

INFORME FINAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA DESARROLLADA POR
ESTUDIANTE Y DOCENTE DE PREGRADO UNIVERSIDAD NACIONAL DE
INGENIERÍA 2016-I

FIC-F-2-2016

PROPUESTA DE UNA TÉCNICA DE REFORZAMIENTO PARA MUROS DE
ALBAÑILERÍA INFORMAL MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE MALLA
ELECTROSOLDADA Y MORTERO CEMENTO-ARENA



Investigador Principal

Dr. Ing. Miguel Díaz Figueroa

Asistentes de investigación:

MSc. Mary Criss Suárez Antúnez

Alberto Astorayme Valenzuela

Lima – Perú – Diciembre de 2016



CONTENIDO

CONTENIDO.....	2
LISTA DE FIGURAS	4
LISTA DE TABLAS.....	5
1. RESUMEN.....	6
2. OBJETIVOS.....	6
3. ANTECEDENTES.....	7
4. GENERALIDADES.....	8
4.1. Albañilería informal	8
4.2. Técnica de reforzamiento mejorada	9
5. ESTUDIO DE MATERIALES	11
5.1. Albañilería.....	11
5.2. Concreto	11
5.3. Mortero de reforzamiento.....	11
5.4. Acero de refuerzo	11
6. PROGRAMA EXPERIMENTAL.....	12
6.1. Ensayo de materiales	12
6.1.1. Mortero con dosificación 1:6.....	13
6.1.2. Mortero con dosificación 1:7.....	15
6.1.3. Mortero con dosificación 1:8.....	17
6.2. Ensayo dinámico en mesa vibradora	20
6.2.1. Descripción de especímenes.....	20
6.2.2. Sistema de carga.....	20
6.2.3. Sistema de adquisición de datos	21
7. CONCLUSIONES.....	22
8. REFERENCIAS	23
Anexo I: Panel fotográfico	25
Mortero 1:6.....	25
Mortero 1:7.....	31
Mortero 1:8.....	35



Módulos a escala 1:4 41

Anexo II: Planos..... 44

PROYECTO FIC-F-2-2016

Propuesta de una técnica de reforzamiento para muros de albañilería informal mediante la utilización de malla electrosoldada y mortero cemento-arena



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Vivienda de albañilería confinada de dos niveles sometido a ensayo de carga cíclica (CISMID, 2003)	7
Figura 2. Viviendas informales o no ingenieriles.....	9
Figura 3. Construcción de los muros de albañilería confinada.....	9
Figura 4. Construcción de los muros reforzados con la técnica propuesta.....	10
Figura 5. Ensayo de compresión simple.....	13
Figura 6. Ensayo de compresión con deformímetros	13
Figura 7. Ensayo de compresión con deformímetros de muestra CI6-02	14
Figura 8. Ensayo de compresión con deformímetros de muestra CI6-03	14
Figura 9. Ensayo de compresión con deformímetros de muestra CI6-05	14
Figura 10. Ensayo de compresión con deformímetros de muestra CI6-06	14
Figura 11. Ensayo de compresión con deformímetros de muestra CI7-05	16
Figura 12. Ensayo de compresión con deformímetros de muestra CI7-02	16
Figura 13. Ensayo de compresión con deformímetros de muestra CI7-06	16
Figura 14. Ensayo de compresión con deformímetros de muestra CI8-02	17
Figura 15. Ensayo de compresión con deformímetros de muestra CI8-03	17
Figura 16. Ensayo de compresión con deformímetros de muestra CI8-05	18
Figura 17. Ensayo de compresión con deformímetros de muestra CI8-06	18
Figura 18. Ensayos de módulo reducido en mesa vibradora de CISMID	20
Figura 19. Esquema de módulo básico.....	21



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Probetas para determinar la dosificación con propiedades mecánicas semejantes a las de la albañilería informal	12
Tabla 2. Resultados de pilas y muretes de albañilería informal	13
Tabla 3. Resultados de ensayos en muestras cilíndricas y cúbicas 1:6	15
Tabla 4. Resultados de ensayos en muestras cilíndricas y cúbicas 1:7	17
Tabla 5. Resultados de ensayos en muestras cilíndricas y cúbicas 1:8	18
Tabla 6. Resultados de ensayos en muestras de murete 1:8	19



