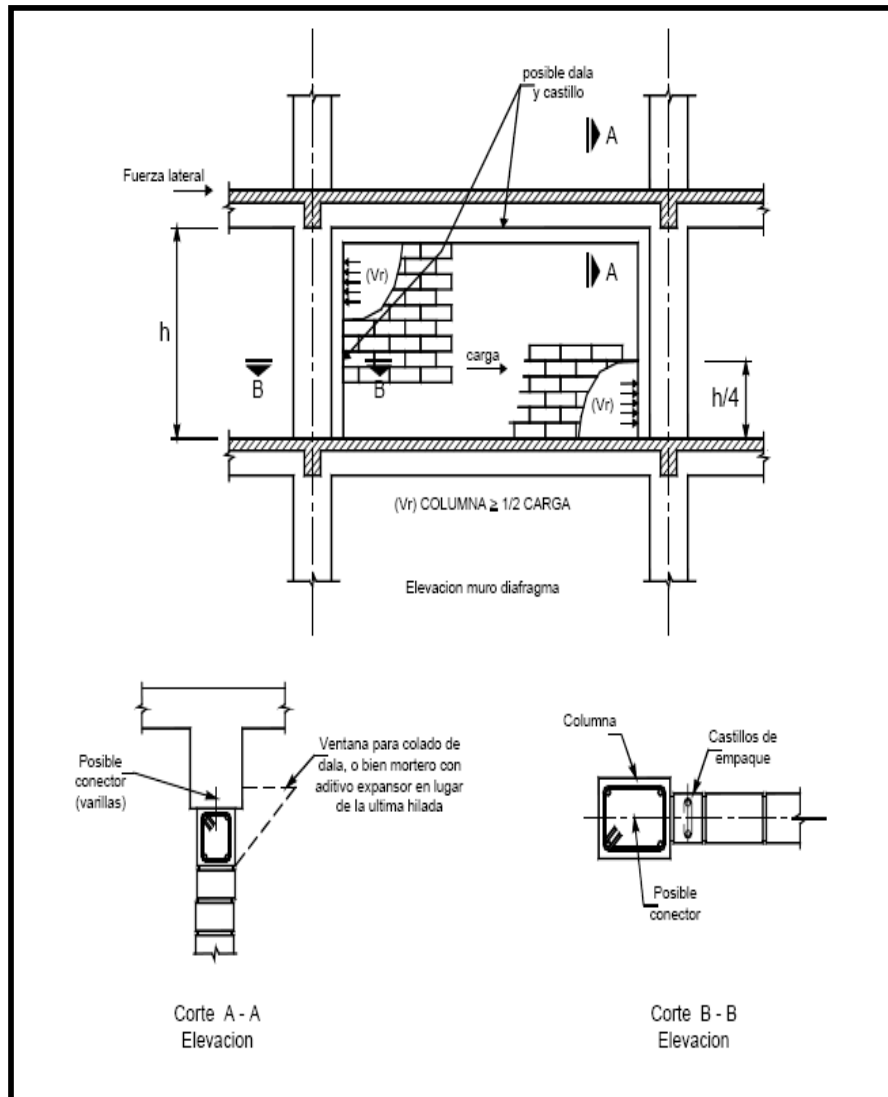


Figura 4. Detallado de muro diafragma.

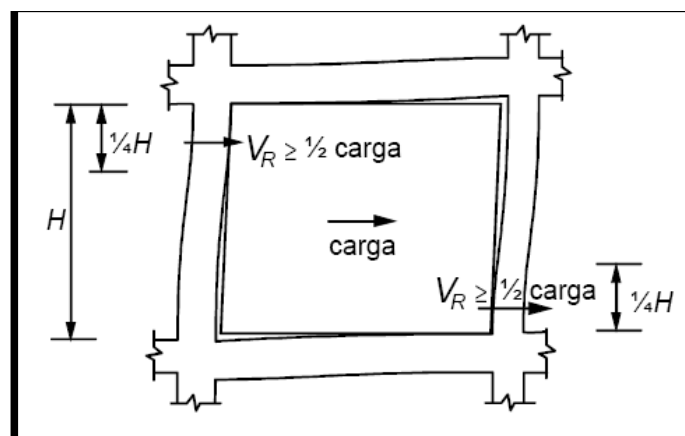


Figura 5. Interacción marco-muro diafragma

1.1.2.3 Muros Reforzados Interiormente

Son muros reforzados con barras o alambres corrugados de acero, en el sentido horizontal como en el vertical, colocados en las celdas de las piezas, en ductos o en las juntas. Que para considerarse reforzados deberán cumplir con las especificaciones que marcan los apartados 6.1.1 a 6.1.9 de las NTCM-RCDF-2004. Lo que se resumen en las figuras.

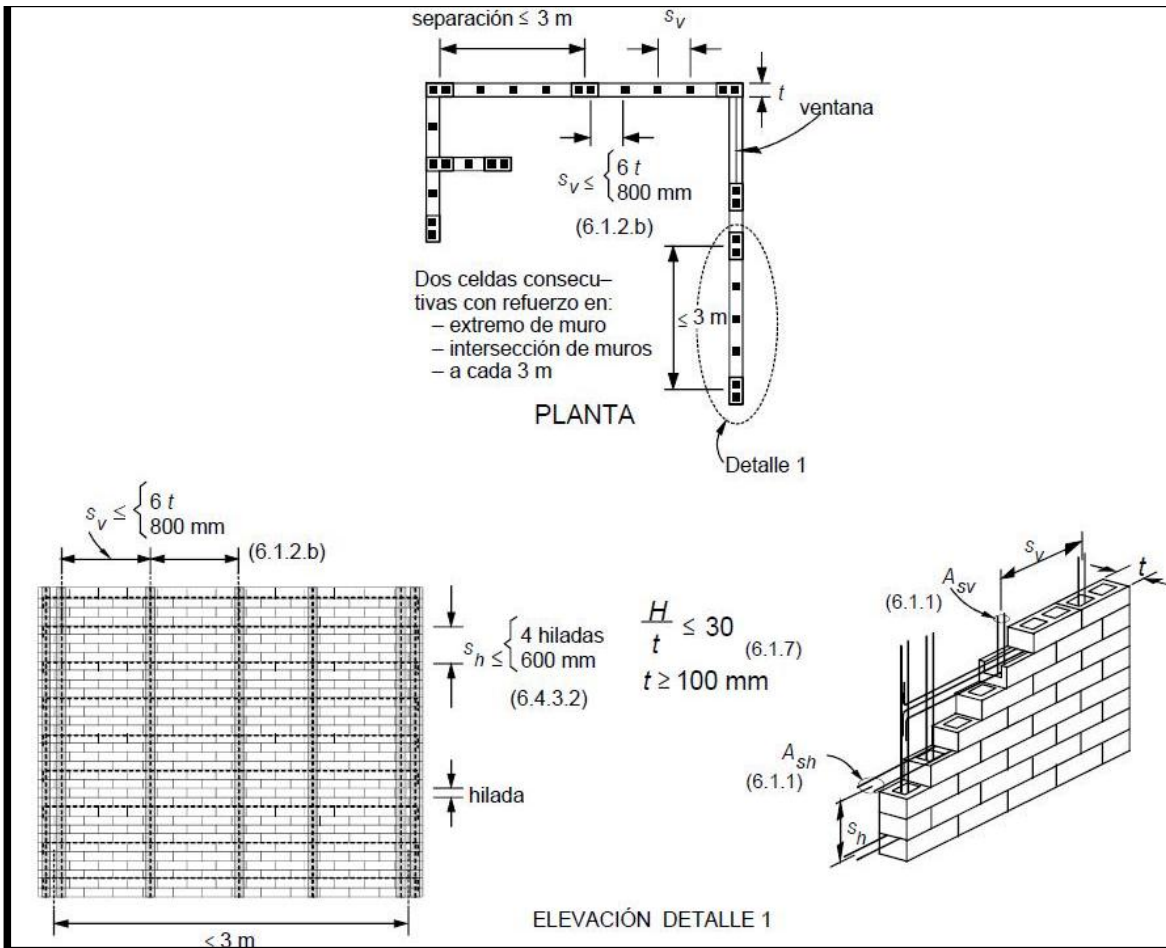


Figura 6. Requisitos para mampostería con refuerzo interior (NTCM-RCDF-2004).

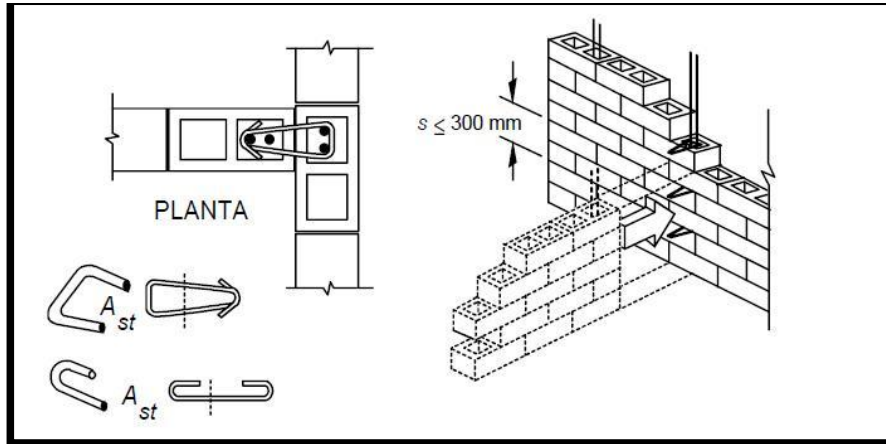


Figura 7. Conectores entre muros sin traslape de piezas (NTCM-RCDF-2004).

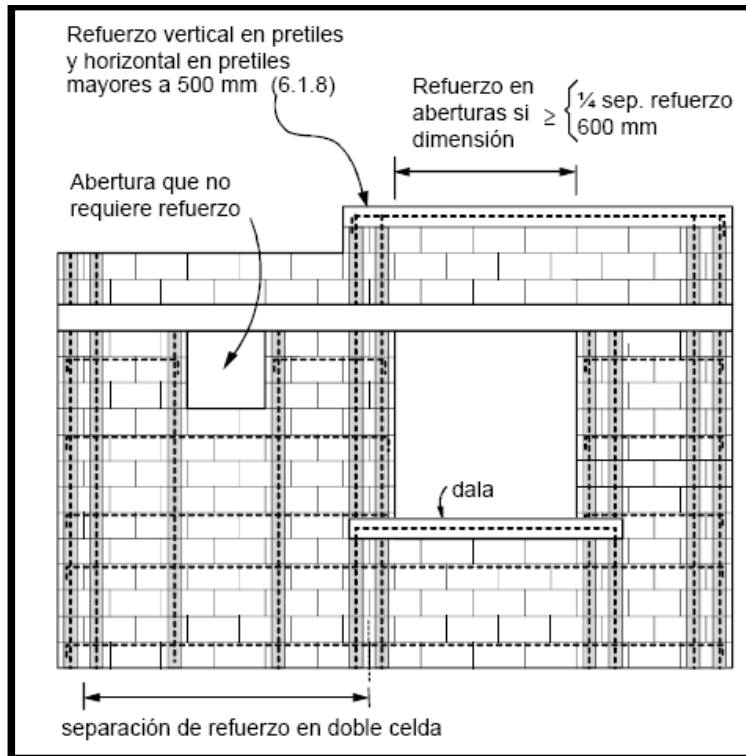


Figura 8. Refuerzo en aberturas y pretilas (NTCM-RCDF-2004).

1.1.2.4 Muros no Confinados ni Reforzados

Se entiende como muro no confinado ni reforzado a aquellos, aun cuando cuenten con algún tipo de refuerzo (exterior o interior), no cuente con el refuerzo necesario para poder ser incluidos en alguna de las tres categorías antes

mencionada. Con objeto de mejorar la redundancia y capacidad de deformación de la estructura, en todo muro de carga se dispondrá de refuerzo por integridad con las cuantías y características indicadas en las secciones 7.3.1 a 7.3.3 de las NTCM-RCDF-2004, así como se presenta a continuación (figura 9).

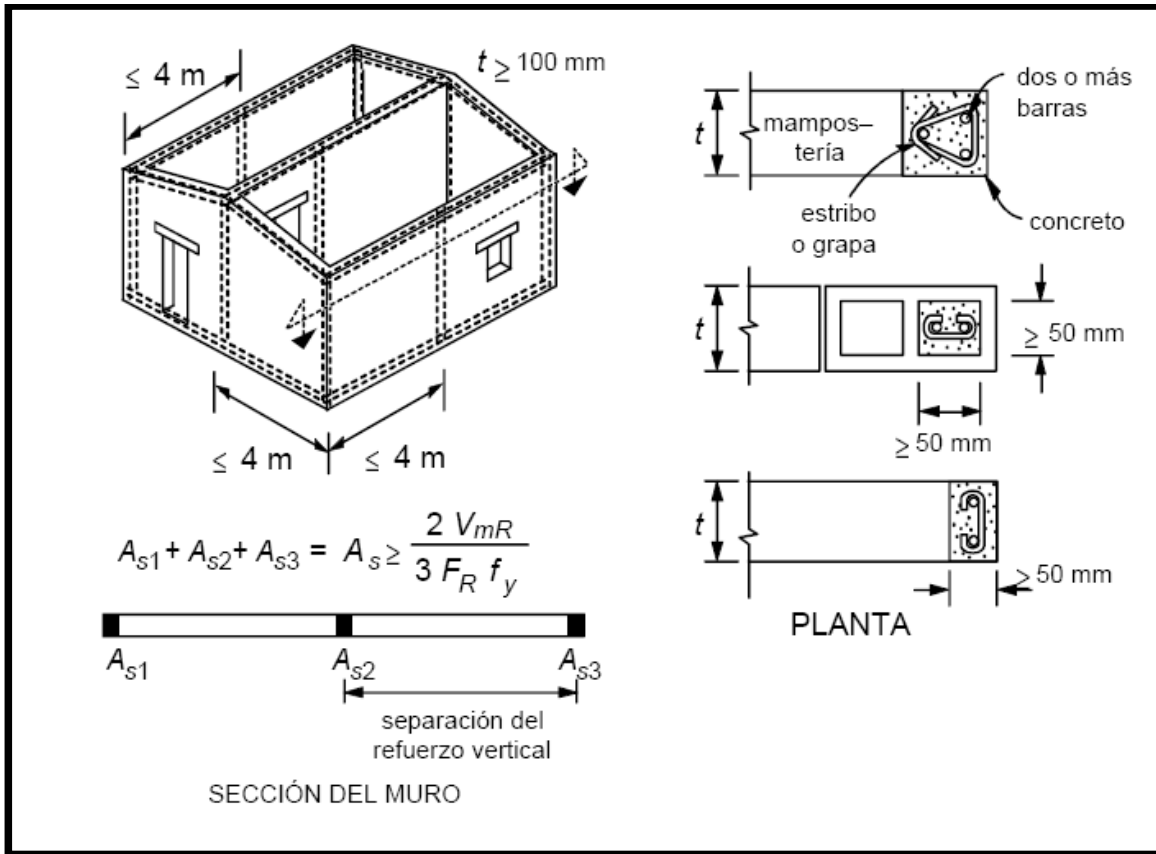


Figura 9. Refuerzo por integridad (NTCM-RCDF-2004).

1.1.2.5 Muros de piedras naturales

Son aquellos muros que funcionan como cimientos, muros de retención y otros, elaborados básicamente de mampostería clasificada como tercera, en otras palabras formados por piedras naturales sin labrar unidas por mortero.

Las piedras que se emplean en elementos estructurales deberán satisfacer las siguientes características:

- Su resistencia mínima a compresión en dirección normal a los planos de formación tiene que ser de 15 MPa (150 kg/cm²);

- b) Su resistencia mínima a compresión en dirección paralela a los planos de formación es de 10 MPa (100 kg/cm²);
- c) La absorción máxima es de 4 %;
- d) Su resistencia al intemperismo, medida como la máxima pérdida de peso después de 5 ciclos en solución saturada de sulfato de sodio, es del 10 %.

Las piedras no necesitan ser labradas, pero se evitará, en lo posible, el empleo de piedras redondeadas y de cantos rodados. Por lo menos, el 70 por ciento del volumen del elemento estará constituido por piedras con un peso mínimo de 30 kg.

Los morteros que se empleen para mampostería de piedras naturales deberán ser al menos del tipo III, cuya resistencia mínima en compresión sea de 40 kg/cm²

2. ANTECEDENTES

Una técnica comúnmente usada en la práctica para fines de rehabilitación de muros de mampostería confinada que han sufrido daño estructural, consiste en la colocación de malla de alambre electrosoldado o tipo de gallinero en la superficie de muros la cual es posteriormente recubierta con mortero de cemento. Los esquemas de rehabilitación que se estudien y desarrollen deben corregir de manera global estas debilidades, cuidando de no producir nuevas. Desde un punto de vista económico, el o los esquemas de rehabilitación deben ser rentables, debido a la condición anterior, en México y en varios países latinoamericanos se ha determinado que la técnica descrita presenta resultados alentadores en su aplicación. A continuación se describen las conclusiones más importantes derivadas de programas de investigación experimental llevados a cabo en México y en otros países para evaluar esta técnica de rehabilitación.

2.1. TRABAJOS PREVIOS

Las investigaciones referentes al encamisado de muros con malla de alambre electrosoldado se han realizado tanto en nuestro país como en el extranjero, siendo en México el CENAPRED y el Instituto de Ingeniería las instituciones más importantes que promueven y desarrollan estos estudios.

Aquí se presentan algunos de los trabajos más relevantes:

- **Alcocer (2003)**

Presenta las diferentes técnicas de rehabilitación aplicables a muros de mampostería. Se discuten las distintas modalidades de conexión entre la mampostería existente y los nuevos elementos de concreto, acero o mampostería; el reemplazo de piezas y de concreto dañados; la reparación de grietas; la inserción de barras de refuerzo; el encamisado de muros; y la adición de elementos de concreto reforzado. La gráfica es técnicamente aplicable a muros de mampostería confinada, pero con modificaciones menores se puede usar para otras modalidades de mampostería.

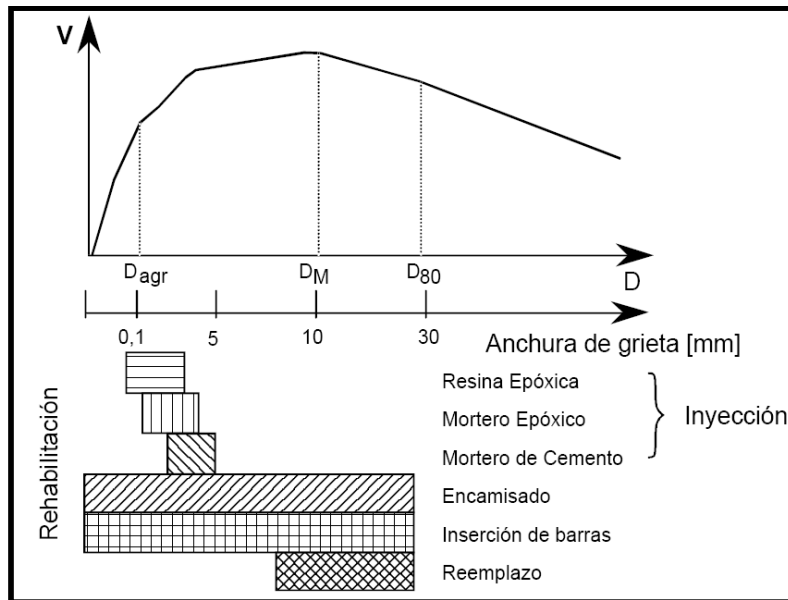


Figura 10. Desempeño de un muro de mampostería existente, nivel de daño esperado y posibles esquemas de rehabilitación. (Alcocer, 2003)

- **Reinhorn y Prawel (1991)**

Comprobaron que el empleo de un revestimiento de mortero armado logra incrementar significativamente la resistencia y ductilidad en muros de mampostería no reforzada. Utilizaron modelos de 64.8x64.8x20.3 cms, reforzando con telas metálicas de varios espaciados (de 0.32 a 5.08 cm), las telas fueron fijadas por conectores que atravesaron los muros en puntos espaciados aproximadamente a 20.32 cms.

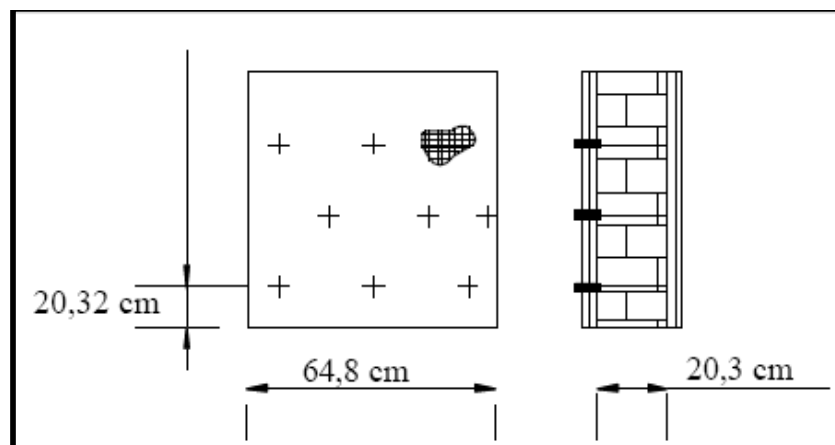


Figura 11. Muro revestido (Reinhorn and Prawel, 1991).

- **Ruiz (1995)**

Demostó que el comportamiento de muros con daño muy severo, reparados con mallas electrosoldadas y recubrimiento de mortero fue incluso mejor que el de la estructura original en términos de resistencia y capacidad de deformación. La rigidez de la estructura reparada fue 2/3 veces a la estructura original.

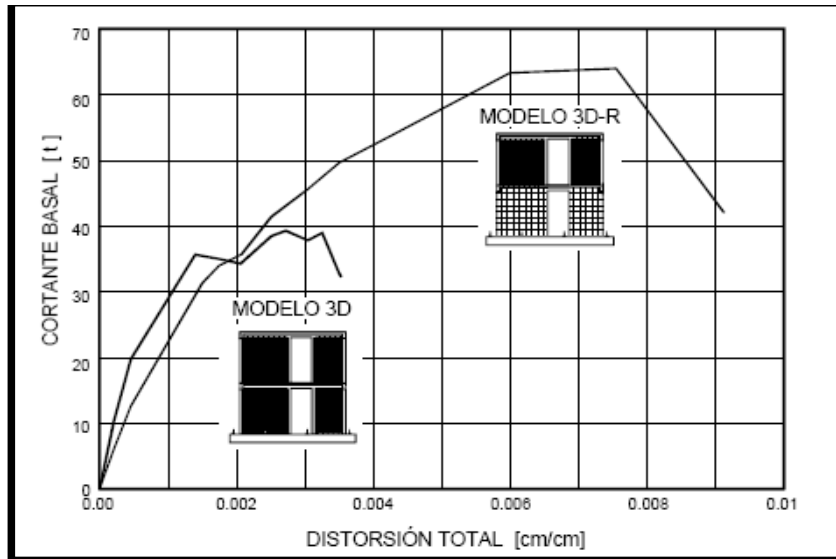


Figura 12. Envolturas de respuesta del modelo 3D y 3D-R (Ruiz, 1995)

- **Alcocer y Zepeda (1996)**

Presentaron una evaluación de la eficiencia de la malla de alambre como esquema de refuerzo en cuatro especímenes de muro. Entre las variables estudiadas se consideró la cuantía del refuerzo (0.072%, 0.147% y 0.211%), el tipo de anclaje de la malla (clavos para madera y sujetadores comerciales) y la separación del anclaje (30 cm y 45 cm). en estos estudios se observó que los clavos de madera así como los fijadores resultaron ser efectivos para el anclaje de la malla.

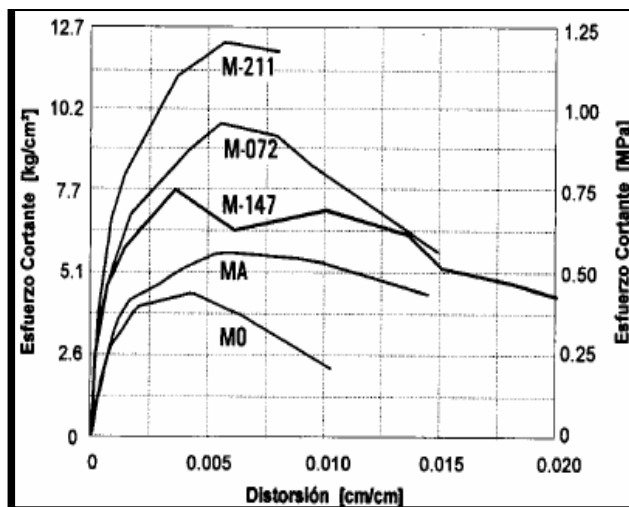


Figura 13 . Envolturas de respuesta de muros reforzados con mallas de alambre electrosoldado (Alcocer et al., 1996; Zepeda et al., 1996).

Cuantías de acero	
M-072	0.072%,
M-147	0.147%
M-211	0.211%

- **Lópes de Oliveira (2001)**

Estudio el comportamiento estructural de diferentes tipos elementos de mampostería recubiertos con diversos tipos de mortero, presentando a su vez el empleo de revestimientos de mallas de acero de varios tipos como herramientas para la rehabilitación de estos. Este comportamiento determinado bajo sollicitaciones de compresión axial y compresión diagonal, basado en las normas NBR 8949, ASTM 519 y NBR 14322 (Por la Asociación de Normas Técnicas Brasileñas). Debido a que los ensayos de compresión diagonal y compresión axial ofrecen parámetros de resistencia de gran interés.

En el campo de la construcción de mampostería estructural, su trabajo tiene como objetivo el estudio de rehabilitación en muros de mampostería empleando recubrimientos de mortero evaluando las siguientes variables:

- a) Evaluó de la eficacia de las técnicas de rehabilitación que se presentan en la literatura.

- b) Estudió la respuesta estructural de muros intactos o dañados, sometidos a diversos tipos de solicitaciones.
- c) Investigó experimentalmente y analíticamente el comportamiento del conjunto integrado por el grupo formado por las capas de recubrimiento mortero y el núcleo de mampostería.

Su estudio no sólo tiene como objetivo contribuir a la solución de fallas en construcciones de mampostería, sino también formalizar los procedimientos para la resolución y prevención de los problemas estructurales. Sin embargo, no tiene el objetivo de elaborar modelos matemáticos a través de los datos experimentales. La metodología para verificar la validez de la técnica la subdividió en dos partes; Un análisis experimental donde se realizaron pruebas físicas en muros de mampostería sometidos a distintas solicitaciones y un análisis teórico que consistió en aplicar procedimientos analíticos para evaluar el desempeño de estos muros. En el análisis numérico, en general, el único objetivo es de verificar la distribución de la magnitud de los esfuerzos que se presentan en muros de mampostería cuando se someten a las mismas solicitaciones para estudiar en el análisis experimental.

Al analizar los resultados, en las pruebas es posible observar los aspectos importantes con respecto a la resistencia, deformabilidad, ductilidad y el mecanismo de destrucción. Cabe señalar que en la descripción de los cálculos se presentan utilizando las expresiones recomendadas por la norma ASTM E-519, así como también se utilizó el procedimiento para la compresión de los especímenes de dicha norma.

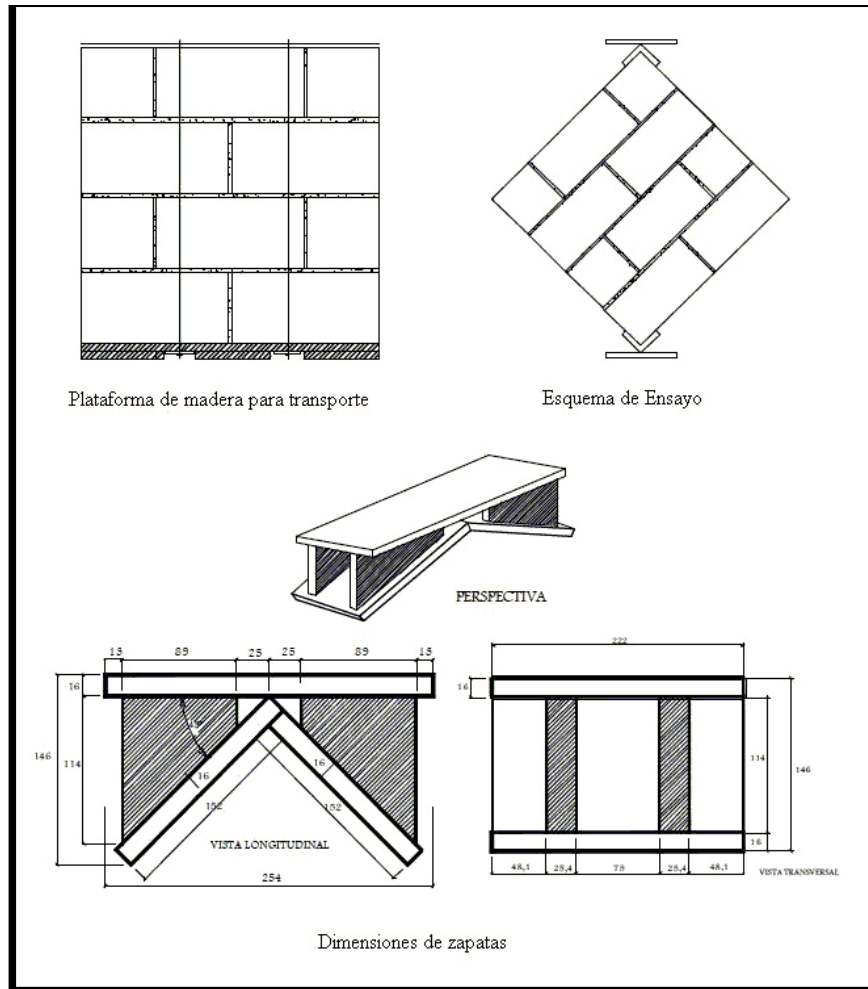


Figura 14. Procedimiento para compresión diagonal

Por medio de La gráfica fuerza-desplazamiento determinó las envolventes de respuesta y el comportamiento de los especímenes ensayados.

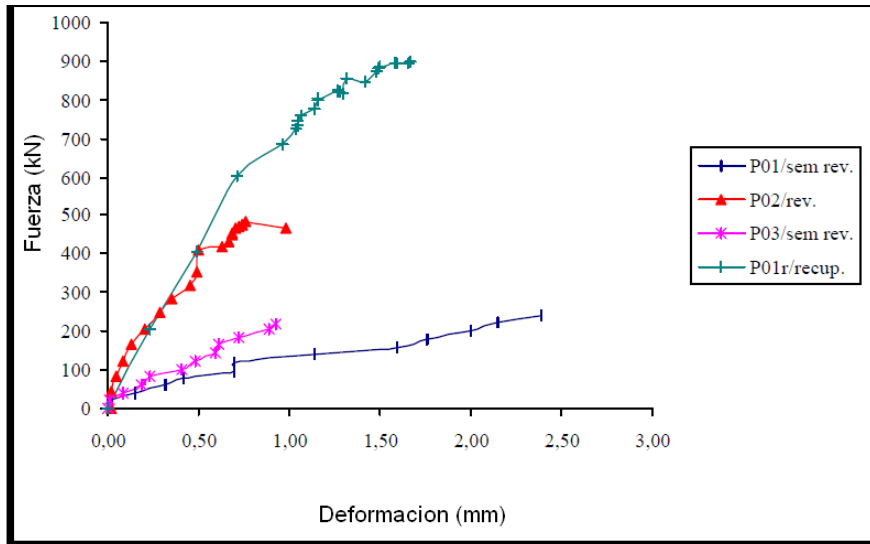
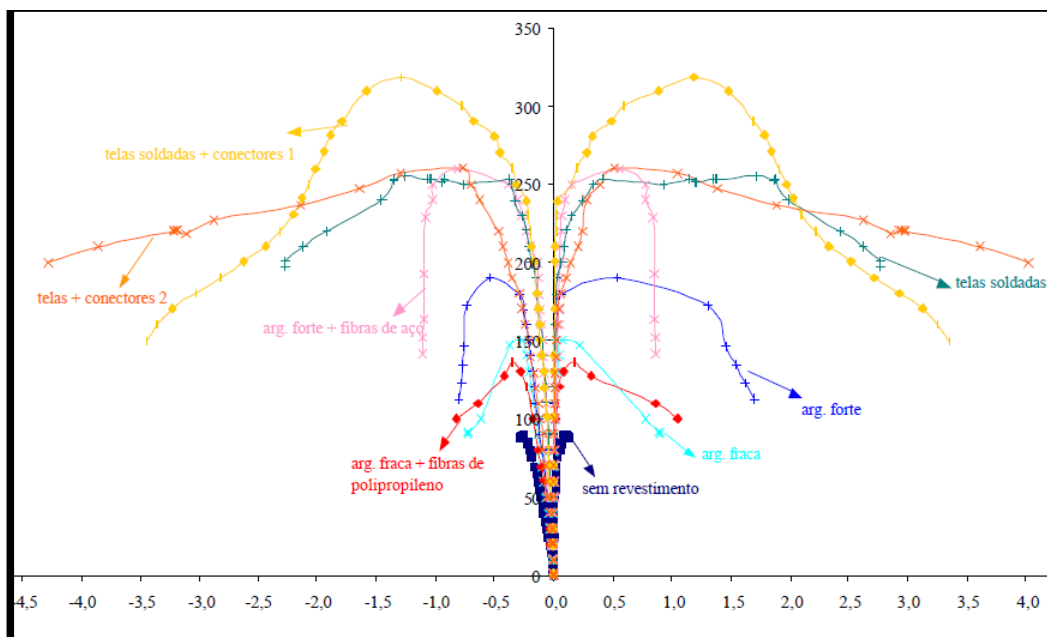


Figura15 Representación de envolventes de los especímenes



Las conclusiones establecidas en su trabajo son las siguientes:

- El recubrimiento de las paredes con mortero, por lo general aumenta su capacidad de carga y rigidez, que, en determinadas condiciones, mejora su ductilidad. Por lo tanto, se puede argumentar que el análisis técnico es capaz de ser aplicado tanto a la rehabilitación de muros y otras unidades de mampostería

- Aunque no se ha realizado un estudio detallado sobre la fuerza de unión entre el revestimiento de mortero y los bloques de mampostería, el comportamiento observado en pruebas fue satisfactorio en los muros de mampostería sometidos a flexión-compresión, al igual que en condiciones reales los muros están siempre sujetos a estas condiciones.
- Todas las pruebas de muros de mampostería realizados en esta investigación se realizaron con deformación controlada, lo que permitió obtener la curva de fuerza-deformación hasta el colapso y después del pico de fuerza. Así, fue posible evaluar no sólo el aumento de la fuerza y rigidez proporcionada por la aplicación de los recubrimientos utilizados, sino también de comprobar la su influencia en la ductilidad del elemento estructural.
- Parece posible desarrollar métodos de análisis teórico más eficaz que los actualmente empleados, sin necesidad de utilizar modelos numéricos muy complejos.

- **NTCM-RCDF-2004.**

Las Normas Técnicas Complementarias para diseño de Mamposterías del Reglamento de construcción del distrito Federal, contemplan la utilización de malla de alambre electrosoldado sin tomar en consideración la contribución del mortero en el diseño. En el apartado 3.3.6.5 menciona:

“Las mallas de alambre soldado se deberán anclar a la mampostería, así como a los castillos y dadas si existen, de manera que pueda alcanzar su esfuerzo especificado de fluencia. Se aceptará ahogar la malla en el concreto; para ello, deberán ahogarse cuando menos dos alambres perpendiculares a la dirección de análisis, distando el más próximo no menos de 50 mm de la sección considerada. Si para fijar la malla de alambre soldado se usan conectores instalados a través de una carga explosiva de potencia controlada o clavos de acero, la separación máxima será de 450 mm”.

En el apartado 5.4.3.3 menciona *la cuantía de acero mínima y máxima del acero de refuerzo Horizontal. Si se coloca acero de refuerzo horizontal para resistir*

fuerza cortante, la cuantía de acero de refuerzo horizontal, p_h , no será inferior a $3/f_{yh}$, si se usan kg/cm^2 ($0.3/f_{yh}$ si se usan MPa) ni al valor que resulte de la expresión siguiente:

$$p_h = \frac{V_{mR}}{F_R f_{yh} A_T}$$

En ningún caso p_h será mayor que:

$$0.3 \frac{f_m^*}{f_{yh}}$$

Ni que $12/f_{yh}$ para piezas macizas, ni que $9/f_{yh}$ para piezas huecas si se usan kg/cm^2 ($1.2/f_{yh}$ y $0.9/f_{yh}$, respectivamente, si se usan MPa).

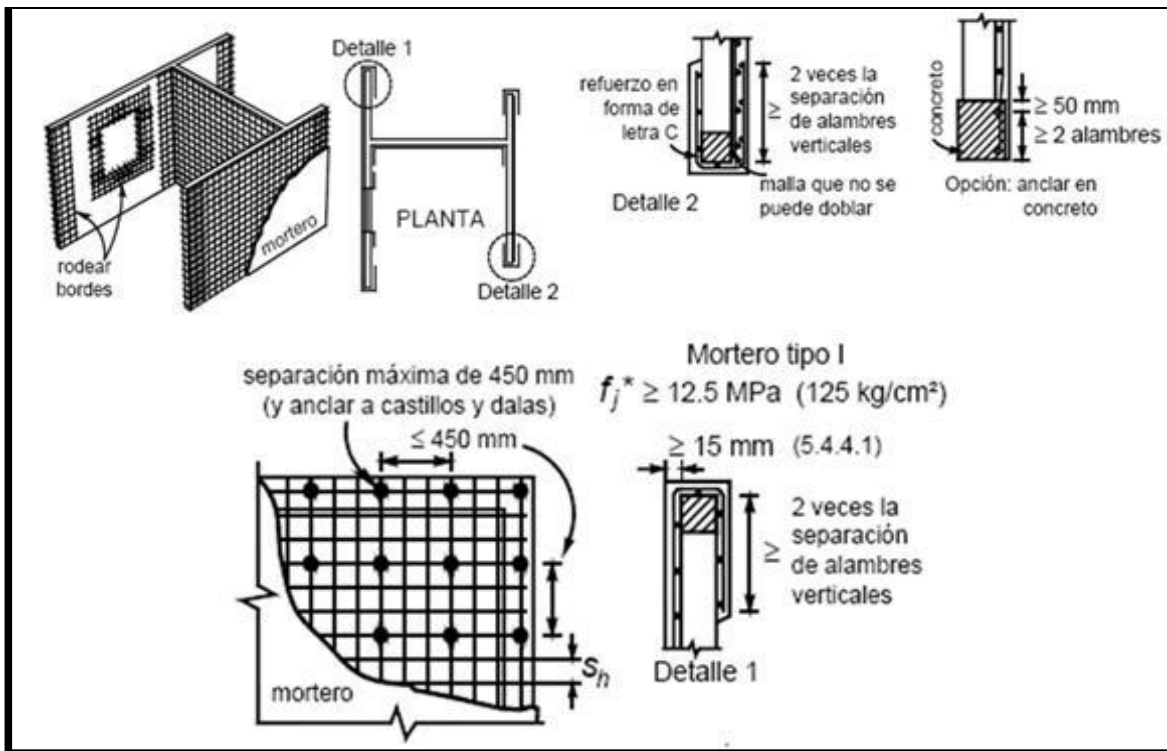


Figura 16. Refuerzo con malla de alambre soldado y recubrimiento de mortero. (NTCM-RCDF 2004).

2.2. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Hoy en día la utilidad de malla de alambre electrosoldada en muros de mampostería como reforzamiento es muy común, sin embargo existe diferente forma de reforzar con acero los muros de mampostería y obtener tal vez mejores resultados comparados con la malla de alambre electrosoldada, ya que en las normas técnicas complementarias del Reglamento del Distrito Federal nos menciona que se debe de tener una mínima cuantía de acero para el reforzamiento, otro factor que influye en la resistencia de muros es el tipo de mortero en donde de acuerdo con las normas establecidas NTC-RCDF-2004, en donde nos menciona la utilización de tres tipos de morteros.

Tabla 5. Proporciones en volumen, recomendados para mortero en elementos estructurales (NTCM-RCDF-2004).

Tipo de mortero	Partes de cemento hidráulico	Partes de cemento de albañilería	Partes de cal hidratada	Partes de arena*	Resistencia nominal en compresión, f_j^* , kg/cm ² (MPa)
I	1	0	0 a ¼	No menos de 2.25 ni más de	125 (12.5)
	1	0 a ½	0		
II	1	0	¼ a ½	3 veces la suma de	75 (7.5)
	1	½ a 1	0	cementantes en volumen	
III	1	0	½ a 1 ¼		40 (4)

Sin embargo en la NTCM-RCDF-2004 no menciona el diferente comportamiento que se tendrá en el intercambio de estas dos variables tanto la cuantía de acero y su distribución como el tipo de mortero utilizado en el recubrimiento, tomando en cuenta la misma distribución de anclajes en los especímenes.

2.3. OBJETIVOS

2.3.1. OBJETIVO GENERAL

Medir la influencia de la cuantía de acero de refuerzo en conjunto con el tipo de mortero de recubrimiento en la resistencia a esfuerzos cortantes de muros de mampostería reforzados.

2.3.2. OBJETIVOS PARTICULARES

- ❖ Obtener graficas de comportamiento de esfuerzo cortante-deformación angular para cada caso estudiado.
- ❖ Comparar la resistencia a esfuerzos cortantes de las variables de estudio.
- ❖ Comparar el módulo de cortante y el tipo de falla de los especímenes estudiados.

2.4. HIPOTESIS

2.4.1. HIPOTESIS GENERAL

Conforme al empleo de más cuantía de acero y con un mortero de mayor resistencia, aumentan la resistencia del esfuerzo a cortante en muros de mampostería.

2.4.2. HIPOTESIS PARTICULARES

- ❖ El comportamiento de los especímenes ensayados será elástico lineal en la primera etapa y plástico en la segunda.
- ❖ La resistencia al esfuerzo cortante aumenta conforme se utilice una cuantía de acero mayor y un mortero con más resistencia.
- ❖ Al aumentar la cuantía de acero el espécimen aumentara su rigidez inicial.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. PROPIEDADES DE LAS PIEZAS

Las dimensiones, requisitos y propiedades de las piezas (tabicón) se obtuvieron de manera experimentalmente mediante los lineamientos establecidos por las normas mexicanas correspondientes (NMX-C-036, NMX-C-037, NMX-C-038, NMX-C-404-ONNCCE-2005 y NTCM-RCDF-2004). Para el caso del coeficiente de saturación y el módulo de ruptura, se tomó como referencia la norma internacional ASTM C67-91. Las propiedades que se consideraron son:

3.1.1. DIMENSIONES DE LAS PIEZAS (cm)

Las dimensiones nominales de las piezas deben cumplir con la Norma Mexicana NMX-C-038 vigente, la cual estipula las dimensiones de ladrillos y bloques de concreto para la construcción. En la figura 17 se muestran las piezas que se muestrearon de un lote de 800 piezas de forma aleatoria. En la NMX-C-404-ONNCCE-2005, se establecen las dimensiones nominales mínimas con las que debe cumplir: Dimensiones para tabicones: Las dimensiones nominales mínimas de las piezas deben cumplir con las siguientes medidas: Alto 10 cm, ancho 14 cm y largo 28 cm. Las tolerancias que marca la norma en variación de las dimensiones de las piezas deben ser de ± 3 mm en la altura, y ± 2 mm en el largo y ancho.



Figura 17. Muestra de tabicones ensayados para determinar sus dimensiones.

3.1.2. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f_p) (MPa)

La resistencia a la compresión se determinó de acuerdo a la NMX-C-036 vigente que especifica el método de prueba para determinar la resistencia a la compresión de ladrillos, bloques, tabicones y adoquines de concreto.

Para medir la resistencia a la compresión del tabicón se seleccionaron 12 piezas de un lote de 800 piezas de manera aleatoria. Cuyos ensayos se efectuaron dentro de las instalaciones del Laboratorio de Resistencia de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la UAQ. En la Figura 18 se muestra el proceso y forma de ensayar las piezas a compresión.



Figura 18. Ensayo a compresión de tabicones.

La resistencia de diseño a la compresión se calculó de acuerdo a la siguiente Ecuación 3.0:

$$f_p^* = \frac{f_p}{1 + 2.5c_p} \quad (3.0)$$

Dónde:

f_p - Media de la resistencia a compresión de las piezas, referida a su área bruta;

c_p - Coeficiente de variación de la resistencia a compresión de las piezas.

De acuerdo al proceso de fabricación de las piezas de mampostería, las NTCM-RCDF-2004 establecen coeficientes de variación mínimos que se deben de utilizar para calcular la resistencia de diseño para las piezas. Por tratarse de piezas de mampostería cuya elaboración es de forma mecanizada que no cuenta con un sistema de control de calidad, para efectos de cálculo se tomó un coeficiente de variación igual a 0.30.

3.1.3. ABSORCIÓN MÁXIMA INICIAL (C_b) (gr/min)

Es la cantidad de agua que absorbe un espécimen por una de sus caras bajo determinadas condiciones durante 10 min de inmersión en agua potable donde esta lo cubra 5mm, manteniendo el nivel del agua constante en el recipiente y se expresa con un coeficiente de absorción. Las piezas de mampostería utilizadas en este proyecto deben cumplir con los valores de absorción máxima inicial de agua que establece la NMX-C-404-ONNCCE-2005. Para cumplir con dicha norma, se determinó el contenido de agua absorbida por los tabicónes de acuerdo a la NMX-C-037-ONNCCE-2005 y a la NMX-C-404-ONNCCE-2005 (absorción inicial). La Figura 19 muestra el desarrollo de la prueba.



Figura 19. Prueba de Absorción inicial.

La absorción inicial se determinó de acuerdo a la Ecuación 3.1:

$$c_b = \frac{100M}{s\sqrt{t}} = \frac{100(p1 - p0)}{s\sqrt{10}} \quad (3.1)$$

donde:

C_b - es la absorción máxima inicial en (gr/min).

M - es el peso del agua en gramos absorbido por el bloque durante el ensaye (gr).

S - es la superficie de la cara sumergida en (cm^2).

t - es al tiempo de inmersión en (min).

3.1.4. ABSORCIÓN MÁXIMA A 24 HRS (%)

De acuerdo a la norma NMX-C-404-ONNCCE-2005 y NMX-C-037-ONNCCE-2005, las piezas de mampostería deben cumplir con los valores de absorción máxima de agua y que en el caso muy particular de la pieza tabicón permite el 15%. En la Figura 20 se muestran las piezas en condiciones saturadas.



Figura 20. Especímenes en saturación por 24 hrs en agua fría.

La absorción máxima de agua durante el lapso de tiempo (24 hrs) que marca la norma, se calculó de acuerdo a la Ecuación 3.2.

$$A = \frac{M_{sss} - M_s}{M_s} * 100 \quad (3.2)$$

donde:

A - es la absorción en %.

M_s - es la masa seca del espécimen en (Kg).

M_{sss} - es la masa saturada y superficialmente seca en (Kg).

3.1.5. COEFICIENTE DE SATURACIÓN (ADIMENSIONAL)

Para el análisis del coeficiente de saturación, en ausencia de norma mexicana, se usó la norma ASTM C67-91, la cual toma en cuenta las cavidades secundarias que contiene un material, lo cual se considera bueno para los climas extremos, sobre todo sujetos a bajas temperaturas y posibles congelamientos. La presencia de cavidades secundarias favorece el acomodo de deformaciones internas (Tena 2004). En la Figura 21 se muestran ejemplos de los especímenes sometidos al agua hirviendo.



Figura 21. Especímenes en condición de saturación sometidos por 5 hrs al agua hirviendo.

El coeficiente de saturación, se calculó de acuerdo a la Ecuación 3.3.

$$CS = \frac{W_{24h} - W_s}{W_{sh} - W_s} \leq 1.0 \quad (3.3),$$

donde:

W_{24h} - Peso de agua absorbida después de 24 horas de inmersión en agua fría;

W_s - Peso de agua absorbida después de 5 horas de inmersión en agua hirviendo.

3.1.6. MÓDULO DE RUPTURA (f_r) (MPa)

Esta medida se define como el máximo esfuerzo de tensión o compresión en la fibra extrema del material ensayado a flexión. La norma ASTM C67-91, establece el método de prueba para el ensaye de las piezas de mampostería a

flexión (Tena 2004). Esta prueba mide la resistencia de los tabiques a la tensión. En la Figura 22 se muestra el ensaye típico de ruptura.

El módulo de ruptura se obtiene de la fórmula de flexión, según la Ecuación 3.4.

$$f_r = \frac{My}{I} = \frac{3 PL}{2 bt^2} \quad (3.4)$$

donde:

$$M = \frac{PL}{4}$$



Figura 22. Prueba para determinar el módulo de ruptura.

3.1.7. PESO VOLUMÉTRICO (γ) (ton/m^3)

Este se define como: el peso medio por unidad de volumen de los materiales que integran un conjunto estructural (Saad, 1979). El peso volumétrico de las piezas usadas en el muro se determinó de manera sencilla, según (NTCM-RCDF-2004), tomando el peso seco de cada una de las piezas que se utilizó para los demás ensayos, y calculando el promedio, éste último se dividió entre el volumen de la pieza, obteniendo así el peso volumétrico. En la Figura 23 se muestra el proceso de pesado de cada una de las piezas.



Figura 23. Proceso de pesado para el cálculo del peso volumétrico.

3.2. PROPIEDADES DEL MORTERO

El mortero empleado tanto en la construcción de muretes y pilas, como en el recubrimiento de los muretes fue del tipo I,II y III según las NTCM-RCDF-2004 y se proporcionó, conforme a las recomendaciones propuestas en la Tabla 2.2 de dicha norma (Tabla 5). La proporción que se utilizó de cemento, cal y arena fue de 1:1/4:3, en volumen como se muestra en la tabla 6. Cabe señalar que ningún tipo de mortero usado para autoconstrucción en la región se apega a este proporcionamiento.

La resistencia a compresión del mortero de pega se determinó de acuerdo con el ensaye especificado en la norma NMX-C-061-ONNCCE-2005. Se elaboraron seis cubos de mortero de una muestra obtenida de cada bacha utilizada para fabricar las probetas. Se almacenaron y curaron en las mismas condiciones que las probetas a las cuales se les asociaron. El ensaye de los cubos se realizó aproximadamente a los 28 días después de su elaboración (Figura 24).



Figura 24. Cubos de muestras de mortero, y su ensaye correspondiente

3.3. PROPIEDADES DEL ENSAYE DE MURETES SIN REFUERZO

Murete se define como “Una probeta con la longitud de al menos una vez y media la máxima dimensión de la pieza (tabique o bloque) y con el número de hiladas para que la altura sea aproximadamente igual a la longitud. El aparejo de las piezas debe ser igual al que se use en obra” (APROYNMX-C-000-ONNCCE-2010).

Los muretes reforzados se recubrirán con tres tipos de mortero, dosificados como se muestra en la siguiente Tabla 6.

Tabla 6. *Proporcionamientos en volumen a utilizar para el recubrimiento de los muretes.*

Tipo de mortero	Partes de cemento hidráulico	Partes de cal hidratada	Partes de arena
I	1	1/4	3
II	1	1/2	3.6
III	1	1	4.8

La resistencia a compresión del mortero de pega se determinara de acuerdo con el ensaye especificado en la norma NMX-C-061-ONNCCE. Se elaboraran cubos de mortero de una muestra aleatoria obtenida de cada mezcla

utilizada para cada probeta. El ensaye de los cubos se hará a los 28 días aproximadamente.

3.3.1. FUNDAMENTOS DE LA PRUEBA A COMPRESIÓN DIAGONAL

Existen muchas situaciones en las que un muro de mampostería se puede ver sometido a esfuerzo cortante. Desde luego una de las situaciones más importantes es cuando una edificación de mampostería se es sometida a un efecto sísmico; sin embargo, existen muchas otras situaciones en las que se pueden producir este tipo de sollicitación en la mampostería, como por ejemplo, cuando ocurren hundimientos diferenciales en una edificación de mampostería, o bien aún bajo la acción de cargas gravitacionales, cuando existe una distribución poco uniforme de cargas verticales en un determinado muro. De ahí que sea muy importante conocer el comportamiento mecánico de la mampostería no reforzada bajo este tipo de sollicitaciones, pues es este tipo de acción el que con mayor frecuencia produce su falla (Tena y Miranda, 2003). La prueba que nos ayuda a determinar la resistencia a compresión diagonal y la rigidez a cortante de muretes de mampostería consiste en someter a las probetas a una carga de compresión a lo largo de una de sus diagonales. Durante el ensaye, la carga vertical genera esfuerzos de tensión crecientes que se orientan perpendicularmente a la dirección de carga.

Este campo de esfuerzos de tensión conduce a la falla del murete a lo largo de una grieta aproximadamente vertical entre las dos esquinas cargadas (Figura 25).

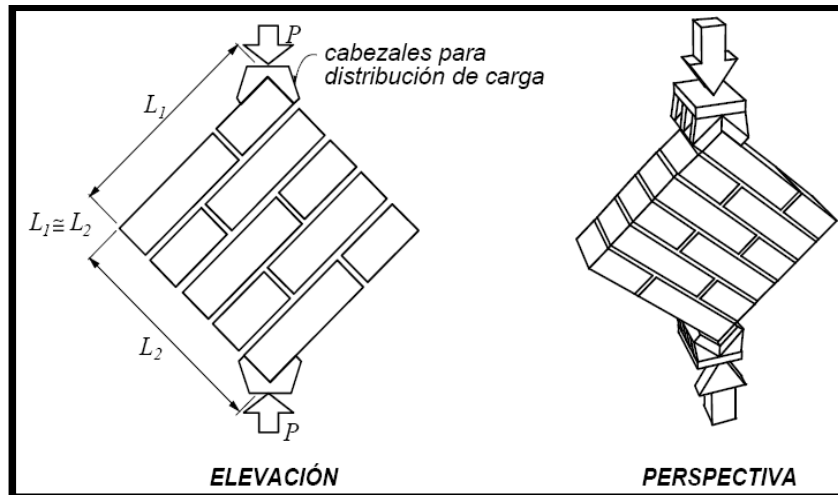


Figura 25. Murete para prueba a compresión diagonal (APROYNMX-C-000-ONNCCE-2010).

El proyecto de norma mexicana APROYNMX-C-000-ONNCCE-2010 establece los métodos de prueba para la determinación de la resistencia a compresión diagonal y de la rigidez a cortante de muretes de mampostería de barro y de concreto. Los valores de resistencia a compresión diagonal como la rigidez a cortante se podrán utilizar en el procedimiento de diseño de estructuras de mampostería. Incluso esta norma da recomendaciones sobre: máquina de prueba, cabezales de distribución de carga, dispositivo para medir el acortamiento, dimensiones, preparación de las probetas y el procedimiento de ensaye.

3.3.2. MAQUINA DE PRUEBA

La máquina utilizada para el ensaye de muretes será una FORNEY TESTING MACHINES, modelo LT-1150, con una capacidad de 150 toneladas (Figura 26), ubicada en el Laboratorio de Resistencia de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la UAQ.



Figura 26. Máquina de prueba usada para el ensaye de pilas.

3.3.3. DISPOSITIVO PARA MEDIR EL ACORTAMIENTO Y EL ALARGAMIENTO DE LAS DIAGONALES

Para determinar el módulo de rigidez a cortante de los muretes de mampostería, se utilizaron dos medidores de desplazamiento (micrómetros de carátula) colocados sobre las diagonales. La precisión de la medición es de 0.001"; estos se colocaron de manera que midieran el desplazamiento relativo a lo largo de la longitud calibrada sobre las diagonales (alargamiento y acortamiento),

Se utilizó un arreglo experimental como el que se muestra en la Figura 27 y que consiste de marcos metálicos fijados a los muretes.



Figura 27. Dispositivo para medir el acortamiento y el alargamiento de las diagonales.

3.3.4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL

La resistencia de diseño a la compresión diagonal (esfuerzo cortante) de la mampostería sobre el área bruta ($v \cdot m$) y el módulo de rigidez (G_m), se determinaron de acuerdo con las NTCM-RCDF-2004 y al proyecto de Norma Mexicana APROYNMX-C-000-ONNCCE-2010, que recomiendan un mínimo de seis muretes. Los muretes que se elaboraron tuvieron las medidas aproximadas que se esquematiza en la Figura 28.

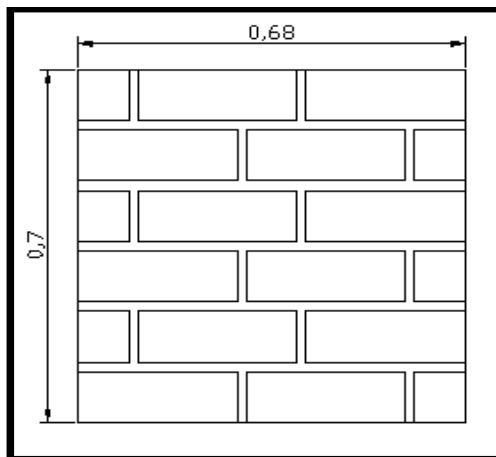


Figura 28. Dimensiones nominales de los muretes a ensayar.

En cada murete se colocaron dos y media piezas por hilada. Cuyas dimensiones de los muretes estuvieron totalmente restringidas por las medidas de la máquina de prueba.

La resistencia a compresión diagonal para fines de diseño v_m^* se calculó a partir de la Ecuación 3.5.

$$v_m^* = \frac{\bar{v}_m}{1 + 2.5c_v}, \quad (3.5)$$

donde:

\bar{v}_m - es la media de los esfuerzos resistentes de los muretes ensayados;

c_v - es el coeficiente de variación de los esfuerzos resistentes de los muretes ensayados, que no se tomará menor que 0.20 (según las NTCM-RCDF-2004).

En la Figura 31 se muestra la forma y el proceso de ensaye de resistencia a la compresión diagonal.



Figura 29. Forma de ensaye de muretes.

3.3.5. MÓDULO DE RIGIDEZ A CORTANTE

El módulo de rigidez a cortante se obtuvo de las pruebas a compresión diagonal de los muretes elaborados, de acuerdo a las NTCM-RCDF-2004 y APROYNMX-C-000-ONNCCE-2010, que es utilizado para fines de análisis.

Para determinar el módulo de rigidez a cortante de la mampostería, la carga se aplicó de manera uniforme y continua; se tomó un número suficiente de lecturas de desplazamiento en las 2 diagonales tanto vertical como horizontal y se aplicó carga de modo que se definió el esfuerzo cortante (τ_1) correspondiente a una deformación angular de 0.00005 mediante interpolación, así como la deformación angular correspondiente al 40% del esfuerzo cortante máximo (τ_2). A partir de las lecturas tomadas se trazaron las curvas esfuerzo cortante-deformación angular (Figura 30). Las gráficas del ensaye de muretes sin refuerzo se muestran en el apéndice C.

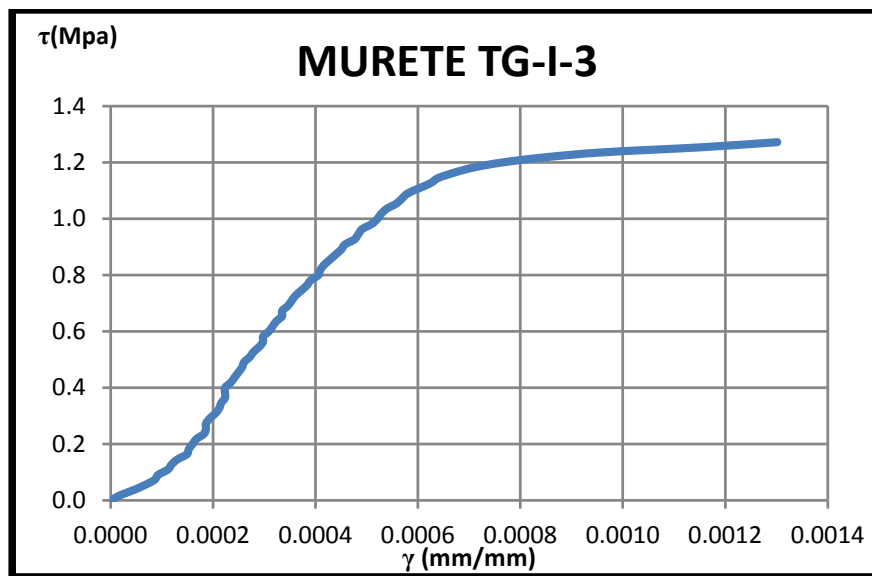


Figura 30. Curva esfuerzo cortante-deformación angular típica de muretes.

El módulo de rigidez a cortante se calculó a partir de la Ecuación 3.6.

$$G_m = \frac{\tau_2 - \tau_1}{\gamma_2 - 0.00005} \quad (3.6)$$

donde:

G_m - Rigidez secante a cortante;

τ_1 - Esfuerzo cortante correspondiente a 0.00005 de deformación angular;

τ_2 - Esfuerzo cortante correspondiente al 40% de la carga máxima;

γ_2 - Deformación angular producida por el esfuerzo τ_2 .

La deformación angular γ se calculó como:

$$\gamma = |\varepsilon_c| + |\varepsilon_t| \quad (3.7)$$

$$\varepsilon_c = \frac{\delta_c}{l_{o_c}} \quad (3.8)$$

$$\varepsilon_t = \frac{\delta_t}{l_{o_t}} \quad (3.9)$$

donde:

ε_c - Deformación de la diagonal a compresión;

ε_t - Deformación de la diagonal a tensión;

δ_c - Acortamiento medido sobre la longitud calibrada de la diagonal a compresión;

δ_t - Alargamiento medido sobre la longitud calibrada de la diagonal a tensión;

l_{o_c} - Longitud calibrada, medida antes de la prueba, de la diagonal a compresión entre apoyos de transductores;

l_{o_t} - Longitud calibrada, medida antes de la prueba, de la diagonal a tensión entre apoyos de transductores (Figura 31).

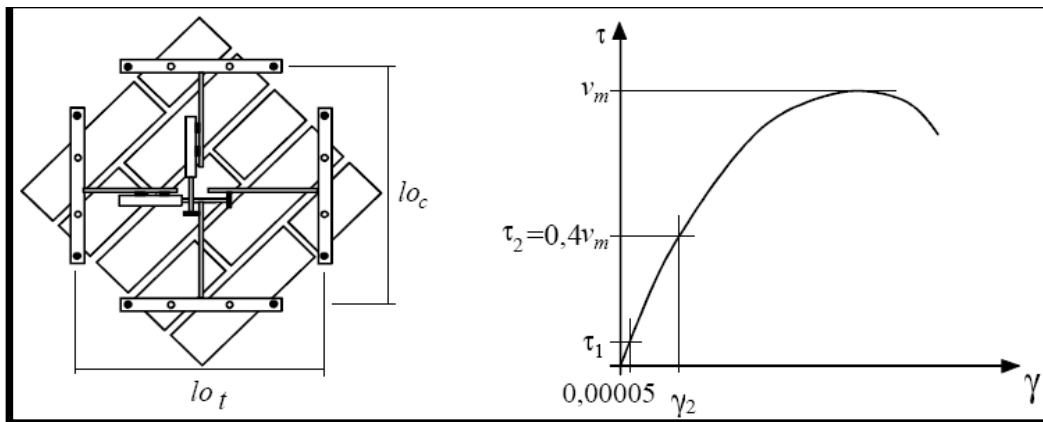


Figura 31. Análisis de la rigidez a cortante (APROYNMX-C-000-ONNCCE-2010).

3.3.6. MODOS DE FALLA

En el ensayo de muretes sin refuerzo, se pueden esperar 2 tipos de falla, la primera producida por tensión diagonal (Figura 32), cuya falla ocurre cuando las piezas son de resistencia inferior a la del mortero y que tienen buena adherencia; o fallas por adherencia, cuando el mortero de pega se separa de las piezas (falla escalonada).



Figura 32. Falla producida por tensión diagonal

3.4. PROPIEDADES DEL ENSAYE EN MURETES REFORZADOS

3.4.1. DESCRIPCIÓN DE LOS ESPECÍMENES

Se elaboró un total de 76 con dimensiones y características iguales a los no reforzados, Se utilizaran 3 tipo de mallas las cuales representaran la diferente cuantía de acero (malla de alambre electrosoldado, malla tela de gallinero, multimalla), como se muestra en la Figura 33.



Figura 33. Tipos de malla a utilizar.

Tabla 7. Cuantías de acero de las mallas utilizadas.

Tipo de Malla	Cuantía (cm ² /cm ²)
Multimalla	0.00141
Tela de Gallinero	0.00047
Malla Electrosoldada	0.00087

Se fijaran una malla de cada tipo a ambos lados de los muretes, con 9 anclajes en cada lado como se muestra en la siguiente Figura:



Figura 34. Distribución de la cuantía de acero así como la distribución de anclajes

Estás mallas a su vez se recubrirá con diferentes tipos de mortero (tipo I, tipo II, y tipo III, como se observa en la Tabla 5) como se indica en las NTCM-RCDF-2004, para cada uno de los muretes.

Las dimensiones de estos muretes serán aproximadamente las mismas que los muretes sin refuerzo, para poder comparar la resistencia al esfuerzo cortante de ambos y de esta forma determinar el diferente comportamiento observando que conjunto de las variables es más factible.

3.4.2. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

Se elaboraron los muretes con el mismo tipo de pieza (tabicón) y mortero (1:1/4:3) utilizados en los muretes sin refuerzo. Una vez elaborados estos no se movieron durante 2 semanas. Transcurrido este tiempo, se colocó la malla metálica, que se fijó a los muretes por medio de anclajes (clavos de acero para madera de 2 ½") como se muestra (Figura 35). La cantidad de anclajes fue fija para cada murete (9 clavos) por cada lado de la probeta, cuya ubicación de estos fue en las esquinas, a la mitad de cada lado y en el centro del murete. Inmediatamente después se colocó el recubrimiento de mortero con las mismas características del mortero utilizado para pegar las piezas. El espesor del mortero fue aproximadamente de 2 cm (Figura 36). La malla y recubrimiento se colocaron en ambas caras de los muretes.

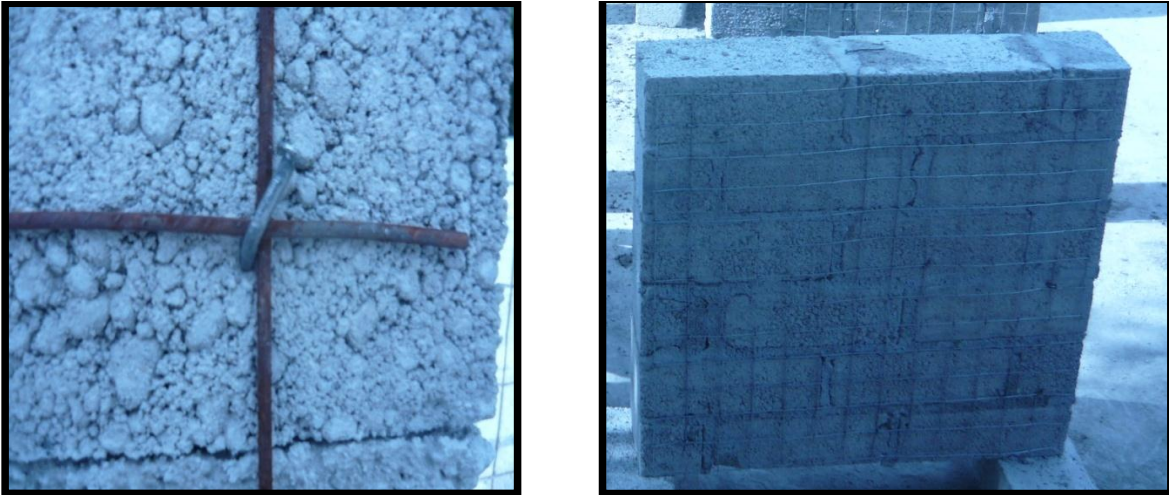


Figura 35. Procedimiento de colocación de anclajes y malla en cada murete.

3.4.3. RESISTENCIA A LA COMPRESION DIAGONAL

La resistencia de diseño a la compresión diagonal de la mampostería sobre el área bruta ($v \cdot m$) y el módulo de rigidez (G_m), se determinaron de acuerdo con las NTCM-RCDF-2004 y al proyecto de Norma Mexicana APROYNMX-C-000-ONNCCE-2010, que especifican un número mínimo de seis muretes, al igual que los muretes sin refuerzo.

Una vez que los muretes fueron recubiertos con malla y mortero, se esperó un promedio de 28 días para ensayar los especímenes. El cálculo de la resistencia se realizó a partir de las ecuaciones descritas en la sección 3.3.4. El análisis de los resultados de resistencia a compresión de los especímenes reforzados se muestra en el Capítulo 4. En el Apéndice C se encuentran las gráficas *esfuerzo cortante-deformación angular* de todos los muretes reforzados.



Figura 36. Colocación del mortero de recubrimiento en los muretes.

3.4.4. MODOS DE FALLA.

En el ensayo de muretes reforzados con malla, se observaron 3 tipos de falla. La primera se produjo por tensión diagonal (Figura 37), que fue la más común. El segundo tipo se relacionó con el colapso de piezas de apoyo (Figura 38), que se presentó cuando éstas no tenían la resistencia suficiente. La tercera presenta una combinación de tensión diagonal y deslizamiento (Figura 39). El análisis del modo de falla de cada uno de los especímenes ensayados, tanto reforzados, como no reforzados se presenta en el Apéndice D.



Figura 37. Falla por tensión diagonal.



Figura 38 . Falla por aplastamiento.



Figura 39. Falla combinada.

4. RESULTADOS

4.1. PROPIEDADES DE LAS PIEZAS

Los resultados en extenso de las pruebas realizadas a todos los especímenes se muestran en el apéndice A. Las propiedades que se consideraron son:

- Dimensiones de las piezas
- Resistencia a la compresión
- Absorción máxima inicial
- Absorción máxima a 24 hrs
- Coeficiente de saturación a dimensional
- Módulo de ruptura
- Peso Volumétrico

De las pruebas que se realizaron se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 8. Propiedades de las piezas

PROPIEDAD	EXPERIMENTAL			NORMA
Dimensiones	Largo = 280 mm	Ancho = 138.2 mm	Alto = 100.1 mm	-
Resistencia a la compresión (fp)		4.052 MPa		Min 10 MPa
Absorción Inicial (Am1)		grs/minuto		Max 30 grs/min
Absorción máxima a 24 hrs (%)		%		Max 15 %
Coeficiente de saturación				< 0.8
Módulo de ruptura (fr)		2.04 MPa		Min 0.8 MPa
Peso volumétrico (γ)		1.086 kN/m ³		-

4.2. PROPIEDADES DEL MORTERO

De las muestras de mortero obtenidas de cada bachada, se obtuvieron los siguientes valores de diseño, estos fueron obtenidos mediante los lineamientos de la NTCM-RCDF-2004:

Tabla 9. Valores de diseño de muestras de mortero de pega.

FECHA	VALOR DE DISEÑO (Mpa)
31/08/2009	12.799
08/09/2009	4.555
14/09/2009	10.824
21/09/2009	11.719
29/09/2009	7.799
06/10/2009	8.066
08/10/2009	5.643
13/10/2009	9.105
20/10/2009	9.340
27/10/2009	11.199
03/11/2009	9.219
10/11/2009	7.904

Tabla 10. Valores de diseño de muestras de mortero de recubrimiento tipo I.

FECHA	VALOR DE DISEÑO (Mpa)
11/09/2009	9.091
18/09/2009	3.323
05/10/2009	8.588
12/10/2009	13.430
19/10/2009	10.911
02/11/2009	7.596
09/11/2009	9.244

Tabla 11. Valores de diseño de muestras de mortero de recubrimiento tipo II.

FECHA	VALOR DE DISEÑO
11/09/2009	8.829
11/09/2009	11.856
18/09/2009	4.751
05/10/2009	9.647
19/10/2009	12.460
26/10/2009	9.018
02/11/2009	7.158

Tabla 12. Valores de diseño de muestras de mortero de recubrimiento tipo III.

FECHA	VALOR DE DISEÑO
21/09/2009	12.616
28/09/2009	3.882
02/10/2009	5.314
09/11/2009	4.644
26/10/2009	9.394
26/09/2009	5.420

4.3. PROPIEDADES DE MURETES

A continuación se presentan los resultados obtenidos en los ensayos de los especímenes, como es el esfuerzo cortante y su módulo de rigidez a cortante, así como las gráficas *esfuerzo cortante – deformación angular*, correspondientes a cada murete.

En la tabla 13 se concentran los valores obtenidos de los ensayos a esfuerzo cortante de cada uno de los muretes, así como el cálculo de su promedio, el coeficiente de variación, y el valor de diseño obtenido conforme al procedimiento de las NTCM-RCDF-2004.

Tabla 13. Valores de resistencia al esfuerzo cortante.

ESPECIMEN	TESTIGO	ME-I	ME-II	ME-III	MM-I	MM-II	MM-III	TG-I	TG-II	TG-III	R-I	R-II	R-III
1	1.401	1.388	1.297	1.309	1.582	1.573	1.427	1.266	1.542	1.387	1.347	1.442	1.206
2	1.090	1.477	1.340	1.416	1.394	1.094	1.725	1.724	1.407	1.384	1.634	1.024	1.705
3	1.339	1.172	1.603	1.194	1.361	1.311	1.386	1.284	1.457	1.376	1.221	1.075	1.087
4	1.229	1.299	1.167	1.257	1.682	1.671	1.279	1.376	1.535	1.220	1.394	1.596	1.124
5	1.060	1.499	1.186	1.254	1.587	1.734	1.287	1.352	1.504	0.968	1.316	1.760	0.823
6	0.915	1.393	1.523	1.458	1.204	1.687	1.167	1.560	1.351	ND	1.495	1.258	ND
Esf. Cort. Prom.	1.173	1.371	1.352	1.315	1.468	1.512	1.379	1.427	1.466	1.267	1.401	1.359	1.189
Desv. Estandar	0.184	0.121	0.177	0.102	0.179	0.254	0.193	0.179	0.076	0.181	0.145	0.292	0.322
C.V.	0.157	0.088	0.131	0.078	0.122	0.168	0.140	0.126	0.052	0.143	0.104	0.215	0.271
Resist. de diseño.	0.782	0.914	0.902	0.876	0.979	1.008	0.919	0.951	0.977	0.845	0.934	0.884	0.709

En la tabla anterior, se puede observar el aumento a la resistencia conforme a los muretes testigo con los recubiertos y al mismo tiempo se observa que hay un incremento en la resistencia de los muretes reforzados con mallas metálicas.

En la figura 40 se presenta la gráfica correspondiente a estos resultados obtenidos, observando la variación de cada espécimen con respecto a los muretes testigos.

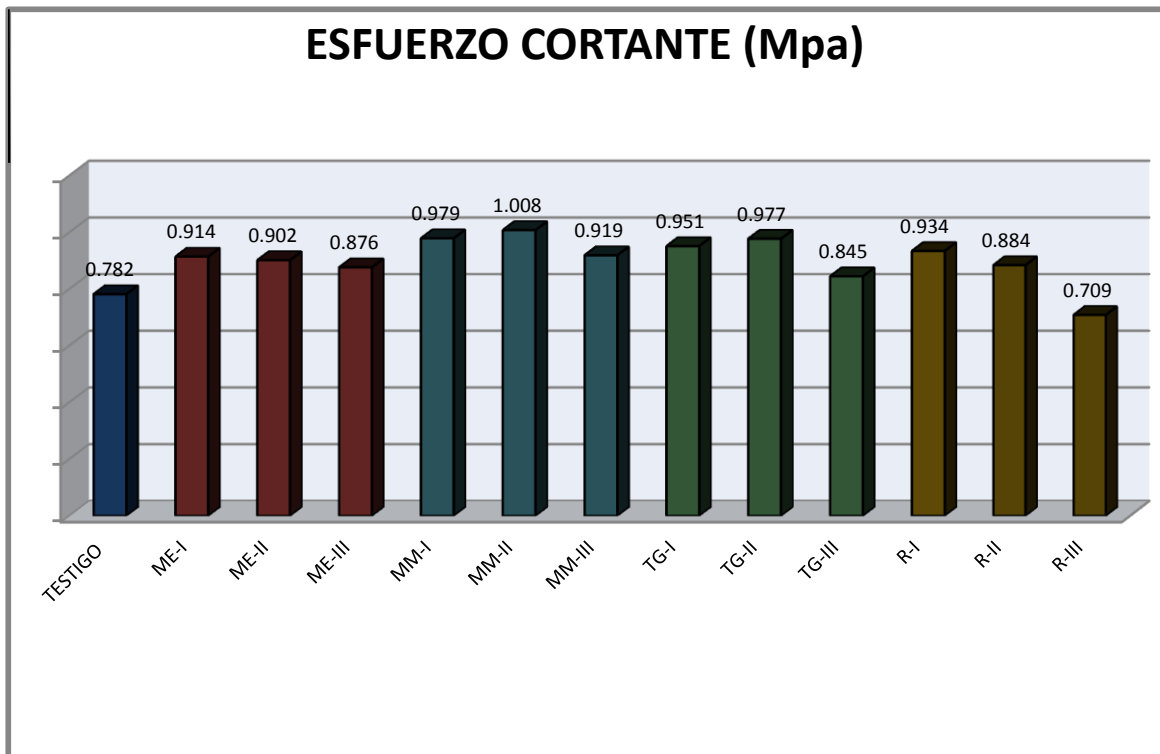


Figura 40. Grafica de esfuerzo cortante.

En la tabla 14 se presentan los valores promedio del módulo de rigidez a cortante de cada espécimen, calculado a partir de las gráficas *esfuerzo cortante - deformación angular*.

Tabla 14. Valores del Módulo de Rigidez a cortante.

ESPECIMEN	TESTIGO	ME-I	ME-II	ME-III	MM-I	MM-II	MM-III	TG-I	TG-II	TG-III	R-I	R-II	R-III
1	1584.7	4593.6	1328.2	1986.3	2188.9	2768.4	1431.1	1937.9	3762.6	2607.0	1919.3	2845.4	7697.9
2	4179.5	4730.3	1774.9	4894.2	2181	1943.8	1526.3	5645.1	3771.1	12824.4	6074.1	3027.6	3086.9
3	2278.9	1204.1	2986.5	5848.1	2967.5	2480.2	7843.4	2246.8	3487.8	5612.2	2819.0	18597.4	3000.8
4	3919.3	1875.4	1396.2	2822.2	2313.7	2155.9	3317.9	3840.7	2128.5	2565.8	2754.4	8776.0	3628.4
5	3394.5	2946.2	3367.7	2159.2	2478.1	2856.1	2065.7	2747.7	2662.1	2173.3	8850.3	4942.1	3918.1
6	1260.4	2083.8	2072.5	2229.9	1989.6	2761.4	2283.9	1866.0	1246.8	ND	3263.6	20727	ND
Promedio (Mpa)	2769.57	2905.61	2154.38	3323.34	2353.14	2494.31	3078.06	3047.38	2843.19	3239.64	3366.11	3605.10	3408.6

De los resultados obtenidos se puede observar que hay una variación importante entre los diferentes muretes ensayados.

La Figura 41 muestra los valores del módulo de rigidez a cortante en forma gráfica.

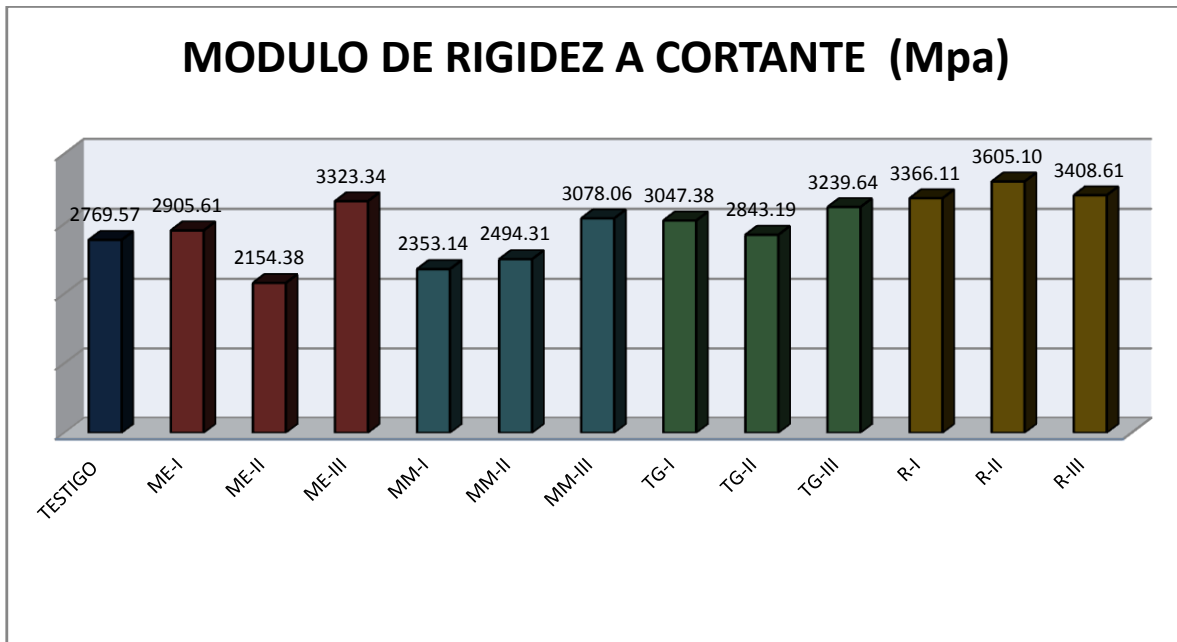


Figura 411. Gráfica del Módulo de rigidez a cortante.

4.4. TIPOS DE FALLA EN ESPECIMENES ENSAYADOS

TESTIGOS

En las siguientes figuras se presentan las diferentes fallas que se observaron en los ensayos a muretes Testigo. Como se puede observar en la Figura 42 en el murete T-5 se presenta una falla por tensión diagonal; mientras que en el murete T-3 se presenta una falla del tipo combinada, ya que se presentan zonas de falla por tensión diagonal y zonas de fallas por adherencia. Estos fueron los tipos de fallas predominantes en este tipo de especímenes.

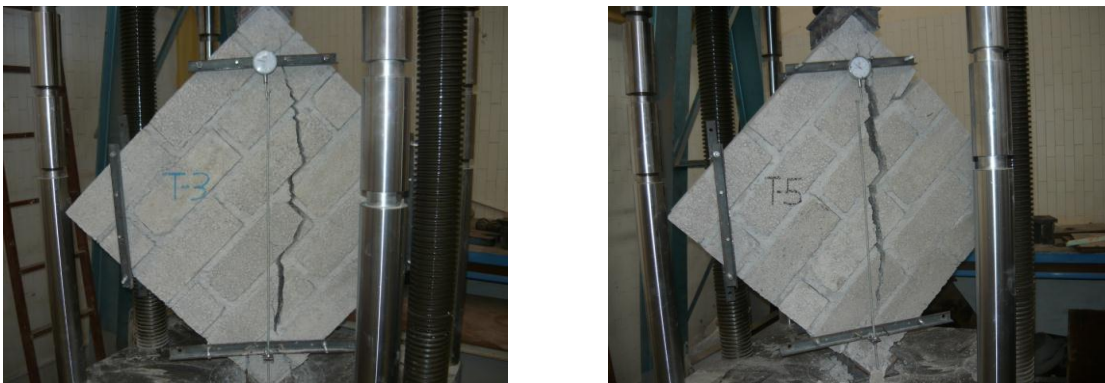


Figura 42. Tipos de falla presentados en muretes Testigo.

MURETES CON RECUBRIMIENTO

En los muretes recubiertos se presentaron las fallas típicas mostradas en la Figura 43. A la izquierda se muestra una falla por adherencia y a la derecha una falla por tensión diagonal. De igual forma estos tipos de falla fueron típicos de muretes no reforzados y recubiertos con morteros tipo I, II y III.



Figura 43. Tipos de falla presentados en muretes no reforzados pero recubiertos.

MURETES REFORZADOS CON MALLA ELECTROSOLDADA

En muretes reforzados con malla electrosoldada se presentaron fallas como las mostradas en la figura 44. En ambas imágenes se presentan fallas por tensión diagonal, pero en la de la izquierda adicionalmente se presentó desprendimiento del mortero de recubrimiento.

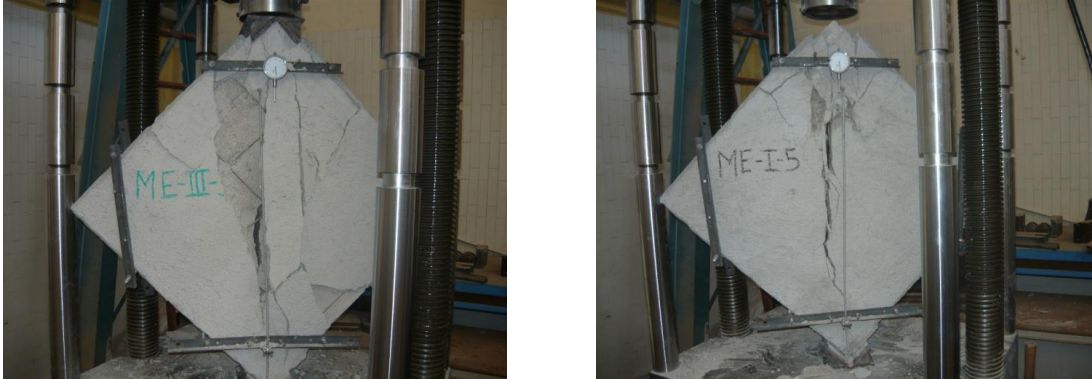


Figura 44. Tipos de falla presentados en Muretes Reforzados con Malla Electrosoldada.

MURETES REFORZADOS CON MULTIMALLA

En la Figura 45, se muestran las fallas predominantes en muretes reforzados con Multimalla. En el lado derecho se muestra la falla más típica presentada, que fue por tensión diagonal; pero hubo algunos especímenes que fallaron por tensión diagonal y adherencia fuera de la diagonal como el mostrado en la figura de la izquierda.



Figura 45. Tipos de falla presentados en muretes Reforzados con Multimalla.

MURETES REFORZADOS CON TELA DE GALLINERO

Este tipo de muretes tuvo varias formas de falla. La Figura 46 nos muestra en el lado izquierdo falla por tensión diagonal y adherencia, localizada esta fuera de la diagonal principal; en el lado derecho nos muestra una falla por tensión diagonal y en la parte inferior se presenta una falla combinada (por tensión diagonal y adherencia). Adicionalmente hubo casos donde se presentaron desprendimiento del mortero de recubrimiento, principalmente en el mortero de recubrimiento tipo III.



Figura 46. Tipos de falla presentados en Muretes Reforzados con Tela de Gallinero.

5. CONCLUSIONES

En los resultados obtenidos de los ensayos realizados a los diferentes especímenes (piezas y muretes), se observó que su comportamiento estructural fue satisfactorio e incluso superior a los valores estipulados por las NTCM-RCDF-2004 y la norma NMX-C-404-ONNCCE-2005. A partir de esos resultados se derivan las siguientes conclusiones:

PROPIEDADES DE LAS PIEZAS

De los ensayos a piezas individuales (tabicón), se observó que la resistencia de diseño a compresión (4.052 Mpa) fue inferior al valor considerado para este tipo de piezas por las NTCM-RCDF-2004, que consideran como valor mínimo 10 Mpa. Considerándose como piezas de mala calidad.

PROPIEDADES DE LOS MORTEROS

Conforme al análisis de los resultados, obtenidos de los ensayos de las muestras de morteros utilizados tanto para pega como para recubrimiento se obtienen las siguientes conclusiones:

Mortero de pega

- ❖ La resistencia de diseño a compresión del mortero tipo I utilizado para unir las piezas de tabicón fue de 8.31 Mpa, contra un valor de 12.5 Mpa que consideran las NTCM-RCDF-2004 como valor de diseño. Se puede atribuir la resistencia obtenida al hecho de que los especímenes no tuvieron ningún tipo de curado.

Mortero de recubrimiento

- ❖ El mortero tipo I utilizado para recubrir los muretes, tuvo un valor de diseño a compresión de 9.17 Mpa, en comparación con el valor de 12.5 Mpa que estipulan las NTCM-RCDF-2004. Nuevamente el valor de diseño fue inferior a

la norma posiblemente por no tener ningún tipo de curado en los especímenes de mortero.

- ❖ Con respecto al mortero de recubrimiento tipo II, se obtuvo una resistencia de diseño a compresión de 8.2 Mpa, superior al valor de 7.5 Mpa que consideran las NTCM-RCDF-2004.
- ❖ En relación al mortero tipo III de recubrimiento, la resistencia de diseño a compresión fue de 4.5 Mpa, resistencia superior a la considerada por las NTCM-RCDF-2004 (4 Mpa).

PROPIEDADES DE LOS MURETES

Del total de muretes ensayados (76) se observaron pequeñas variaciones en la resistencia a esfuerzo cortante de algunos casos estudiados, como fueron la cuantía de acero y el tipo de mortero de recubrimiento, a continuación se detalla el análisis de los resultados obtenidos:

Muretes sin recubrimiento ni refuerzo (testigos)

- ❖ A pesar de que las piezas en forma individual no alcanzaron la resistencia a compresión que estipula la norma, el comportamiento en conjunto de las piezas con el mortero de pega (tipo I) a Esfuerzo cortante fue superior (0.782 Mpa) al considerado por las NTCM-RCDF-2004 (0.3 Mpa), tomando en cuenta que este es el valor mínimo esperado (valor de diseño).

Muretes recubiertos

- ❖ En general al colocar mortero de recubrimiento a los muretes, se observó que se incrementó la resistencia cuando el mortero fue de buena calidad (Tipo I y II); los especímenes recubiertos incrementaron la resistencia en un 19.4 % y un 13 %, con mortero tipo I y II respectivamente. Mientras que los recubiertos con tipo III no incrementaron su resistencia; todos estos comparados con los especímenes testigo.

Muretes reforzados y recubiertos

- ❖ En los resultados obtenidos, se puede observar que al colocar Malla Electrosoldada (ME) como refuerzo se incrementa la resistencia a esfuerzo cortante. Los especímenes reforzados con ME y recubiertos con mortero tipo I, II y III, incrementaron su resistencia en un 16.9 %, 15.3 % y 12 %, respectivamente, con respecto a los muretes testigo.
- ❖ En relación a los muretes reforzados con Multimalla (MM) y recubiertos se obtuvieron incrementos en la resistencia a esfuerzo cortante del 25 %, 28.9 % y 17.5 %, con respecto a los morteros Tipo I, II y III, respectivamente; comparados con los muretes testigo.
- ❖ En los muretes reforzados con Tela de Gallinero (TG) y recubiertos, se alcanzaron los siguientes incrementos; 21.6 % con el mortero tipo I, 24.9 % con el mortero tipo II y 8.1 % con el mortero tipo III, en comparación con los muretes testigo.

De los resultados obtenidos de muretes reforzados, se puede observar que los tres tipos de refuerzo (ME, MM y TG) tuvieron un comportamiento similar, ya que en los tres tipos se observaron importantes incrementos en la resistencia a esfuerzo cortante para los morteros de recubrimiento tipo I y II, principalmente en los refuerzo MM y TG; sin embargo para todos los tipos de refuerzo no se encontraron incrementos importantes en la resistencia a cortante para el mortero de recubrimiento tipo III.

De acuerdo al tipo de falla observado y los resultados obtenidos en el ensayo de los muretes reforzados se pueden obtener las siguientes conclusiones:

Se observó que el espaciamiento de los alambres, de las mallas utilizadas como refuerzo, influyeron directamente en el tipo de falla observado. Por una parte los especímenes reforzados con ME mostraron fallas frágiles, concentradas y de gran espesor; mientras que los muretes reforzados con MM tuvieron fallas dúctiles, dispersas y de espesores muy pequeños, en tanto que en los muretes reforzados con TG se observaron fallas dúctiles, fuera de la diagonal a compresión, dispersas y con espesores intermedios.

Por otra parte se concluye que la abertura de la malla también influye en la adherencia del mortero de recubrimiento con el murete y por ende en la resistencia a esfuerzo cortante, como lo mencionan Mendoza y Hernández, 2010 y Hernández, 2011, ya que se observó que en los muretes reforzados con TG y recubiertos con mortero tipo III se desprendió el mortero en algunas zonas al momento de la falla. Comportamientos similares se observaron en algunos muretes reforzados con MM pero con muy pocos desprendimientos, ya que la abertura de la malla de estos es del doble de la TG. En cambio en la ME prácticamente no hubo tipos de falla similares.

Con respecto al tipo de falla que mostraron los muretes reforzados y recubiertos se observó que en la mayoría de las muretes recubiertos con mortero tipo III, éste se desprendía y colapsaba drásticamente en la falla, llegando en ocasiones a disgregarse en estas zonas. Sin embargo en los morteros tipo I y II no se observaron comportamientos de este tipo.

En general se observó que el tipo de alambre de las mallas utilizadas no fue importante, ya que mientras la ME corrugada tuvo buena adherencia con el mortero de recubrimiento por las corrugaciones, la MM y la TG también tuvieron buena adherencia a pesar de que los alambres eran lisos y galvanizados. A todos estos, el mortero de recubrimiento les proporcionó un confinamiento adecuado para poder transmitir los esfuerzos presentes en el murete a las mallas.

Los resultados obtenidos del análisis de las gráficas *esfuerzo cortante – deformación angular*, nos muestran que todos los muretes tuvieron falla predominantemente frágil, ya que a pesar de que llegaban al esfuerzo cortante máximo y fallaban las piezas de tabicón de los muretes, las mallas no fueron capaces de recuperar o incrementar dicha resistencia. Sin embargo se observó una gran variación con respecto al módulo de cortante, ya que hubo especímenes que prácticamente no se deformaron hasta después de la falla y otros que desde el comienzo de la aplicación de la carga comenzaron a deformarse.

En referencia a los resultados obtenidos de la presente investigación y las variables consideradas en el estudio, se puede concluir que la colocación de Mallas Metálicas como refuerzo de muros es una técnica adecuada, ya que estas

mallas si incrementan su resistencia a esfuerzos cortantes; sin embargo no se recomienda mallas con separaciones muy pequeñas o inferiores a 5 cm, y si son recomendables mallas electrosoldadas corrugadas o lisas (con separaciones pequeñas). Por otra parte se recomienda el uso de morteros de mediana o buena calidad como recubrimiento (no necesariamente tipo I).

En el presente trabajo se observó que las variables estudiadas si influyen en la resistencia a esfuerzo cortante, con base en esta investigación se recomienda el estudio de muros de tamaño real con las mismas variables y con otro tipo de piezas para poder co-relacionar su comportamiento y así establecer criterios metodológicos de experimentación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Reinhorn and Prawel (1991), **“Ferrocement for seismic retrofit of structures”** In: Internacional Symposium on Ferrocement, 2, Roorkee, India.
2. Zepeda, J.A., Pineda, J.A., y Alcocer, S.M. (1996), **“Comportamiento ante cargas laterales de muros de mampostería confinada reforzados con malla electrosoldada”**, Memorias del X Congreso Nacional de Ingeniería estructural, Vol. II, Mérida, pp. 919-925.
3. Lopes de Oliveira (2001) **“Reabilitação de paredes de alvenaria pela aplicação de revestimentos resistentes de argamassa aramada”**, tesis (doctorado), Escuela de Ingeniería de São Carlos, Universidad de São Paulo.
4. Alcocer, S.M. (2003), **“Edificaciones de mampostería para vivienda. Capítulo 11: Rehabilitación de Estructuras de mampostería”** Tercera Edición, Fundación ICA A.C., México.
5. NTCM-RCDF-2004 (2004), **“Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería”**, Gaceta Oficial del Distrito Federal, octubre
6. NMX-C-036-ONNCCE-2004, **“Industria de la construcción-bloques tabiques o ladrillos y tabicones para uso estructural-especificaciones y métodos de prueba”** (Cancela a la norma NMX-C-036-1983).
7. NMX-C-038-ONNCCE-2004, **“Industria de la construcción-bloques tabiques o ladrillos y tabicones para uso estructural-especificaciones y métodos de prueba”** (Cancela a la norma NMX-C-038-1974).
8. NMX-C-404-ONNCCE-2005, **“Industria de la construcción-bloques tabiques o ladrillos y tabicones para uso estructural-especificaciones y métodos de prueba”**.
9. NMX-C-061-ONNCCE-2005, **“Industria de la construcción – Cementos – Determinación de la resistencia a la compresión de cementantes hidráulicos”**.

10. Tena A., Juárez A. y Salinas V. (2007) **“Resistencia y deformación de muros de mampostería combinada y confinada sujetos a cargas laterales”**. Revista de Ingeniería Sísmica No. 76 29-60 (2007) México.
11. Zepeda, J.A., Pineda, J.A., y Alcocer, S.M. (1996), **“Comportamiento ante cargas laterales de muros de mampostería confinada reforzados con malla electrosoldada”**, Memorias del X Congreso Nacional de Ingeniería estructural, Vol. II, Mérida, pp. 919-925.
12. Saad, MA, (1979), **“Tratado de construcción”**, Tomo I, Compañía editorial continental, S.A., México, pp 89-160, 261-268.
13. Juárez, A. (2007), **“Mecanismos de resistencia y deformación de muros de mampostería combinada y confinada”**, Tesis de maestría, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco
14. Tena, A (2004) **“Apuntes de estructuras de mampostería”**, UAM Azcapotzalco, México.

APÉNDICE-A. PROPIEDADES DE LAS PIEZAS

En esta sección se presentan las tablas de resultados obtenidos de las pruebas realizadas a las piezas de empleadas en los ensayos (tabicón), como: dimensiones de las piezas, resistencia a la compresión, módulo de ruptura y el peso volumétrico.

Tabla. Dimensionamiento de las piezas.

PIEZAS	DIMENSIONES											
	LONGITUD (mm)				ALTO (mm)				ANCHO (mm)			
	1	2	3	PROM	1	2	3	PROM	1	2	3	PROM
1	280.00	278.00	280.00	279.33	100.00	101.00	100.00	100.33	1350.00	1360.00	1360.00	1356.67
2	279.00	279.00	279.00	279.00	100.00	100.00	100.00	100.00	1350.00	1370.00	1360.00	1360.00
3	280.00	280.00	280.00	280.00	100.00	100.00	100.00	100.00	1400.00	1380.00	1380.00	1386.67
4	279.00	280.00	280.00	279.67	100.00	99.00	99.00	99.33	1390.00	1390.00	1390.00	1390.00
5	280.00	280.00	280.00	280.00	99.00	100.00	99.00	99.33	1360.00	1350.00	1370.00	1360.00
6	280.00	280.00	280.00	280.00	100.00	100.00	99.00	99.67	1360.00	1350.00	1370.00	1360.00
7	280.00	280.00	280.00	280.00	100.00	100.00	100.00	100.00	1370.00	1390.00	1390.00	1383.33
8	280.00	280.00	280.00	280.00	99.00	100.00	100.00	99.67	1400.00	1400.00	1390.00	1396.67
9	280.00	281.00	280.00	280.33	100.00	100.00	100.00	100.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00
10	280.00	279.00	278.00	279.00	100.00	100.00	100.00	100.00	1350.00	1340.00	1360.00	1350.00
11	279.00	280.00	280.00	279.67	100.00	99.00	101.00	100.00	1370.00	1370.00	1380.00	1373.33
12	280.00	280.00	279.00	279.67	100.00	100.00	100.00	100.00	1380.00	1380.00	1390.00	1383.33
13	279.00	280.00	277.00	278.67	100.00	100.00	100.00	100.00	1370.00	1360.00	1380.00	1370.00
14	280.00	281.00	280.00	280.33	99.00	100.00	100.00	99.67	1390.00	1400.00	1400.00	1396.67
15	279.00	281.00	280.00	280.00	100.00	99.00	100.00	99.67	1370.00	1360.00	1370.00	1366.67
16	280.00	280.00	281.00	280.33	100.00	100.00	99.00	99.67	1350.00	1360.00	1370.00	1360.00
17	281.00	279.00	281.00	280.33	101.00	100.00	100.00	100.33	1420.00	1430.00	1400.00	1416.67
18	281.00	282.00	280.00	281.00	101.00	102.00	103.00	102.00	1390.00	1380.00	1360.00	1376.67
19	281.00	281.00	280.00	280.67	101.00	100.00	100.00	100.33	1390.00	1380.00	1380.00	1383.33
20	280.00	280.00	280.00	280.00	101.00	101.00	100.00	100.67	1430.00	1440.00	1450.00	1440.00
21	280.00	281.00	280.00	280.33	100.00	99.00	101.00	100.00	1400.00	1390.00	1410.00	1400.00
22	280.00	280.00	281.00	280.33	100.00	99.00	101.00	100.00	1380.00	1380.00	1380.00	1380.00
23	280.00	280.00	280.00	280.00	100.00	100.00	100.00	100.00	1380.00	1370.00	1400.00	1383.33
24	279.00	279.00	281.00	279.67	100.00	100.00	101.00	100.33	1380.00	1380.00	1390.00	1383.33
25	280.00	279.00	280.00	279.67	100.00	101.00	100.00	100.33	1390.00	1390.00	1380.00	1386.67
26	280.00	281.00	281.00	280.67	102.00	100.00	101.00	101.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00
27	280.00	280.00	280.00	280.00	101.00	100.00	100.00	100.33	1400.00	1410.00	1420.00	1410.00
28	280.00	281.00	281.00	280.67	100.00	99.00	100.00	99.67	1400.00	1390.00	1400.00	1396.67
29	280.00	281.00	280.00	280.33	100.00	99.00	100.00	99.67	1360.00	1380.00	1360.00	1366.67
30	281.00	283.00	281.00	281.67	100.00	100.00	101.00	100.33	1400.00	1400.00	1410.00	1403.33
31	280.00	278.00	280.00	279.33	100.00	98.00	100.00	99.33	1370.00	1370.00	1390.00	1376.67

32	281.00	281.00	280.00	280.67	100.00	99.00	100.00	99.67	1350.00	1360.00	1350.00	1353.33	
33	280.00	280.00	280.00	280.00	100.00	101.00	100.00	100.33	1350.00	1360.00	1360.00	1356.67	
34	280.00	281.00	280.00	280.33	101.00	99.00	100.00	100.00	1390.00	1410.00	1390.00	1396.67	
35	281.00	280.00	280.00	280.33	100.00	102.00	102.00	101.33	1390.00	1390.00	1400.00	1393.33	
36	280.00	280.00	280.00	280.00	101.00	100.00	100.00	100.33	1400.00	1400.00	1410.00	1403.33	
37	280.00	281.00	280.00	280.33	101.00	101.00	101.00	101.00	1390.00	1370.00	1370.00	1376.67	
38	280.00	283.00	280.00	281.00	100.00	99.00	99.00	99.33	1400.00	1380.00	1390.00	1390.00	
39	280.00	280.00	280.00	280.00	100.00	102.00	102.00	101.33	1350.00	1340.00	1350.00	1346.67	
40	282.00	284.00	280.00	282.00	99.00	100.00	101.00	100.00	1390.00	1370.00	1380.00	1380.00	
MEDIA				280.133					100.125	1382.333			
DESVIACIÓN ESTANDAR				0.644					0.578	19.932			
DESVIACIÓN ESTANDAR				0.002					0.006	0.014			

Tabla. Resistencia a la compresión.

PIEZAS	Resistencia a la Compresión				
	P (KN)	L (mm)	a (mm)	Área (mm ²)	f _r MPa
1	302	279.33	135.67	37896.22	7.973
2	214	279.00	136.00	37944.00	5.636
3	299	280.00	138.67	38826.67	7.694
4	240	279.67	139.00	38873.67	6.170
5	269	280.00	136.00	38080.00	7.059
6	251	280.00	136.00	38080.00	6.595
7	237	280.00	138.33	38733.33	6.129
8	141	280.00	139.67	39106.67	3.612
9	198	280.33	140.00	39246.67	5.049
10	230	279.00	135.00	37665.00	6.095
11	197	279.67	137.33	38407.56	5.134
12	198	279.67	138.33	38687.22	5.122
13	220	278.67	137.00	38177.33	5.756
14	214	280.33	139.67	39153.22	5.462
15	228	280.00	136.67	38266.67	5.948
MEDIA					5.962
DESVIACIÓN ESTANDAR					1.098
COEFICIENTE VARIACIÓN					0.184
VALOR DE DISEÑO					3.975

Tabla. Módulo de ruptura.

PIEZAS	Módulo de Ruptura				
	P (KN)	L (mm)	h (mm)	a (mm)	f _r MPa
16	7.848	280.33	100.00	138.33	2.386
17	6.3765	280.33	100.00	137.00	1.957
18	7.848	281.00	99.67	139.67	2.384
19	7.3575	280.67	99.67	136.67	2.282
20	6.867	280.00	99.67	136.00	2.135
21	5.886	280.33	100.33	141.67	1.736
22	5.886	280.33	102.00	137.67	1.728
23	7.3575	280.00	100.33	138.33	2.219
24	6.867	279.67	100.67	144.00	1.974
25	6.3765	279.67	100.00	140.00	1.911
26	6.3765	280.67	100.00	138.00	1.945
27	5.886	280.00	100.00	138.33	1.787
28	6.867	280.67	100.33	138.33	2.076
29	5.886	280.33	100.33	138.67	1.773
30	5.886	281.67	101.00	140.00	1.741
MEDIA					2.002
DESVIACIÓN ESTANDAR					0.234
COEFICIENTE VARIACIÓN					0.117
VALOR DE DISEÑO					1.335

Tabla. Peso Volumétrico.

PIEZAS	Peso Volumétrico				
	W _s (KN)	L (mm)	h (mm)	a (mm)	γ (KN/m ³)
31	0.039	0.279	0.099	0.138	10.152
32	0.041	0.281	0.100	0.135	10.766
33	0.041	0.280	0.100	0.136	10.748
34	0.038	0.280	0.100	0.140	9.800
35	0.043	0.280	0.101	0.139	10.906
36	0.039	0.280	0.100	0.140	9.900
37	0.042	0.280	0.101	0.138	10.693
38	0.047	0.281	0.099	0.139	11.997
39	0.042	0.280	0.101	0.135	10.927
40	0.041	0.282	0.100	0.138	10.653
MEDIA					10.654
DESVIACIÓN ESTANDAR					0.625
COEFICIENTE VARIACIÓN					0.059

APÉNDICE-B. PROPIEDADES DEL MORTERO

En esta sección se presentan las tablas que contienen las características de los morteros empleados en los especímenes ensayados.

Tabla. Propiedades del mortero de pega con fecha de elaboración 31/08/2009.

Especímen	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	M-1		Peso (kN)	Carga (KN)	Esfuerzo (MPa)
				Promedio (mm)	Área (mm ²)			
1	50.300	50.200	50.000	50.167	2516.694	0.185	49.05	19.490
2	50.200	50.000	50.700	50.300	2530.090	0.188	51.012	20.162
3	50.000	50.300	50.300	50.200	2520.040	0.186	50.031	19.853
4	50.000	50.300	50.300	50.200	2520.040	0.185	51.012	20.243
5	50.000	50.500	51.000	50.500	2550.250	0.186	48.069	18.849
6	50.000	50.300	44.900	48.400	2342.560	0.18	41.202	17.588
7	20.200	50.300	50.700	40.400	1632.160	0.185	35.316	21.638
8	50.200	50.300	50.600	50.367	2536.801	0.187	43.6545	17.208
9	50.600	50.400	50.600	50.533	2553.618	0.186	44.6355	17.479
Promedio								19.1678
Desviación								1.5043
Coeficiente de variación								0.0785
Coeficiente de diseño								12.7785

Tabla. Propiedades del mortero de pega con fecha de elaboración 08/09/2009.

Especímen	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	M-2		Peso (kg)	Carga (KN)	Esfuerzo (MPa)
				Promedio (mm)	Área (mm ²)			
1	50.400	50.000	50.600	50.333	2533.444	0.180	34.335	13.553
2	50.300	50.300	49.500	50.033	2503.334	0.167	15.2055	6.074
3	50.500	50.900	48.500	49.967	2496.668	0.170	20.601	8.251
4	50.000	50.000	49.000	49.667	2466.778	0.166	18.639	7.556
5	50.000	50.000	49.700	49.900	2490.010	0.171	19.62	7.879
6	50.000	50.500	49.000	49.833	2483.361	0.180	42.183	16.986
7	50.000	50.000	50.000	50.000	2500.000	0.161	13.734	5.494
8	50.400	50.300	52.000	50.900	2590.810	0.182	38.7495	14.957
9	50.300	50.300	44.000	48.200	2323.240	0.163	15.2055	6.545
Promedio								9.6994
Desviación								4.2774
Coeficiente de variación								0.4410
Coeficiente de diseño								6.4663

Tabla. Propiedades del mortero de pega con fecha de elaboración 14/09/2009.

Especimen	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	M-3		Peso (kg)	Carga (KN)	Esfuerzo (MPa)
				Promedio (mm)	Área (mm ²)			
1	50.000	50.300	50.400	50.233	2523.388	0.185	29.43	11.663
2	50.400	50.300	50.400	50.367	2536.801	0.188	41.202	16.242
3	50.300	50.300	50.400	50.333	2533.444	0.185	42.6735	16.844
4	50.600	50.000	50.300	50.300	2530.090	0.185	42.6735	16.866
5	50.000	50.000	50.700	50.233	2523.388	0.186	41.202	16.328
6	50.400	50.100	50.700	50.400	2540.160	0.185	36.7875	14.482
7	50.000	50.200	50.600	50.267	2526.738	0.185	41.202	16.306
8	50.400	50.500	50.200	50.367	2536.801	0.187	40.7115	16.048
9	50.200	50.600	50.000	50.267	2526.738	0.186	39.24	15.530
Promedio								15.5900
Desviación								1.6412
Coeficiente de variación								0.1053
Coeficiente de diseño								10.3933

Tabla. Propiedades del mortero de pega con fecha de elaboración 29/09/2009.

Especimen	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	M-5		Peso (kg)	Carga (KN)	Esfuerzo (MPa)
				Promedio (mm)	Área (mm ²)			
1	49.800	50.000	49.600	49.800	2480.040	0.181	29.43	11.867
2	50.200	50.200	49.200	49.867	2486.684	0.184	34.335	13.808
3	50.000	50.000	49.000	49.667	2466.778	0.178	28.449	11.533
4	49.900	50.000	50.100	50.000	2500.000	0.174	30.9015	12.361
5	49.700	50.100	49.300	49.700	2470.090	0.184	31.8825	12.907
6	50.000	49.800	49.000	49.600	2460.160	0.178	31.392	12.760
7	50.000	50.300	50.200	50.167	2516.694	0.18	25.0155	9.940
8	50.400	49.800	49.000	49.733	2473.404	0.178	24.525	9.915
9	50.400	50.700	49.000	50.033	2503.334	0.181	27.468	10.973
Promedio								11.7848
Desviación								1.3352
Coeficiente de variación								0.1133
Coeficiente de diseño								7.8565

Tabla. Propiedades del mortero de pega con fecha de elaboración 06/10/2009.

Espécimen	M-4							
	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	Promedio (mm)	Área (mm ²)	Peso (kg)	Carga (KN)	Esfuerzo (MPa)
1	51.200	51.200	51.400	51.267	2628.271	0.197	35.316	13.437
2	50.000	50.200	50.100	50.100	2510.010	0.185	24.525	9.771
3	50.000	50.000	50.300	50.100	2510.010	0.184	23.0535	9.185
4	50.000	50.000	50.100	50.033	2503.334	0.185	31.8825	12.736
5	51.400	51.400	51.400	51.400	2641.960	0.195	31.8825	12.068
6	51.200	51.300	51.200	51.233	2624.854	0.192	36.7875	14.015
Promedio							11.8685	
Desviación							1.9730	
Coeficiente de variación							0.1662	
Coeficiente de diseño							7.9124	

Tabla. Propiedades del mortero de pega con fecha de elaboración 08/10/2009.

Espécimen	M-4							
	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	Promedio (mm)	Área (mm ²)	Peso (kg)	Carga (KN)	Esfuerzo (MPa)
1	50.000	50.100	48.500	49.533	2453.551	0.171	18.639	7.597
2	49.800	49.800	47.700	49.100	2410.810	0.175	20.601	8.545
3	50.200	49.800	49.200	49.733	2473.404	0.174	17.1675	6.941
4	50.000	50.000	48.300	49.433	2443.654	0.172	23.0535	9.434
5	50.000	50.000	49.100	49.700	2470.090	0.176	19.1295	7.744
6	49.900	49.800	49.900	49.867	2486.684	0.17	20.601	8.285
7	50.400	50.200	49.400	50.000	2500.000	0.176	24.0345	9.614
8	49.600	50.000	48.900	49.500	2450.250	0.173	19.1295	7.807
Promedio							8.2459	
Desviación							0.9214	
Coeficiente de variación							0.1117	
Coeficiente de diseño							5.4972	

Tabla. Propiedades del mortero de pega con fecha de elaboración 13/10/2009.

Especimen	M-6							
	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	Promedio (mm)	Área (mm ²)	Peso (kg)	Carga (KN)	Esfuerzo (MPa)
1	50.300	50.300	51.400	50.667	2567.111	0.173	30.411	11.846
2	50.000	50.000	49.700	49.900	2490.010	0.175	30.411	12.213
3	50.300	50.300	50.500	50.367	2536.801	0.174	33.354	13.148
4	50.300	50.300	49.600	50.067	2506.671	0.172	33.8445	13.502
5	50.400	50.400	50.000	50.267	2526.738	0.176	34.8255	13.783
6	50.200	50.200	50.700	50.367	2536.801	0.17	36.7875	14.502
7	50.300	50.300	50.400	50.333	2533.444	0.176	28.9395	11.423
8	50.000	50.000	50.000	50.000	2500.000	0.173	34.335	13.734
9	50.600	50.600	50.900	50.700	2570.490	0.174	34.335	13.357
	Promedio							13.0565
	Desviación							1.0134
	Coeficiente de variación							0.0776
	Coeficiente de diseño							8.7043

Tabla. Propiedades del mortero de pega con fecha de elaboración 20/10/2009.

Especimen	M-7							
	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	Promedio (mm)	Área (mm ²)	Peso (kg)	Carga (KN)	Esfuerzo (MPa)
1	50.000	50.200	49.900	50.033	2503.334	0.172	41.202	16.459
2	49.800	50.000	50.400	50.067	2506.671	0.174	45.6165	18.198
3	50.200	50.000	49.200	49.800	2480.040	0.175	24.0345	9.691
4	50.000	50.000	49.500	49.833	2483.361	0.175	27.9585	11.258
5	50.000	50.100	49.000	49.700	2470.090	0.177	37.7685	15.290
6	50.000	50.000	49.800	49.933	2493.338	0.169	31.392	12.590
7	49.800	50.200	50.000	50.000	2500.000	0.169	43.164	17.266
8	49.800	50.300	50.000	50.033	2503.334	0.172	30.9015	12.344
9	50.300	50.300	50.600	50.400	2540.160	0.173	34.8255	13.710
	Promedio							14.0896
	Desviación							2.8901
	Coeficiente de variación							0.2051
	Coeficiente de diseño							9.3931

Tabla. Propiedades del mortero de pega con fecha de elaboración 03/11/2009.

Espécimen	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	M-8		Peso (kg)	Carga (KN)	Esfuerzo (MPa)
				Promedio (mm)	Área (mm ²)			
1	50.000	50.000	49.700	49.900	2490.010	0.18	31.8825	12.804
2	50.200	50.400	49.500	50.033	2503.334	0.178	35.316	14.108
3	50.300	50.000	49.800	50.033	2503.334	0.18	34.335	13.716
4	50.400	50.000	49.200	49.867	2486.684	0.178	34.8255	14.005
5	50.400	50.100	49.400	49.967	2496.668	0.176	32.8635	13.163
6	50.000	50.000	49.400	49.800	2480.040	0.177	35.316	14.240
7	50.000	50.000	50.400	50.133	2513.351	0.181	33.8445	13.466
8	50.200	49.600	49.800	49.867	2486.684	0.177	29.43	11.835
9	50.000	50.000	44.000	48.000	2304.000	0.175	33.8445	14.689
Promedio							13.5584	
Desviación							0.8641	
Coeficiente de variación							0.0637	
Coeficiente de diseño							9.0389	

Tabla. Propiedades del mortero de pega con fecha de elaboración 27/10/2009.

Espécimen	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	M-9		Peso (kg)	Carga (KN)	Esfuerzo (MPa)
				Promedio (mm)	Área (mm ²)			
1	50.000	50.000	49.200	49.733	2473.404	0.182	39.7305	16.063
2	50.200	50.200	50.000	50.133	2513.351	0.186	48.5595	19.321
3	50.100	50.300	50.200	50.200	2520.040	0.187	39.7305	15.766
4	50.200	50.200	50.000	50.133	2513.351	0.187	45.126	17.955
5	50.000	50.200	50.600	50.267	2526.738	0.187	41.6925	16.501
6	50.000	50.200	50.400	50.200	2520.040	0.189	42.183	16.739
7	50.000	50.500	51.000	50.500	2550.250	0.188	40.221	15.771
8	50.500	50.400	49.800	50.233	2523.388	0.188	42.183	16.717
9	50.000	50.200	51.300	50.500	2550.250	0.191	38.7495	15.194
Promedio							16.6696	
Desviación							1.2690	
Coeficiente de variación							0.0761	
Coeficiente de diseño							11.1131	

Tabla. Propiedades del mortero de pega con fecha de elaboración 10/11/2009.

Espécimen	M-10							
	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	Promedio (mm)	Área (mm ²)	Peso (kg)	Carga (KN)	Esfuerzo (MPa)
1	50.200	50.000	50.000	50.067	2506.671	0.183	28.9395	11.545
2	50.200	50.000	49.900	50.033	2503.334	0.183	25.506	10.189
3	50.200	50.200	50.800	50.400	2540.160	0.187	26.9775	10.620
4	50.200	50.300	50.800	50.433	2543.521	0.183	27.9585	10.992
5	50.000	50.300	49.100	49.800	2480.040	0.180	28.449	11.471
6	49.800	50.300	49.500	49.867	2486.684	0.178	27.468	11.046
7	50.000	50.000	49.700	49.900	2490.010	0.179	28.449	11.425
8	50.200	50.200	50.000	50.133	2513.351	0.186	31.8825	12.685
9	49.800	50.200	50.000	50.000	2500.000	0.184	30.411	12.164
Promedio								11.3487
Desviación								0.7588
Coeficiente de variación								0.0669
Coeficiente de diseño								7.5658

Tabla. Propiedades del mortero de pega con fecha de elaboración 10/11/2009.

Espécimen	M-10							
	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	Promedio (mm)	Área (mm ²)	Peso (kg)	Carga (KN)	Esfuerzo (MPa)
1	50.000	50.000	50.700	50.233	2523.388	192.500	49.5405	19.633
2	50.000	50.300	49.200	49.833	2483.361	186.100	35.316	14.221
3	50.200	50.200	49.000	49.800	2480.040	191.300	51.993	20.965
4	50.200	50.000	50.000	50.067	2506.671	193.400	49.5405	19.763
5	50.700	50.000	49.200	49.967	2496.668	185.200	40.221	16.110
6	50.000	50.000	49.400	49.800	2480.040	188.700	50.5215	20.371
7	50.000	50.200	48.700	49.633	2463.468	187.100	29.43	11.947
8	50.000	50.400	49.200	49.867	2486.684	185.400	45.126	18.147
9	50.000	50.400	50.200	50.200	2520.040	194.600	43.164	17.128
Promedio								17.5872
Desviación								3.0400
Coeficiente de variación								0.1729
Coeficiente de diseño								11.7248

Tabla. Propiedades del mortero de recubrimiento tipo I a con fecha de elaboración
11/09/2009.

Espécimen	MM-I							
	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	Promedio (mm)	Área (mm ²)	Peso (kg)	Carga (KN)	Esfuerzo (MPa)
1	51.200	51.200	51.300	51.233	2624.854	0.2011	49.05	18.68675046
2	51.100	51.100	51.100	51.100	2611.210	0.1903	46.107	17.65733128
3	50.100	50.100	50.000	50.067	2506.671	0.1971	47.088	18.78507308
4	49.800	49.800	50.000	49.867	2486.684	0.1899	25.9965	10.45428183
5	50.100	50.000	50.100	50.067	2506.671	0.1904	31.8825	12.7190599
6	49.900	50.000	49.900	49.933	2493.338	0.1898	26.9775	10.81983365
Promedio							14.8537	
Desviación							3.9545	
Coeficiente de variación							0.2662	
Coeficiente de diseño							9.9025	

Tabla. Propiedades del mortero de recubrimiento tipo I a con fecha de elaboración
18/09/2009.

Espécimen	MM-I							
	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	Promedio (mm)	Área (mm ²)	Peso (kg)	Carga (KN)	Esfuerzo (MPa)
3	50.100	49.100	49.730	49.643	2464.461	0.164	9.810	3.981
5	50.200	50.000	49.870	50.023	2502.334	0.171	11.772	4.704
6	50.400	48.800	49.730	49.643	2464.461	0.171	13.244	5.374
7	50.400	48.800	49.800	49.667	2466.778	0.164	10.301	4.176
8	50.000	49.200	49.800	49.667	2466.778	0.162	15.696	6.363
9	50.200	48.300	49.500	49.333	2433.778	0.158	11.772	4.837
Promedio							4.9057	
Desviación							0.8691	
Coeficiente de variación							0.1772	
Coeficiente de diseño							3.2705	

Tabla. Propiedades del mortero de recubrimiento tipo I a con fecha de elaboración 05/10/2009.

Especimen	MM-I							
	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	Promedio (mm)	Área (mm ²)	Peso (kg)	Carga (KN)	Esfuerzo (MPa)
2	50.400	50.200	50.000	50.200	2520.040	0.189	35.807	14.209
4	50.000	50.600	48.000	49.533	2453.551	0.183	32.864	13.394
5	50.200	50.000	49.700	49.967	2496.668	0.184	28.449	11.395
1	50.000	50.000	49.200	49.733	2473.404	0.182	37.278	15.072
3	50.000	49.800	49.500	49.767	2476.721	0.178	20.111	8.120
6	50.000	49.700	48.800	49.500	2450.250	0.180	33.354	13.612
Promedio							12.6336	
Desviación							2.5247	
Coeficiente de variación							0.1998	
Coeficiente de diseño							8.4224	

Tabla. Propiedades del mortero de recubrimiento tipo I a con fecha de elaboración 12/10/2009.

Especimen	MM-I							
	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	Promedio (mm)	Área (mm ²)	Peso (kg)	Carga (KN)	Esfuerzo (MPa)
6	50.200	50.000	49.500	49.900	2490.010	0.189	49.541	19.896
7	50.000	50.300	49.000	49.767	2476.721	0.188	1.976	0.798
9	50.200	50.200	50.600	50.333	2533.444	0.199	0.150	0.059
Promedio							6.9176	
Desviación							11.2454	
Coeficiente de variación							1.6256	
Coeficiente de diseño							4.6117	

*Tabla. Propiedades del mortero de recubrimiento tipo I a con fecha de elaboración
02/11/2009.*

Espécimen	MM-I				Promedio (mm)	Área (mm ²)	Peso (kg)	Carga (KN)	Esfuerzo (MPa)
	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)						
1	49.800	49.900	50.500	50.067	2506.671	0.182	29.921	11.936	
2	50.000	49.500	49.600	49.700	2470.090	0.173	25.506	10.326	
3	49.700	50.200	49.600	49.833	2483.361	0.183	32.864	13.233	
4	49.700	50.000	50.300	50.000	2500.000	0.174	24.525	9.810	
5	49.900	49.900	50.000	49.933	2493.338	0.183	29.430	11.803	
6	49.900	50.000	49.000	49.633	2463.468	0.176	24.525	9.955	
Promedio								11.1774	
Desviación								1.3626	
Coeficiente de variación								0.1219	
Coeficiente de diseño								7.4516	

*Tabla. Propiedades del mortero de recubrimiento tipo I a con fecha de elaboración
19/10/2009*

Espécimen	MM-I				Promedio (mm)	Área (mm ²)	Peso (kg)	Carga (KN)	Esfuerzo (MPa)
	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)						
1	50.100	50.000	50.300	50.133	2513.351	0.176	32.864	13.076	
2	50.000	50.000	49.300	49.767	2476.721	0.178	41.693	16.834	
3	50.300	50.500	49.000	49.933	2493.338	0.182	43.164	17.312	
4	50.400	50.000	49.000	49.800	2480.040	0.179	40.221	16.218	
5	50.000	50.000	50.200	50.067	2506.671	0.179	42.183	16.828	
6	50.200	50.100	50.700	50.333	2533.444	0.174	40.712	16.070	
Promedio								16.0561	
Desviación								1.5289	
Coeficiente de variación								0.0952	
Coeficiente de diseño								10.7041	

Tabla. Propiedades del mortero de recubrimiento tipo I a con fecha de elaboración 09/11/2009.

Especimen	MM-I							
	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	Promedio (mm)	Área (mm ²)	Peso (kg)	Carga (KN)	Esfuerzo (MPa)
6	49.700	50.400	50.800	50.300	2530.090	0.184	33.354	13.183
7	50.000	50.000	50.500	50.167	2516.694	0.181	30.902	12.279
9	50.300	50.200	49.300	49.933	2493.338	0.18	38.259	15.344
Promedio								13.6020
Desviación								1.5753
Coeficiente de variación								0.1158
Coeficiente de diseño								9.0680

Tabla. Propiedades del mortero de recubrimiento tipo II a con fecha de elaboración 11/09/2009.

Especimen	MM-II							
	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	Promedio (mm)	Área (mm ²)	Peso (kg)	Carga (KN)	Esfuerzo (MPa)
1	50.000	51.000	50.000	50.333	2533.444	0.183	33.354	13.165
2	50.000	50.000	50.000	50.000	2500.000	0.185	37.769	15.107
3	50.000	50.000	50.000	50.000	2500.000	0.185	35.807	14.323
4	50.000	50.000	50.000	50.000	2500.000	0.18	27.959	11.183
5	49.500	49.500	49.500	49.500	2450.250	0.177	29.430	12.011
6	50.000	50.000	50.000	50.000	2500.000	0.182	30.411	12.164
Promedio								12.992
Desviación								1.496
Coeficiente de variación								0.115
Coeficiente de diseño								8.662

Tabla. Propiedades del mortero de recubrimiento tipo II a con fecha de elaboración 18/09/2009.

Especimen	MM-II							
	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	Promedio (mm)	Área (mm ²)	Peso (kg)	Carga (KN)	Esfuerzo (MPa)
1	50.000	50.500	49.500	50.000	2500.000	0.172	20.601	8.240
2	50.000	50.000	50.700	50.233	2523.388	0.164	19.620	7.775
4	50.500	50.400	50.300	50.400	2540.160	0.168	13.734	5.407
Promedio								7.141
Desviación								1.520
Coeficiente de variación								0.213
Coeficiente de diseño								4.761

*Tabla. Propiedades del mortero de recubrimiento tipo II a con fecha de elaboración
05/10/2009*

Espécimen	MM-II							
	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	Promedio (mm)	Área (mm ²)	Peso (kg)	Carga (KN)	Esfuerzo (MPa)
8	49.700	50.000	48.500	49.400	2440.360	0.181	38.259	15.678
7	49.700	50.200	48.000	49.300	2430.490	0.18	30.902	12.714
Promedio								14.196
Desviación								2.096
Coeficiente de variación								0.148
Coeficiente de diseño								9.464

*Tabla. Propiedades del mortero de recubrimiento tipo II a con fecha de elaboración
19/10/2009.*

Espécimen	MM-II							
	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	Promedio (mm)	Área (mm ²)	Peso (kg)	Carga (KN)	Esfuerzo (MPa)
1	50.000	50.200	49.600	49.933	2493.338	0.189	47.088	18.886
2	50.200	49.800	48.000	49.333	2433.778	0.188	41.693	17.131
3	50.000	50.000	49.400	49.800	2480.040	0.188	47.088	18.987
Promedio								18.334
Desviación								1.044
Coeficiente de variación								0.057
Coeficiente de diseño								12.223

*Tabla. Propiedades del mortero de recubrimiento tipo II a con fecha de elaboración
11/09/2009.*

Espécimen	MM-II							
	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	Promedio (mm)	Área (mm ²)	Peso (kg)	Carga (KN)	Esfuerzo (MPa)
1	50.400	50.400	49.800	50.200	2520.040	0.182	33.354	13.236
2	50.000	50.000	50.000	50.000	2500.000	0.18	30.902	12.361
3	50.000	50.300	50.100	50.133	2513.351	0.179	31.883	12.685
4	50.200	50.000	49.400	49.867	2486.684	0.181	35.316	14.202
5	50.000	49.400	51.000	50.133	2513.351	0.179	32.864	13.076
6	51.000	50.400	50.000	50.467	2546.884	0.185	35.807	14.059
Promedio								13.270
Desviación								0.735
Coeficiente de variación								0.055
Coeficiente de diseño								8.846

*Tabla. Propiedades del mortero de recubrimiento tipo III a con fecha de elaboración
21/09/2009*

MM-III								
Espécimen	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	Promedio (mm)	Área (mm ²)	Peso (kg)	Carga (KN)	Esfuerzo (MPa)
4	50.200	50.000	50.000	50.067	2506.671	0.193	49.541	19.763
5	50.700	50.000	49.200	49.967	2496.668	0.185	40.221	16.110
6	50.000	50.000	49.400	49.800	2480.040	0.189	50.522	20.371
7	50.000	50.200	48.700	49.633	2463.468	0.187	49.050	19.911
8	50.000	50.400	49.200	49.867	2486.684	0.185	45.126	18.147
9	50.200	50.400	50.200	50.267	2526.738	0.195	43.164	17.083
Promedio								18.564
Desviación								1.727
Coeficiente de variación								0.093
Coeficiente de diseño								12.376

*Tabla. Propiedades del mortero de recubrimiento tipo III a con fecha de elaboración
28/09/2009*

MM-III								
Espécimen	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	Promedio (mm)	Área (mm ²)	Peso (kg)	Carga (KN)	Esfuerzo (MPa)
1	50.600	50.800	49.000	50.133	2513.351	0.172	16.677	6.635
2	49.700	50.500	48.900	49.700	2470.090	0.17	7.848	3.177
3	50.000	50.300	49.700	50.000	2500.000	0.176	16.677	6.671
4	50.100	50.000	48.500	49.533	2453.551	0.171	16.677	6.797
5	50.300	50.000	48.700	49.667	2466.778	0.172	15.696	6.363
6	50.600	50.000	49.000	49.867	2486.684	0.174	16.187	6.509
Promedio								6.025
Desviación								1.403
Coeficiente de variación								0.233
Coeficiente de diseño								4.017

Tabla. Propiedades del mortero de recubrimiento tipo III a con fecha de elaboración 09/11/2009.

MM-III								
Espécimen	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	Promedio (mm)	Área (mm²)	Peso (kg)	Carga (KN)	Esfuerzo (MPa)
1	50.000	50.200	50.000	50.067	2506.671	0.177	17.168	6.849
2	50.000	49.800	49.700	49.833	2483.361	0.177	11.772	4.740
3	50.000	50.300	49.200	49.833	2483.361	0.177	19.620	7.901
4	50.400	50.400	49.800	50.200	2520.040	0.182	17.168	6.812
5	50.000	50.300	50.100	50.133	2513.351	0.17	18.149	7.221
6	50.000	49.700	48.100	49.267	2427.204	0.171	18.149	7.477
Promedio								6.833
Desviación								1.103
Coeficiente de variación								0.161
Coeficiente de diseño								4.556

Tabla. Propiedades del mortero de recubrimiento tipo III a con fecha de elaboración 26/10/2009.

MM-III								
Espécimen	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	Promedio (mm)	Área (mm²)	Peso (kg)	Carga (KN)	Esfuerzo (MPa)
1	49.800	50.000	49.700	49.833	2483.361	0.184	33.354	13.431
2	49.800	50.100	49.100	49.667	2466.778	0.181	30.902	12.527
3	49.800	50.200	49.000	49.667	2466.778	0.18	38.259	15.510
Promedio								13.823
Desviación								1.529
Coeficiente de variación								0.111
Coeficiente de diseño								9.215

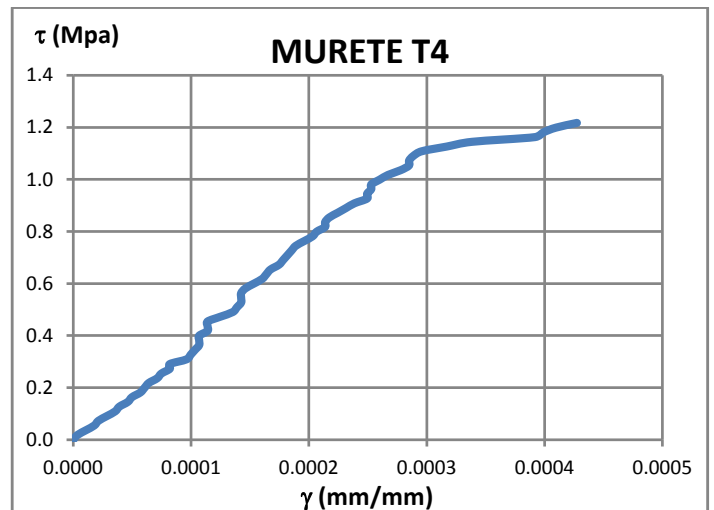
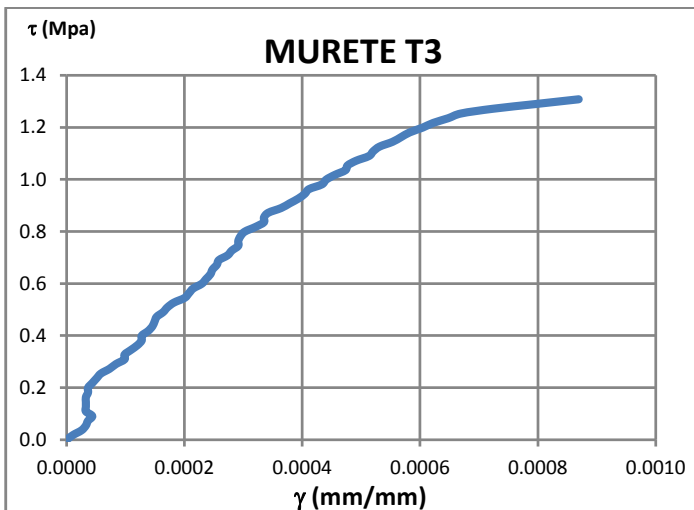
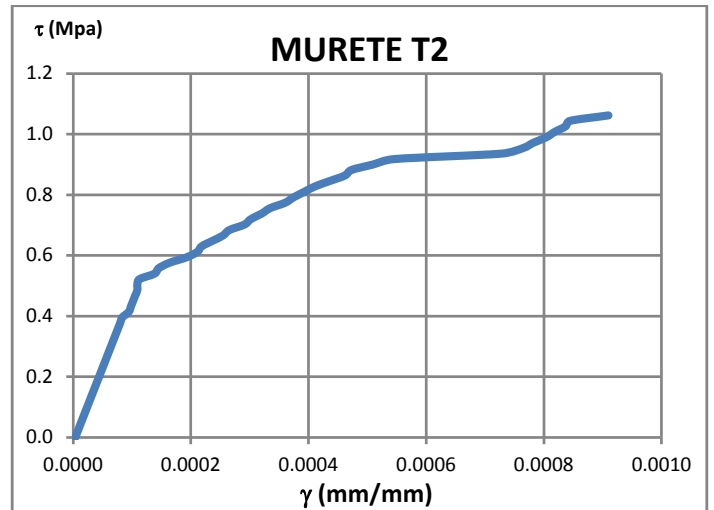
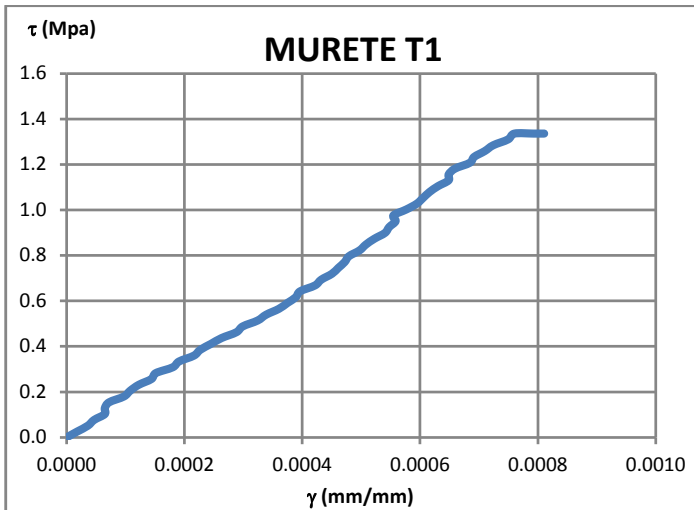
*Tabla. Propiedades del mortero de recubrimiento tipo III a con fecha de elaboración
26/09/2009*

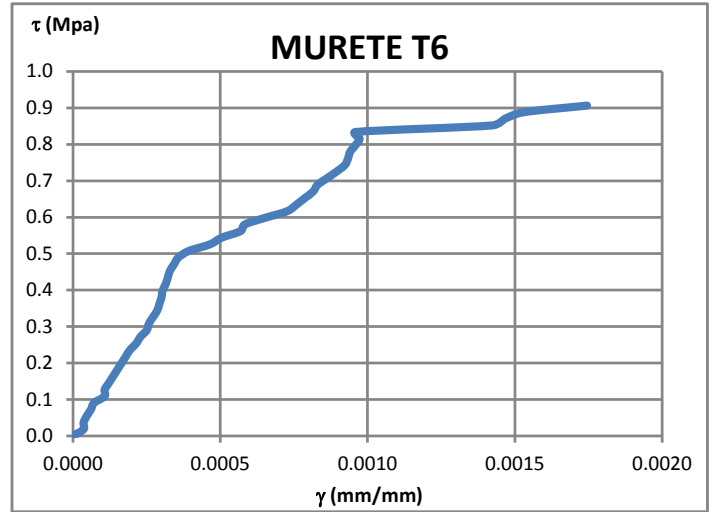
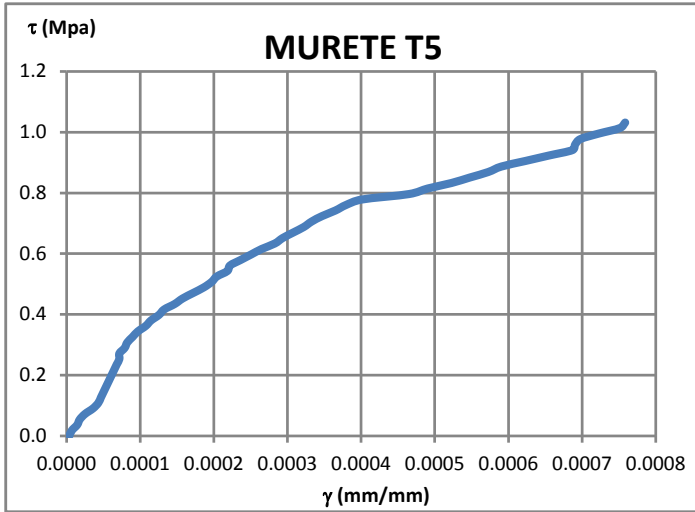
MM-III								
Espécimen	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	Promedio (mm)	Área (mm²)	Peso (kg)	Carga (KN)	Esfuerzo (MPa)
1	50.000	50.000	50.000	50.000	2500.000	0.189	20.111	8.044
2	50.000	50.000	50.000	50.000	2500.000	0.194	20.111	8.044
3	52.000	51.900	52.000	51.967	2700.534	0.196	22.073	8.173
4	51.750	51.850	51.800	51.800	2683.240	0.196	19.620	7.312
5	50.700	50.500	50.000	50.400	2540.160	0.183	19.130	7.531
6	50.200	50.300	50.210	50.237	2523.723	0.185	22.073	8.746
Promedio								7.975
Desviación								0.506
Coeficiente de variación								0.063
Coeficiente de diseño								5.317

APÉNDICE-C. GRAFICAS ESFUERZO CORTANTE - DEFORMACION ANGULAR

En esta sección se presentan las gráficas de *esfuerzo cortante-deformación angular* de los ensayos realizados en esta investigación.

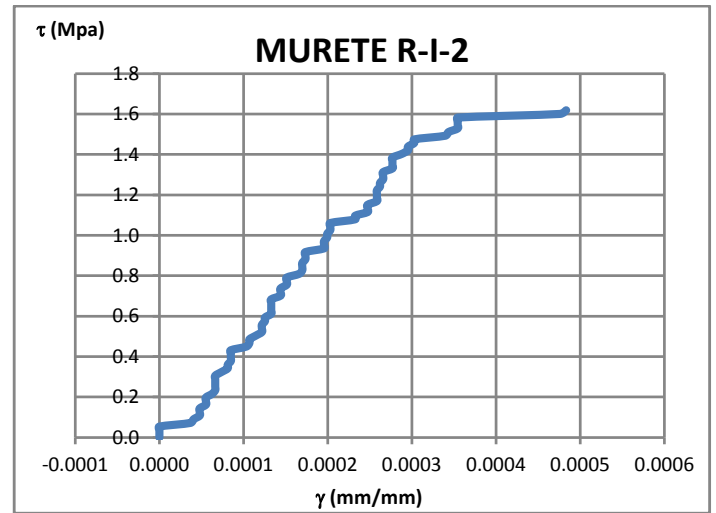
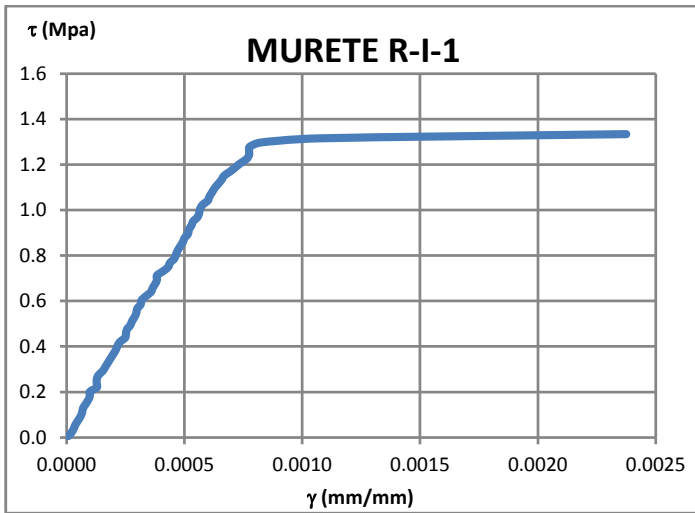
C.1 - MURETES SIN REFUERZO SIN RECUBRIMIENTO

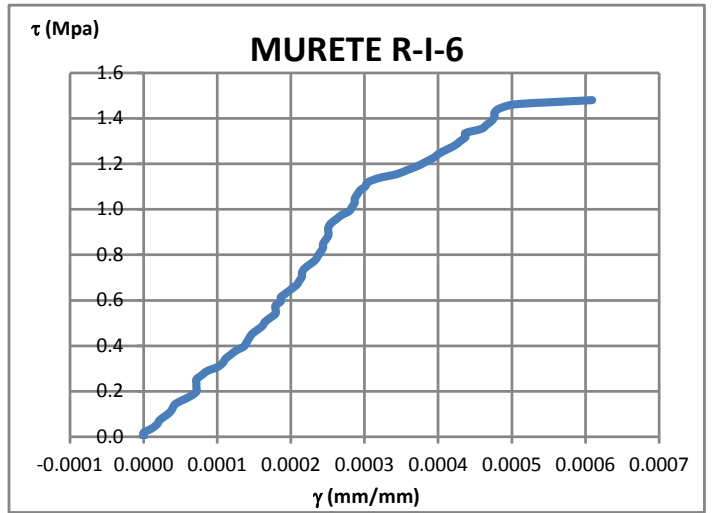
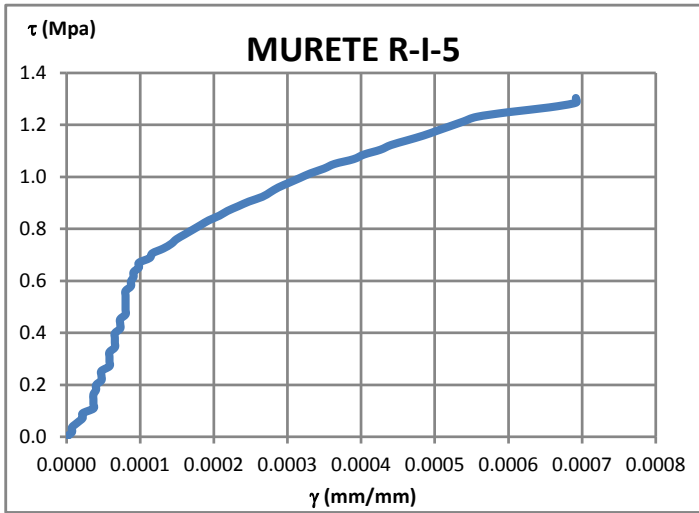
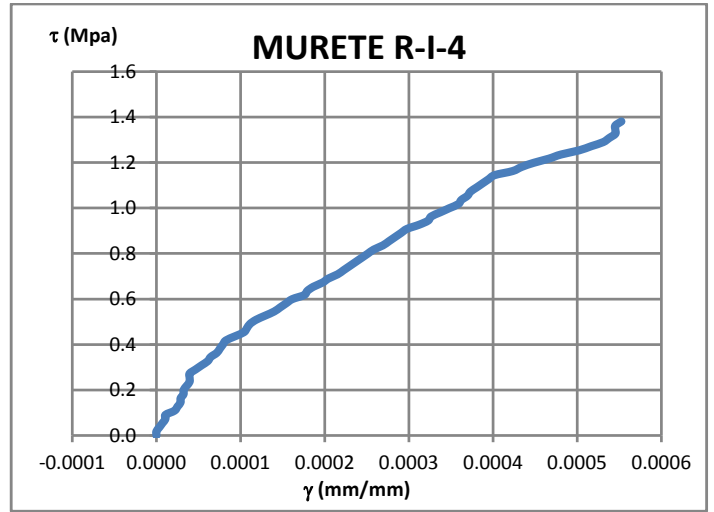
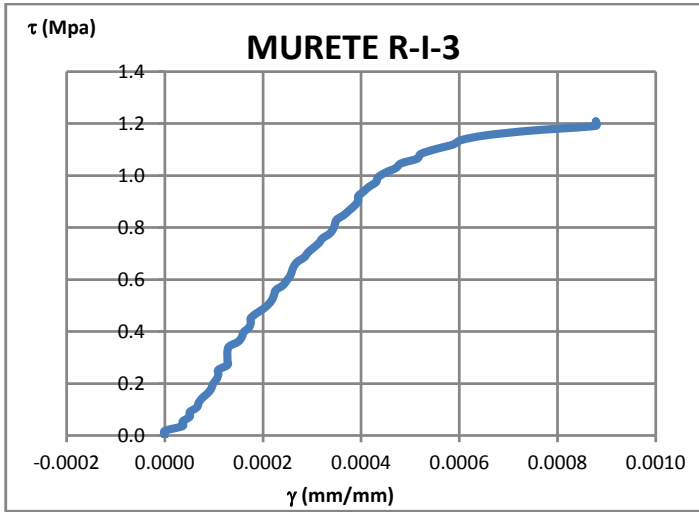




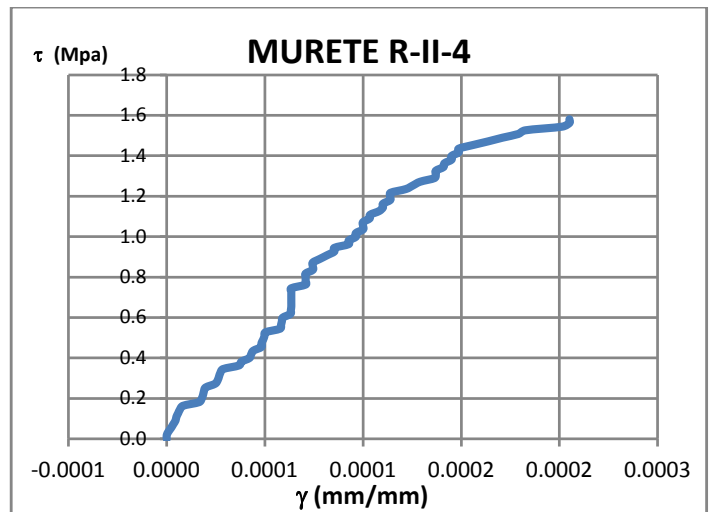
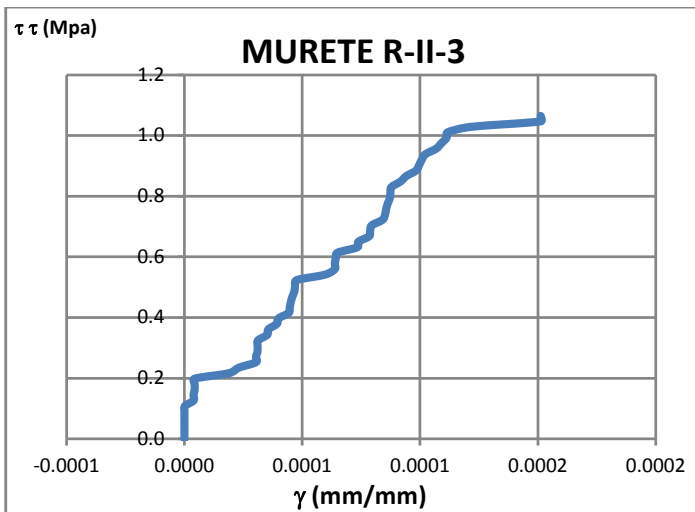
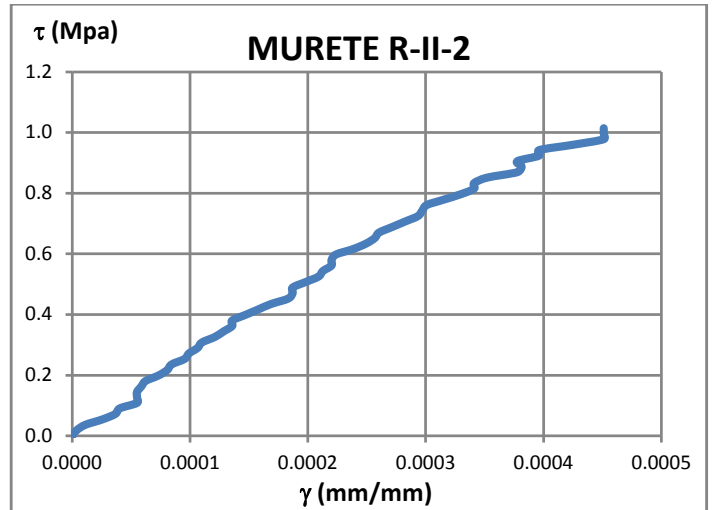
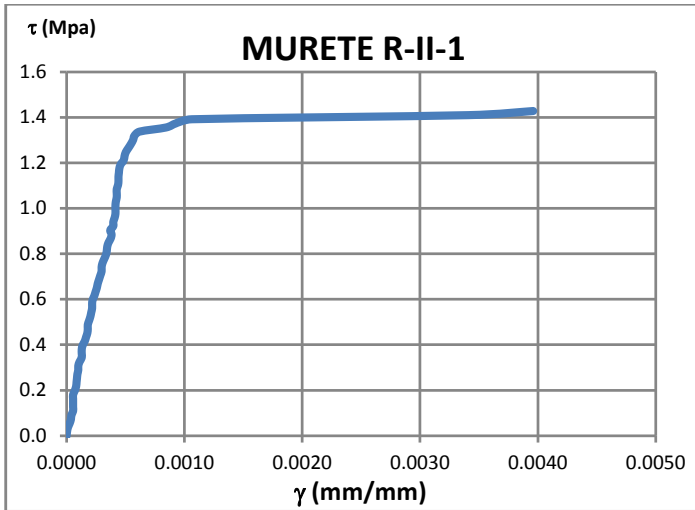
C.2 - MURETES SIN REFUERZO CON RECUBRIMIENTO

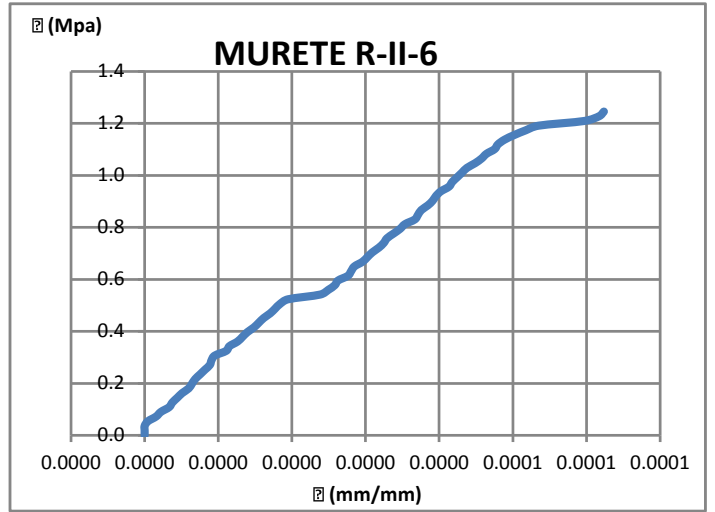
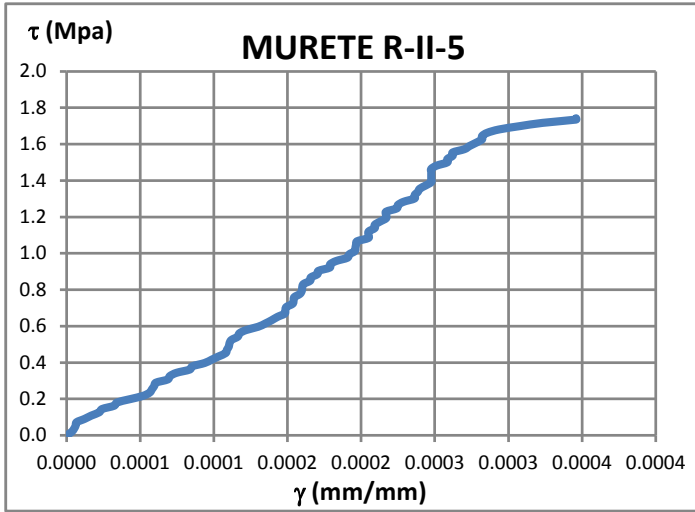
MORTERO TIPO I



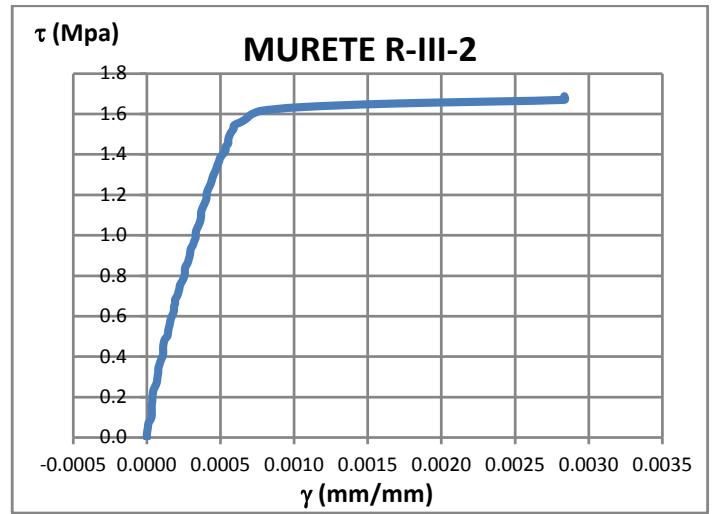
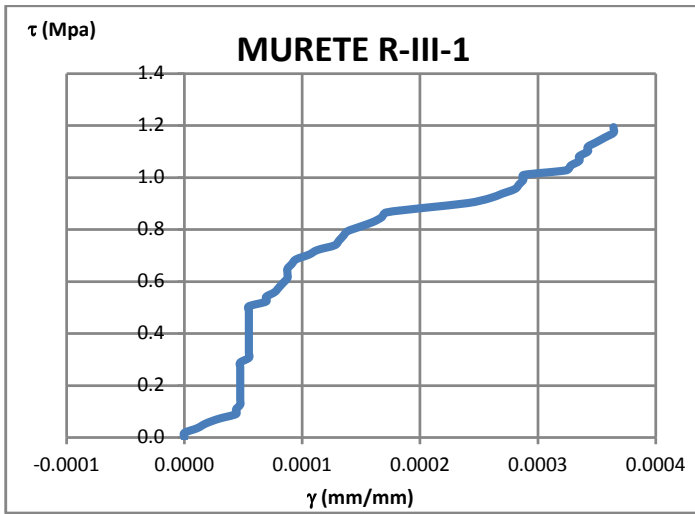


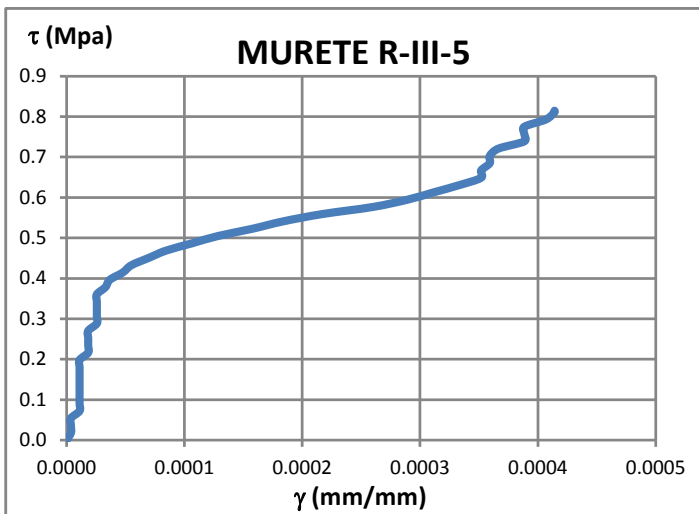
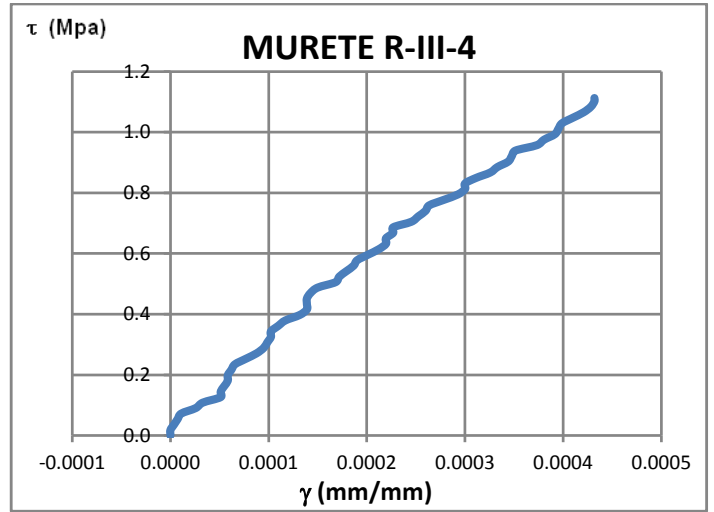
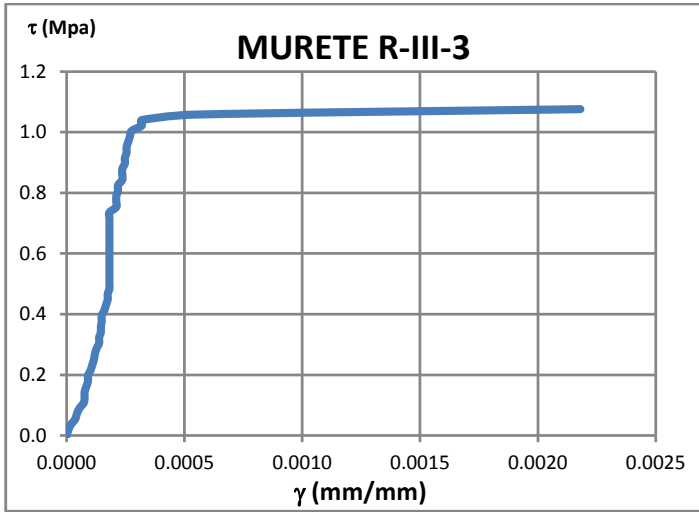
**MURETES SIN REFUERZO CON RECUBRIMIENTO
MORTERO TIPO II**





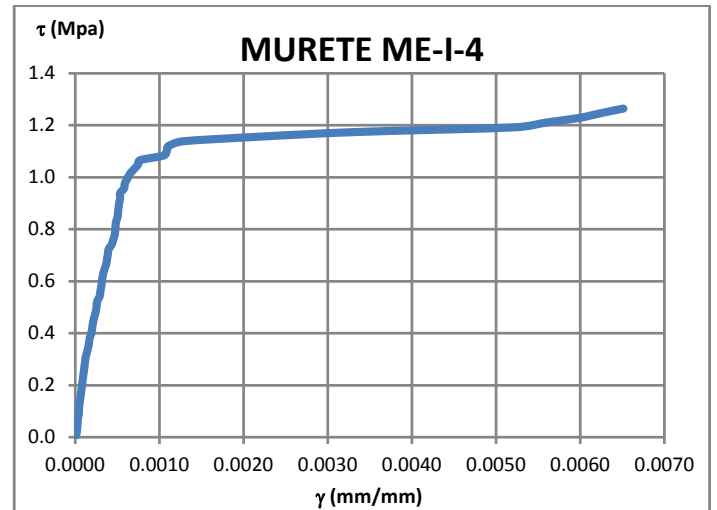
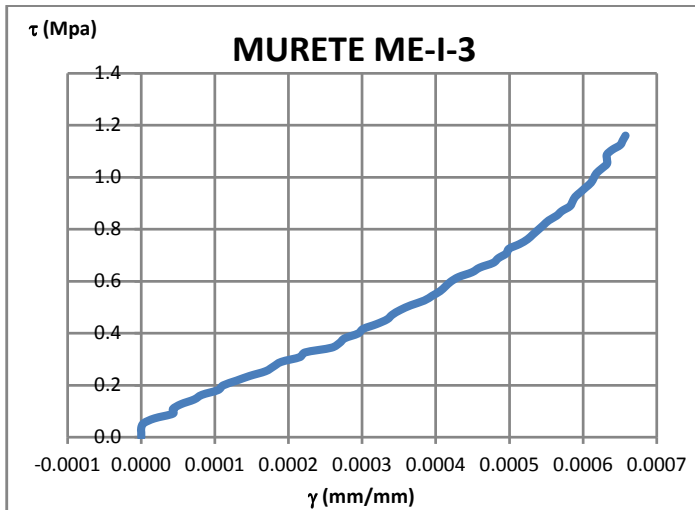
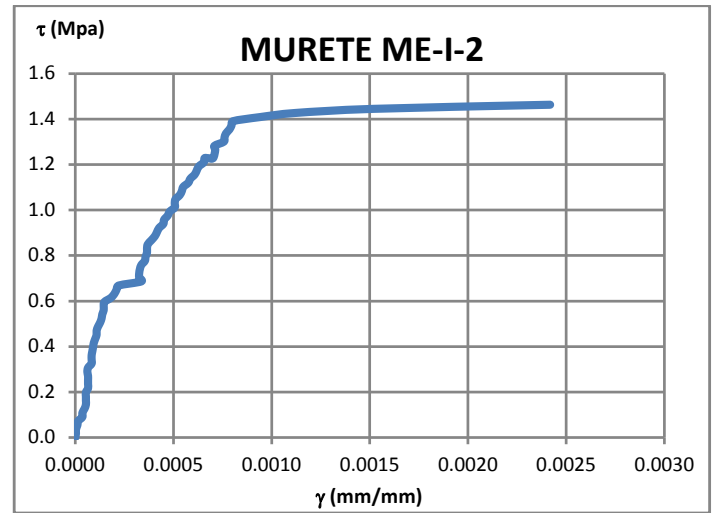
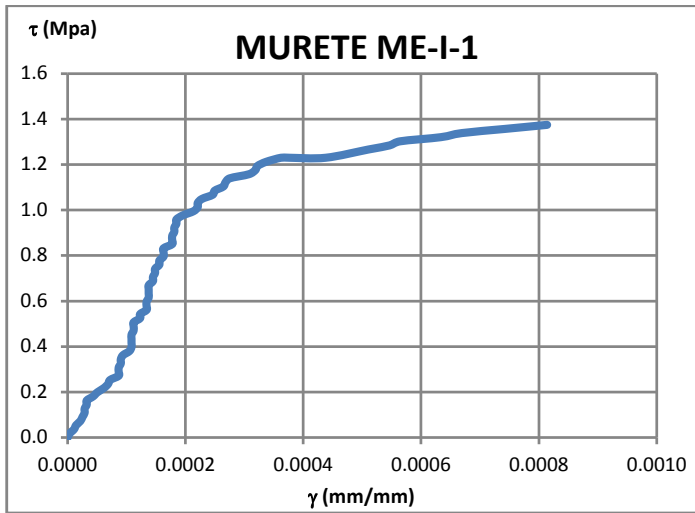
**MURETES SIN REFUERZO CON RECUBRIMIENTO
MORTERO TIPO III**

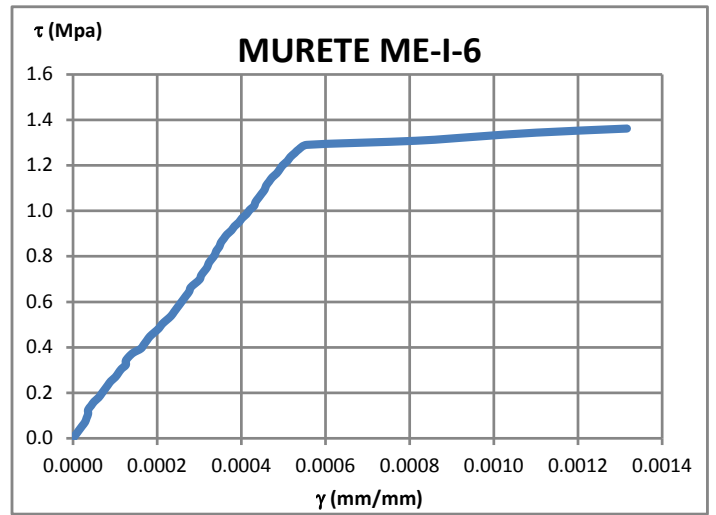
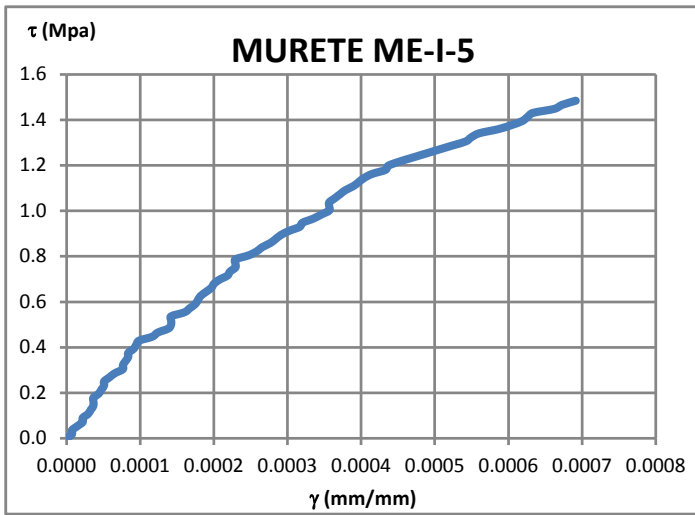




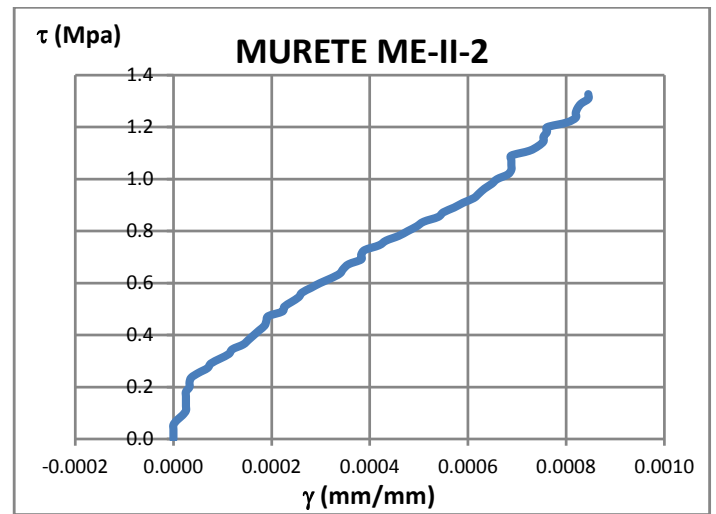
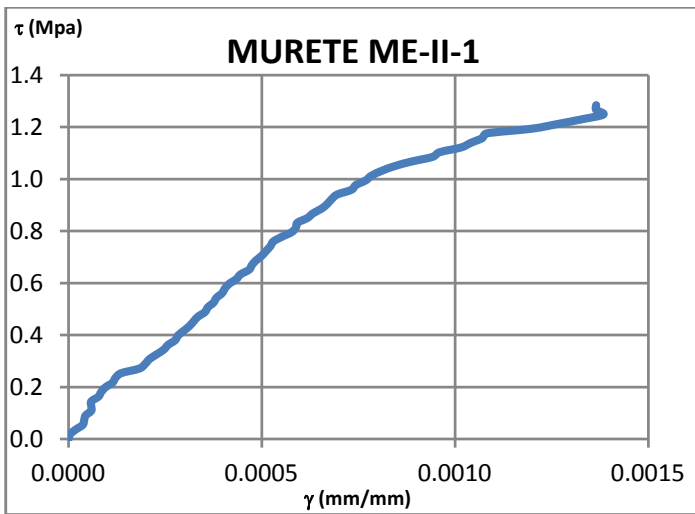
C.3 - MURETES REFORZADOS CON RECUBRIMIENTO

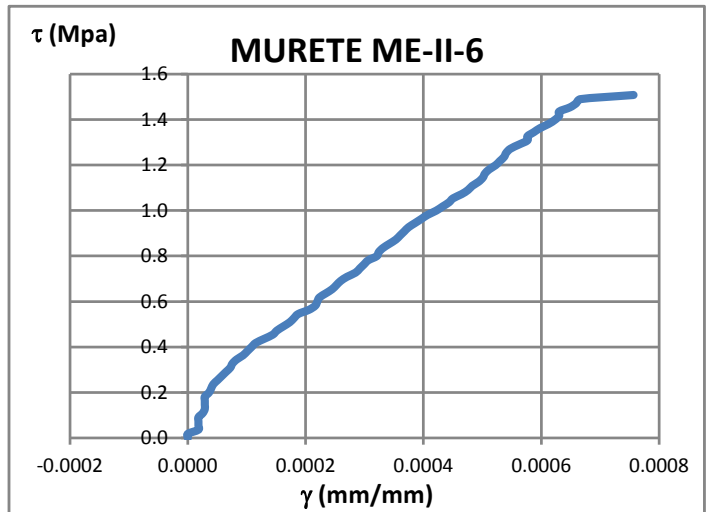
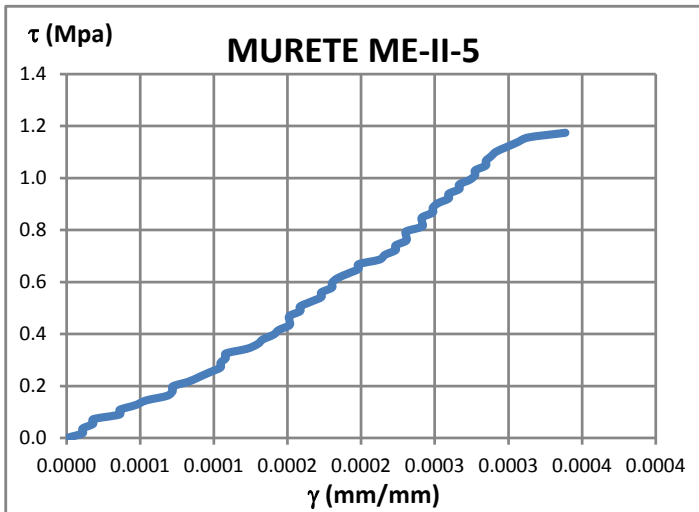
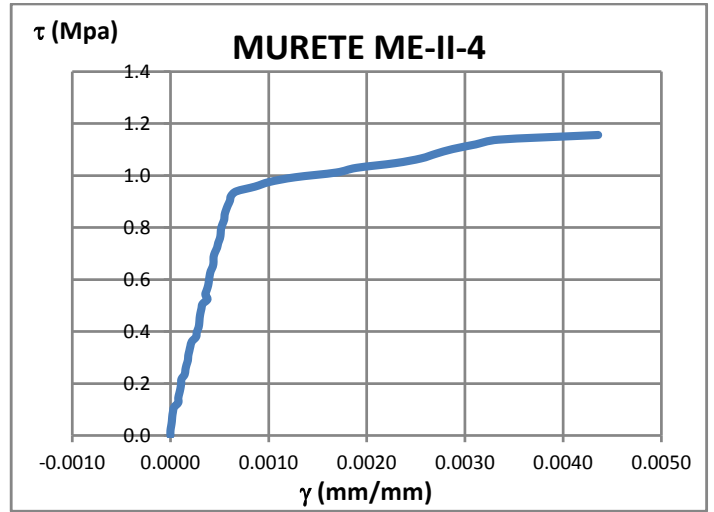
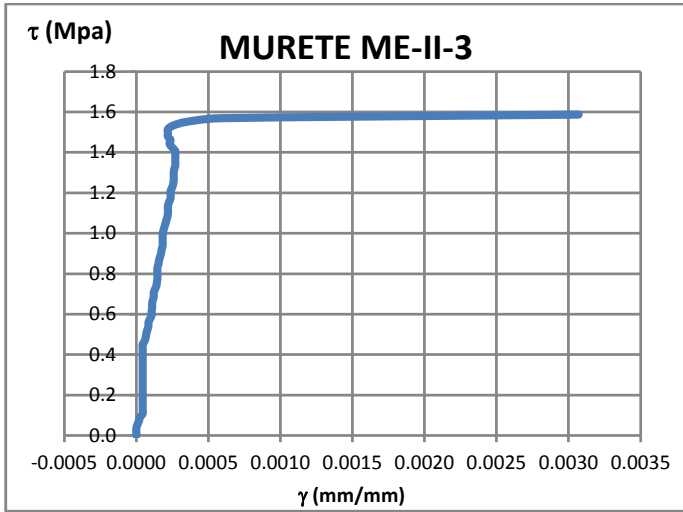
MURETES REFORZADOS CON MALLA ELECTROSOLDADA RECUBIERTOS CON MOTERO TIPO I



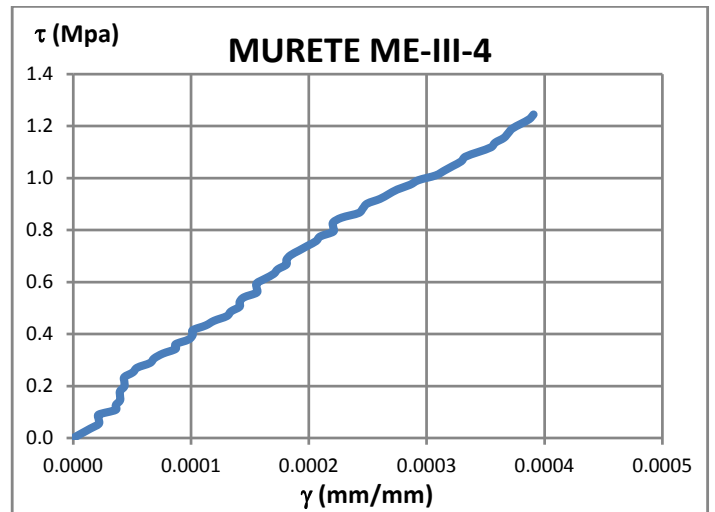
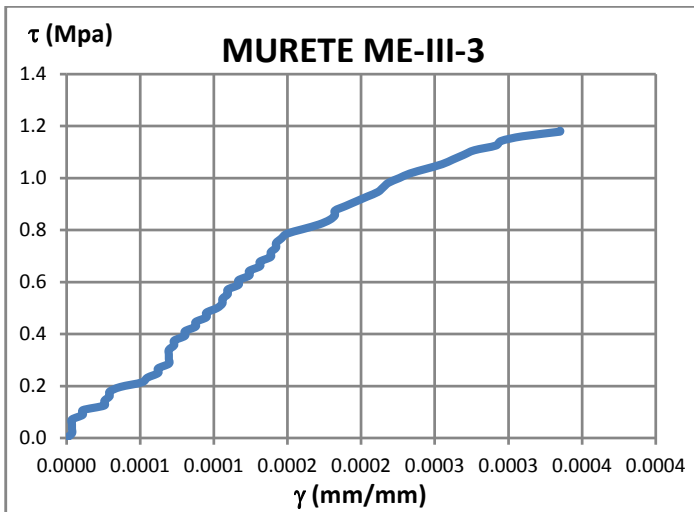
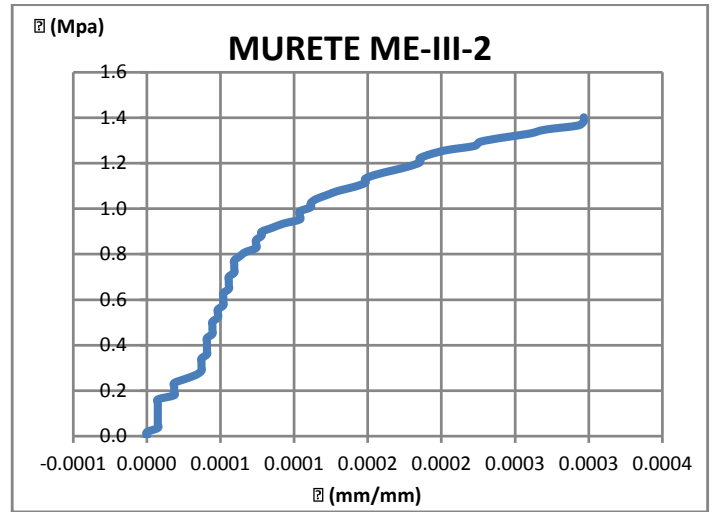
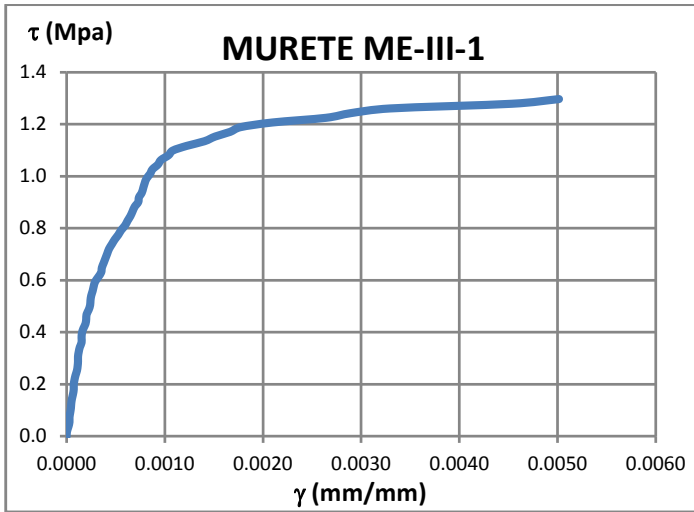


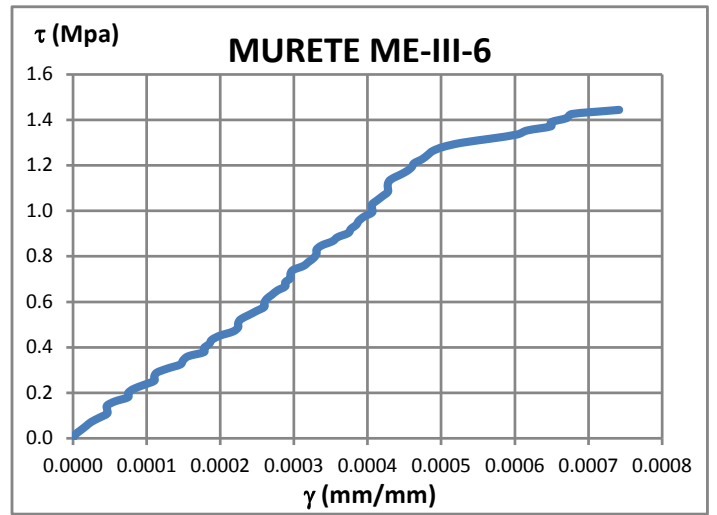
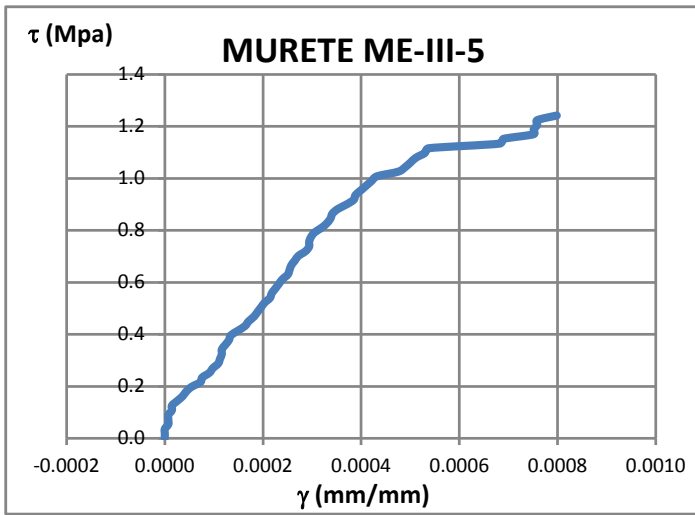
MURETES REFORZADOS CON MALLA ELECTROSOLDADA RECUBIERTOS CON MOTERO TIPO II



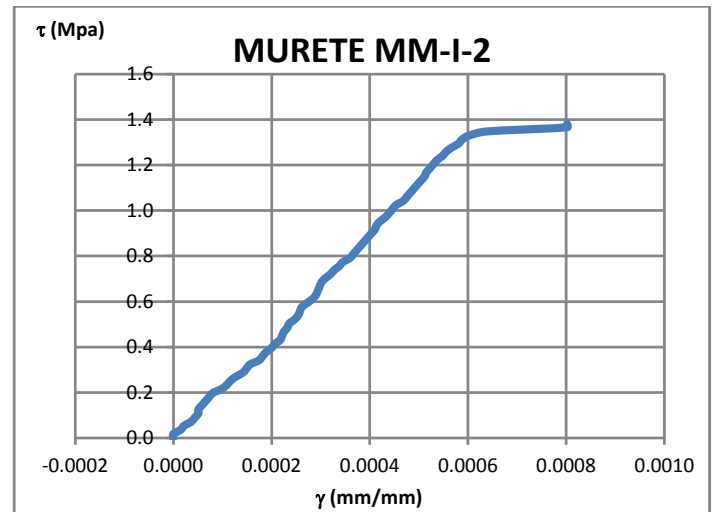
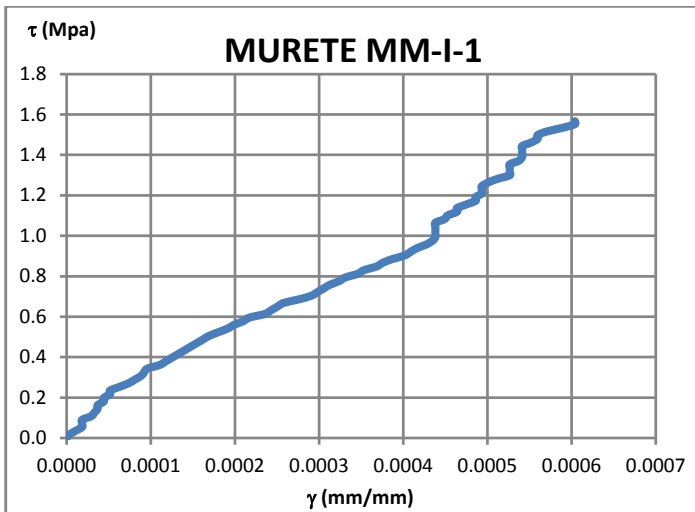


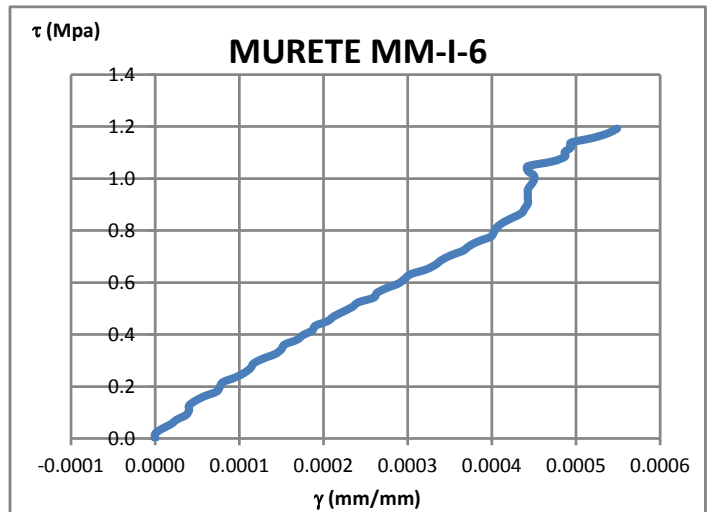
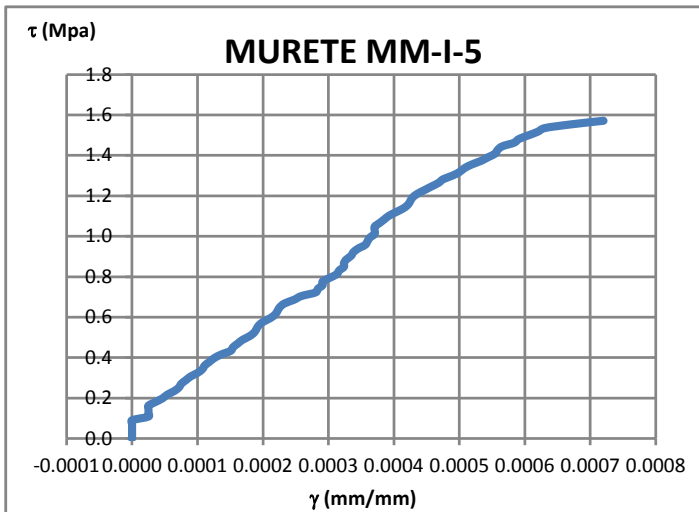
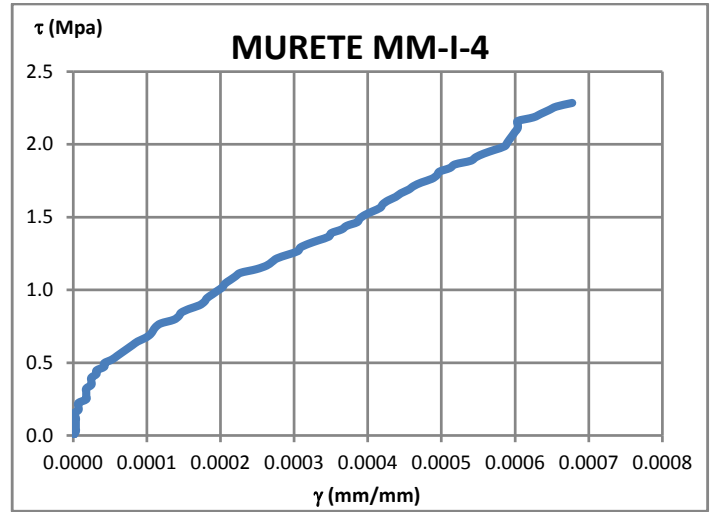
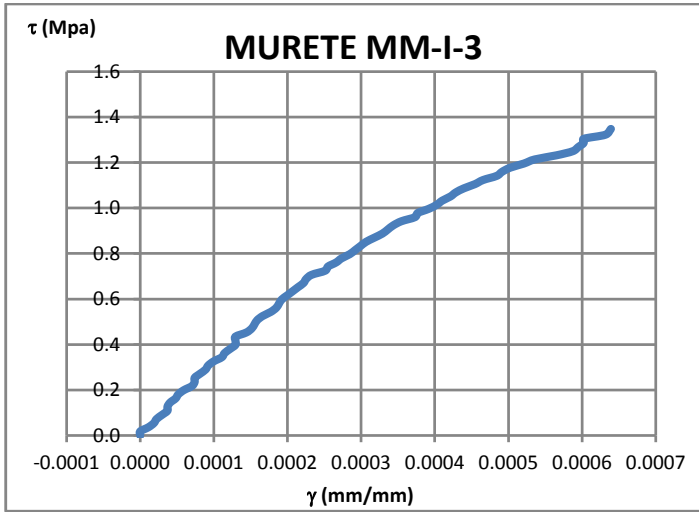
MURETES REFORZADOS CON MALLA ELECTROSOLDADA RECUBIERTOS CON MOTERO TIPO III



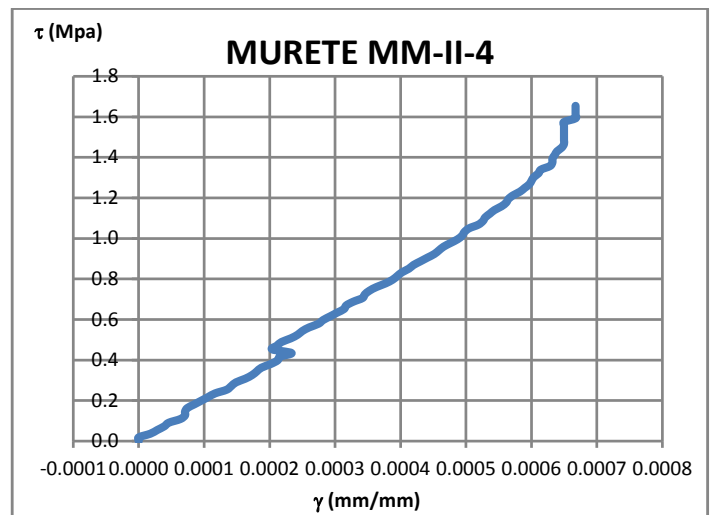
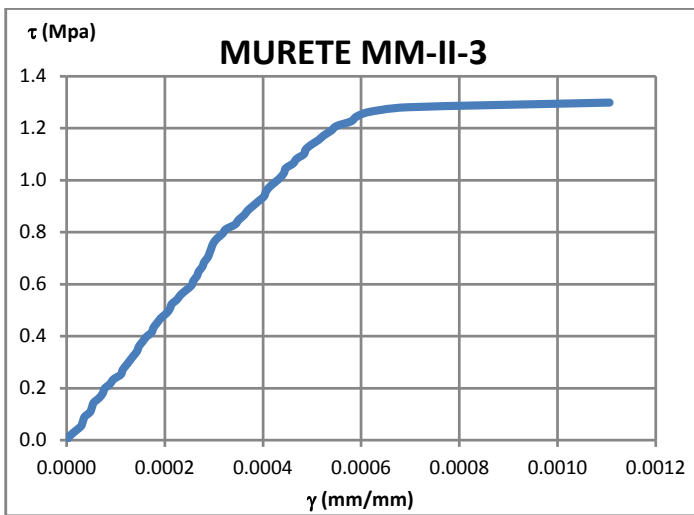
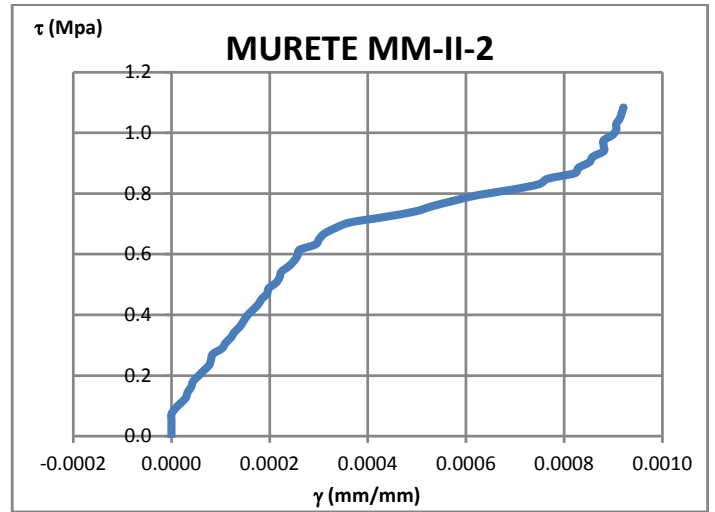
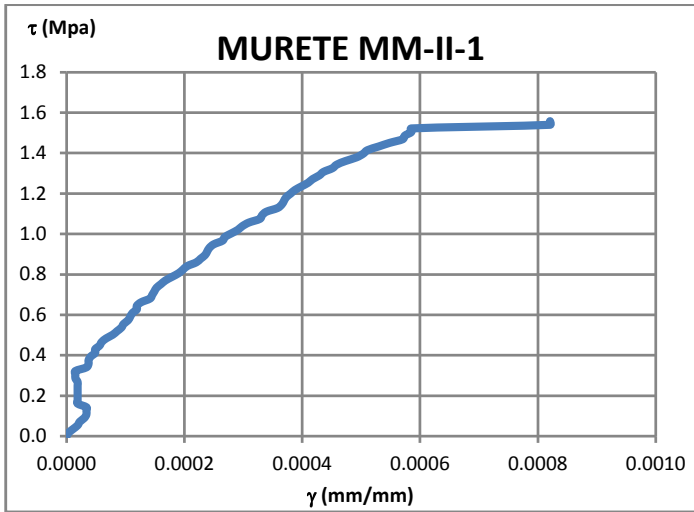


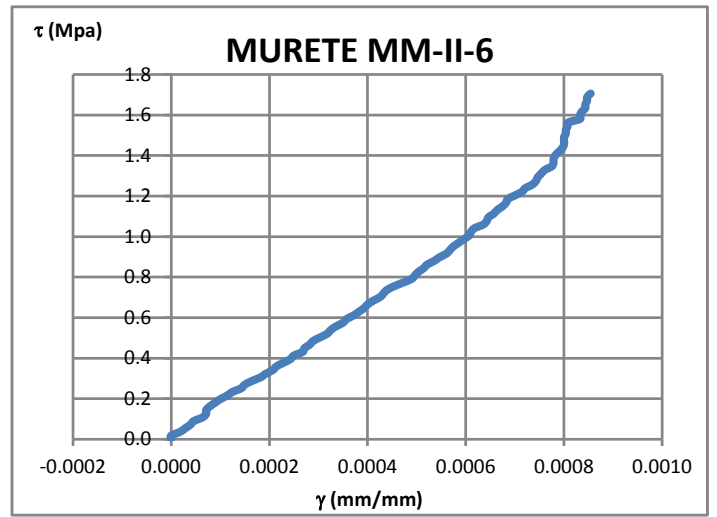
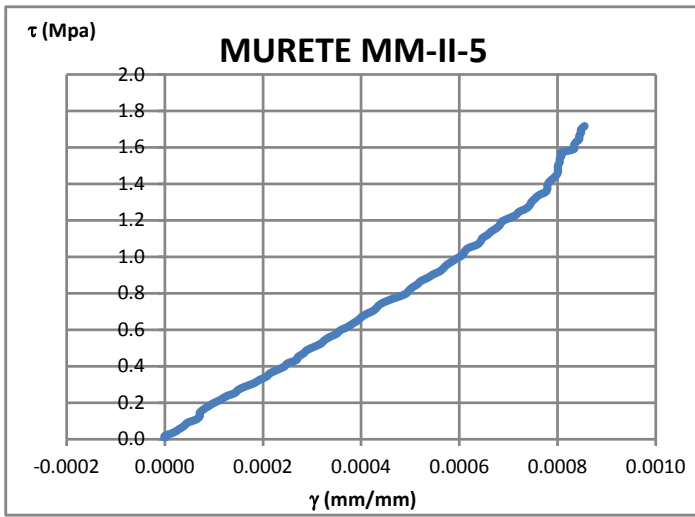
MURETES REFORZADOS CON MULTIMALLA RECUBIERTOS CON MOTERO TIPO I



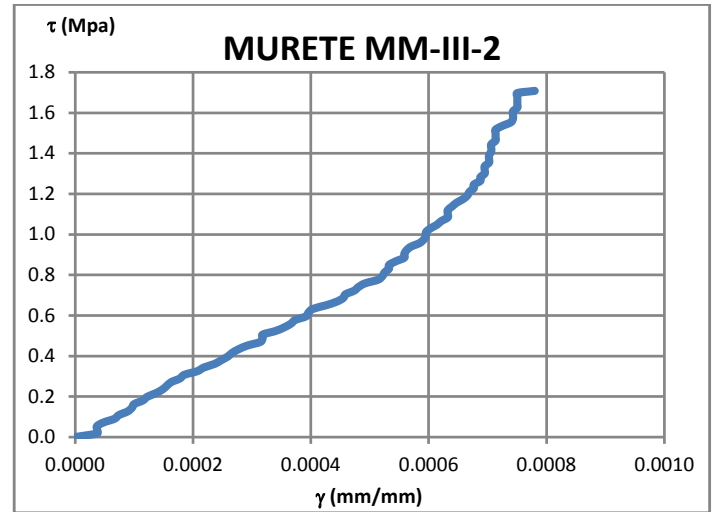
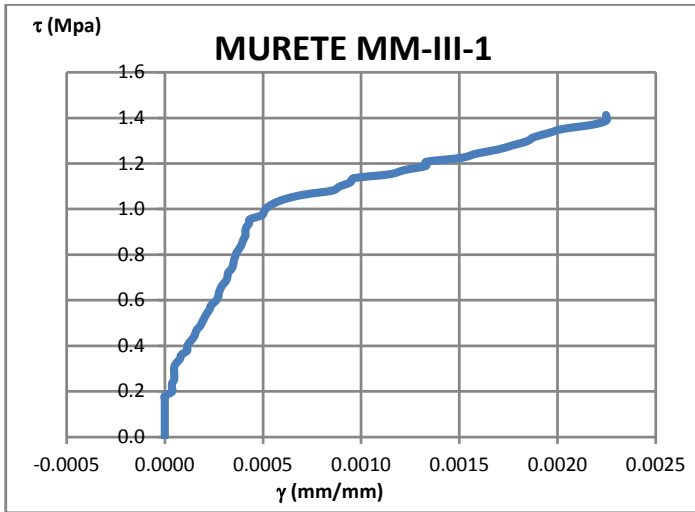


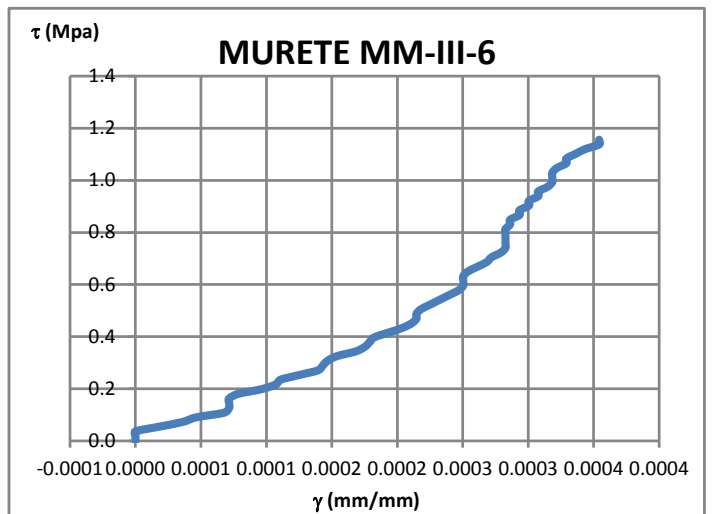
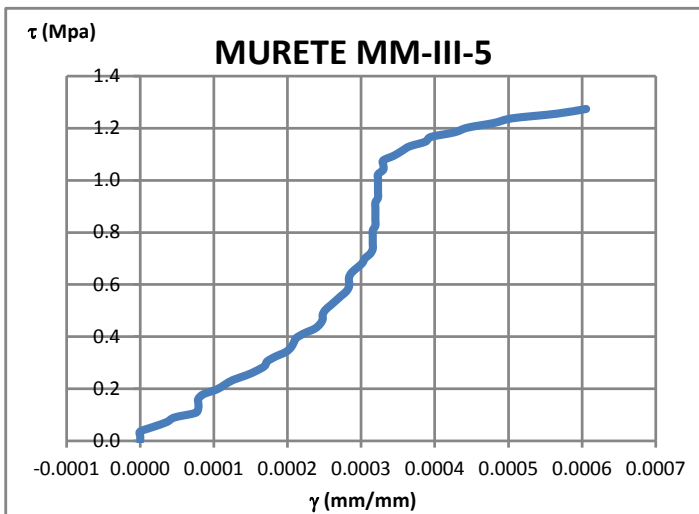
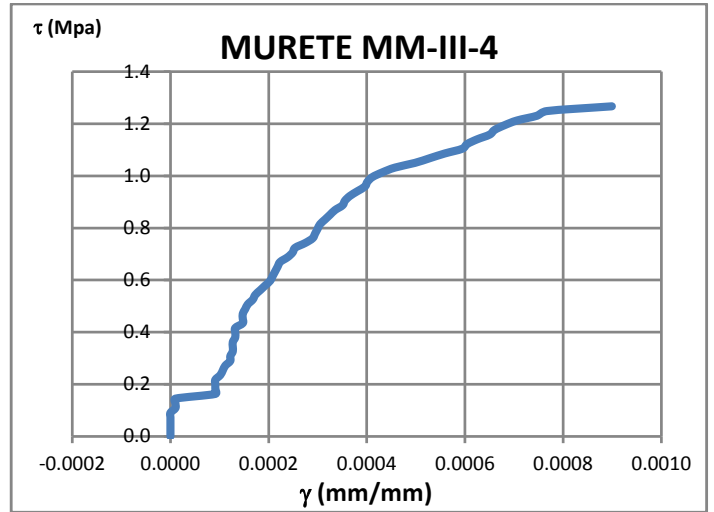
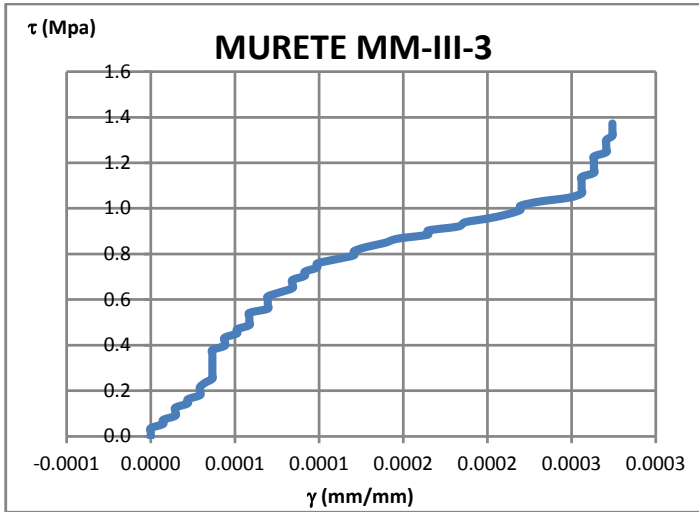
MURETES REFORZADOS CON MULTIMALLA RECUBIERTOS CON MOTERO TIPO II



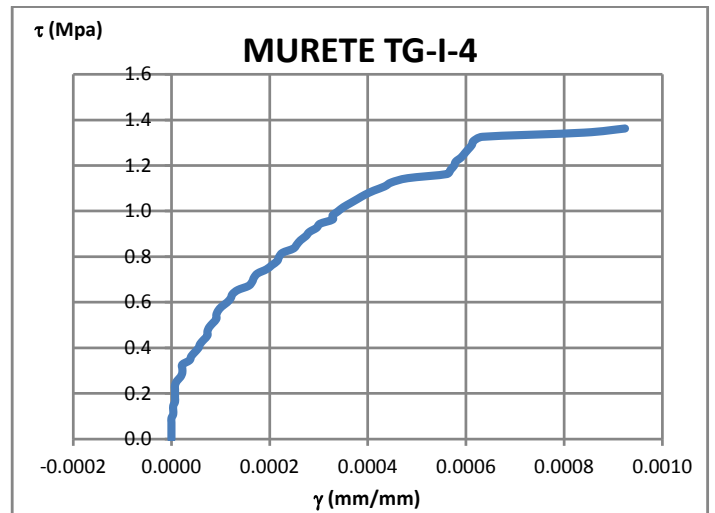
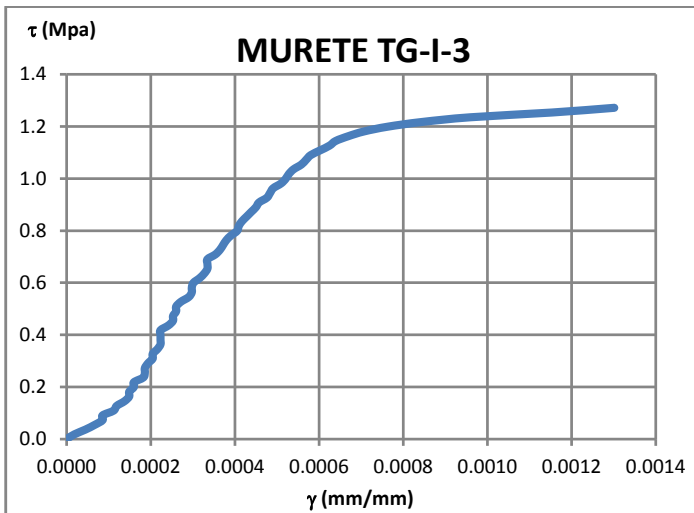
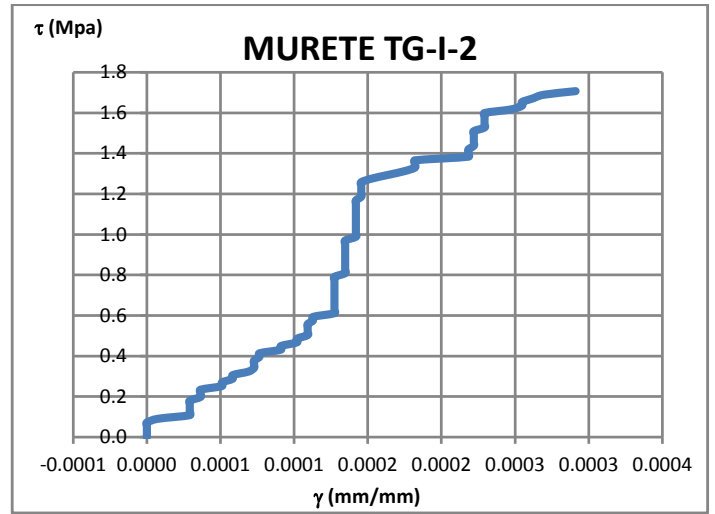
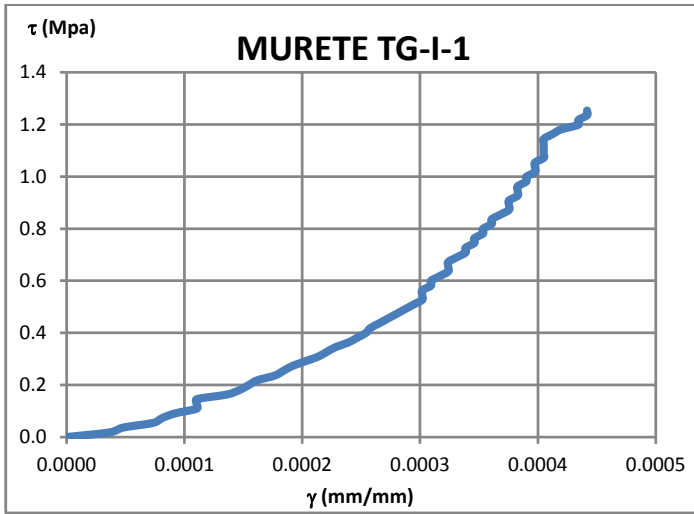


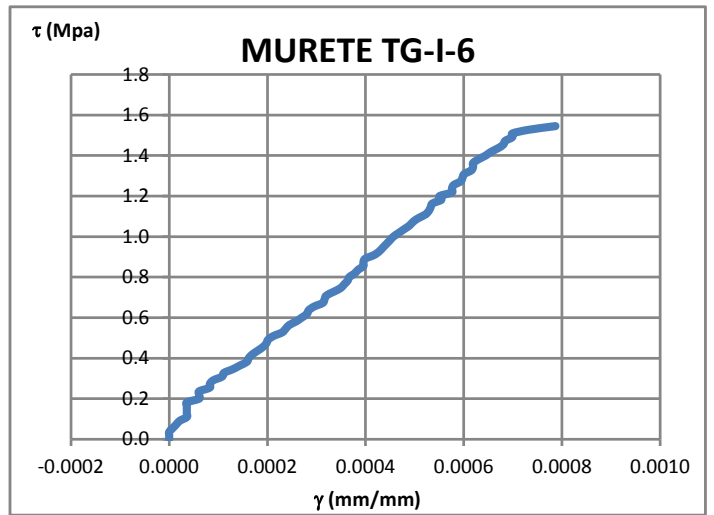
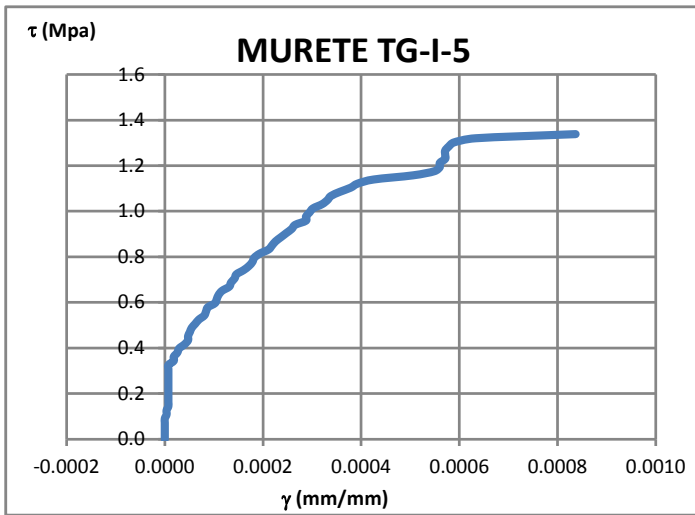
MURETES REFORZADOS CON MULTIMALLA RECUBIERTOS CON MOTERO TIPO III



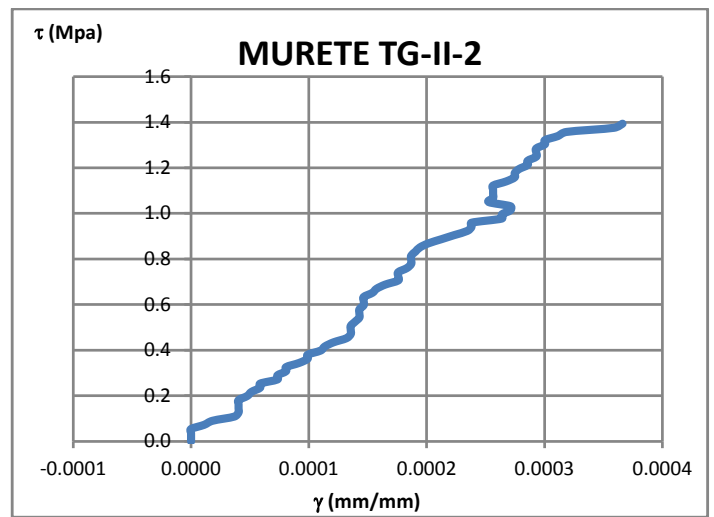
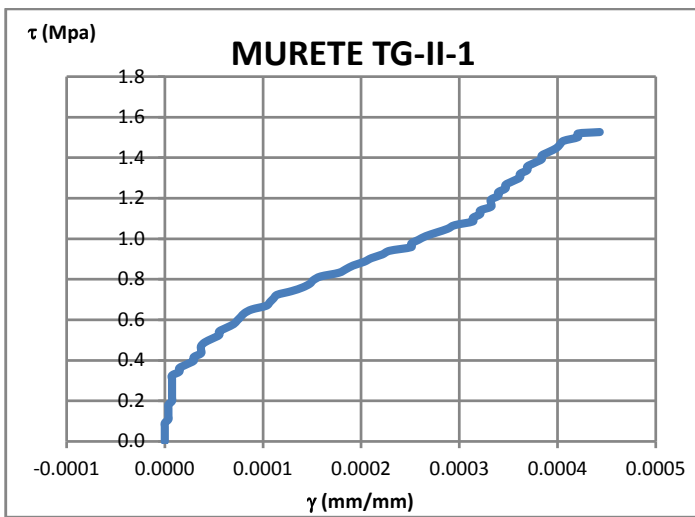


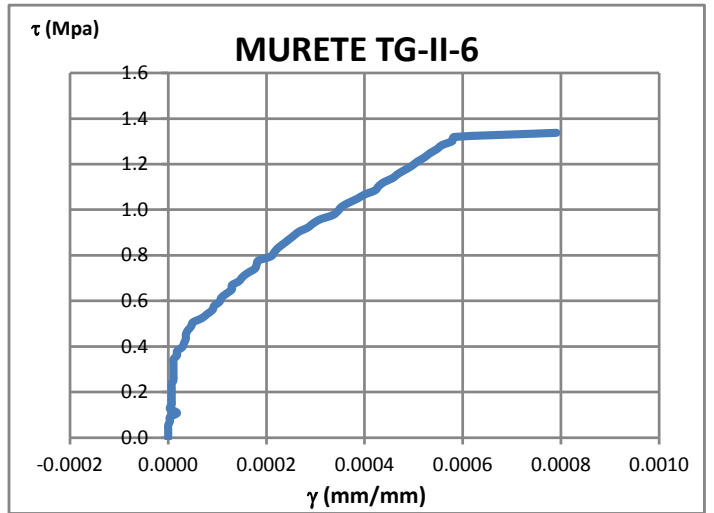
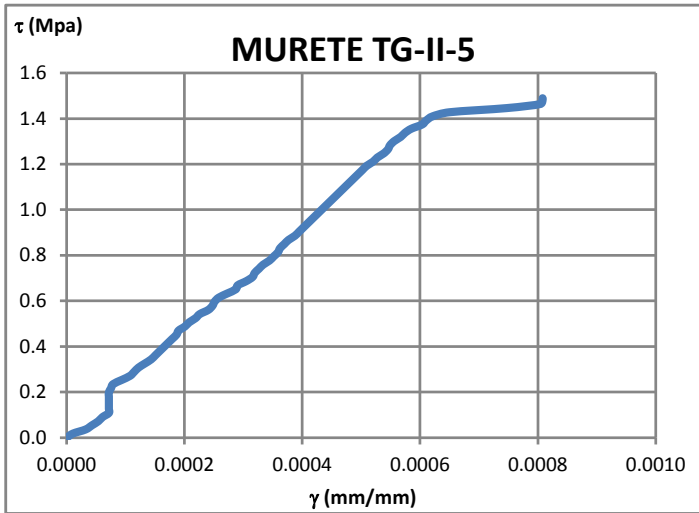
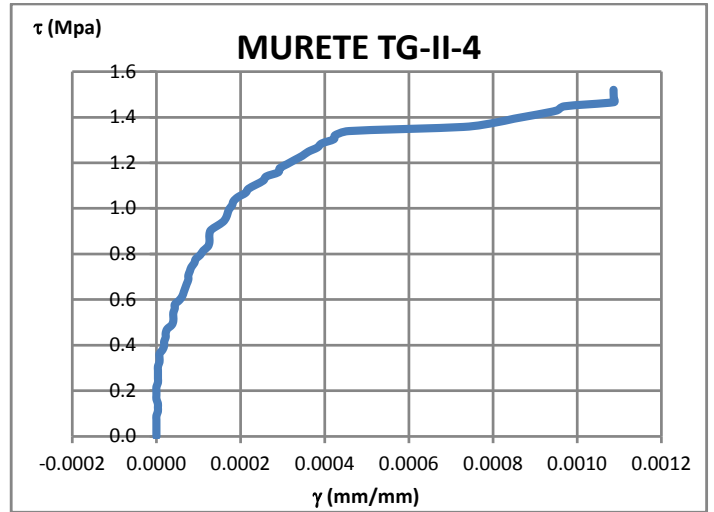
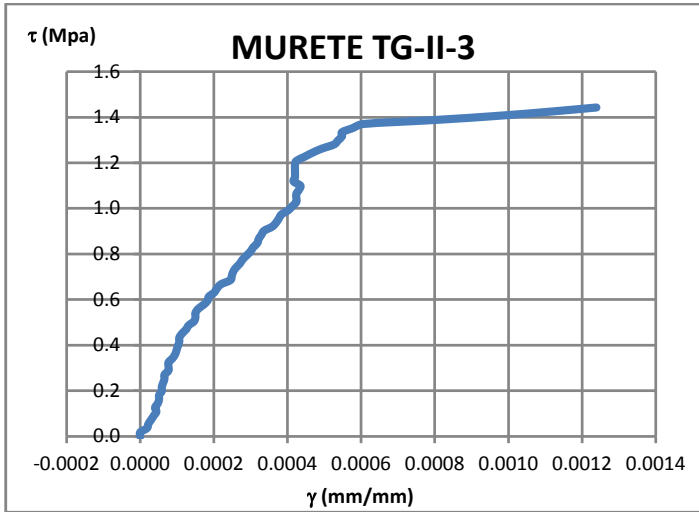
MURETES REFORZADOS CON TELA DE GALLINERO RECUBIERTOS CON MOTERO TIPO I





MURETES REFORZADOS CON TELA DE GALLINERO RECUBIERTOS CON MOTERO TIPO II





MURETES REFORZADOS CON TELA DE GALLINERO RECUBIERTOS CON MOTERO TIPO III