PROPUESTA DE UNA TÉCNICA DE REFORZAMIENTO PARA MUROS DE ALBAÑILERÍA INFORMAL MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE MALLA ELECTROSOLDADA Y MORTERO CEMENTO-ARENA

1. RESUMEN

Entre las investigaciones realizadas en el Laboratorio de Estructuras del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación Desastres (CISMID) FIC-UNI, se llevó a cabo una serie de ensayos de albañilería informal (pilas, muretes y muros), la cual fue reforzada mediante una técnica sencilla, económica y sin complejidad constructiva basados en malla electrosoldada y mortero cemento-arena de proporción 1:4.

La implementación de esta técnica de reforzamiento en viviendas ha sido poco estudiada, por lo que se propone aplicarlas a viviendas que han sido construidas sin ningún diseño y supervisión profesional (autoconstruidas). En ese sentido, la presente investigación propone el desarrollo de modelos matemáticos con diferentes niveles de reforzamiento de viviendas cuya tipología sea representativa de la realidad, calibrados con los resultados experimentales [7], los cuales se someterán a excitaciones sísmicas obtenidas de los registros de sismos históricos y sintéticos para analizar su comportamiento sísmico. Adicionalmente, se verificarán los resultados numéricos con los resultados experimentales de ensayos en mesa vibradora de módulos a escala reducida. Se ensayarán un total de seis módulos a escala reducida 1:4.

Finalmente, se propondrá una metodología para la aplicación de esta técnica de reforzamiento en las viviendas informales existentes.

Palabras claves: Albañilería, reforzamiento, vivienda informal

2. OBJETIVOS

Objetivo general

- Proponer una técnica de reforzamiento para viviendas de albañilería informal.

Objetivos específicos

- Analizar los resultados experimentales obtenidos en ensayos en elementos de albañilería realizados en el Laboratorio de Estructuras de CISMID.

- Comparar los resultados experimentales con ensayos de módulos (mortero equivalente a albañilería informal) sin reforzar y reforzada parcial y totalmente a escala reducida 1:4.

3. ANTECEDENTES

En el 2003 se llevó a cabo una investigación con la finalidad de conocer el comportamiento de una vivienda de albañilería informal luego de ser afectada por un sismo severo, realizándose un ensayo cíclico en un espécimen que consistió en una vivienda de dos niveles con albañilería confinada, conformada por unidades sólidas artesanales, el cual se alcanzó su máxima capacidad correspondiente a un nivel de distorsión de 1/65 (Zavala et al., 2003)

Esta investigación realizada en una vivienda de albañilería confinada, como se muestra en la Figura 1, cuyas unidades de albañilería son ladrillos sólidos artesanales de arcilla cocida (albañilería informal), de dos niveles de 50 m² de área sometida a un ensayo de carga cíclica realizado por el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres en el 2003.



Figura 1. Vivienda de albañilería confinada de dos niveles sometido a ensayo de carga cíclica (CISMID, 2003)

En el 2009 se llevó a cabo una investigación con la finalidad de conocer el comportamiento de una vivienda rehabilitada luego de ser afectada por un sismo severo (Zavala et al., 2009), realizándose un ensayo de la vivienda rehabilitada. Se empleó la misma técnica de reforzamiento que consiste en una malla electrosoldada fijada con alambre negro y embebida en un mortero de cemento-arena con una proporción de 1:4, colocada parcialmente en una



de las caras de los muros a lo largo de la grieta; con lo cual se pudo recuperar la capacidad inicial para un nivel de distorsión mucho menor (Zavala et al., 2009).

En el experimento en la estructura reforzada que representaba una vivienda rehabilitada luego de ser afectada por un sismo severo (Zavala et al., 2009), se utilizó la misma técnica de reforzamiento que consiste en una malla electrosoldada fijada con alambre negro y embebida en un mortero de cemento-arena con una proporción de 1:4, colocada parcialmente en una de las caras de los muros a lo largo de la grieta; con lo cual se pudo recuperar la capacidad inicial para un nivel de distorsión mucho menor (Zavala et al., 2009)

En el 2014 se realizó un estudio experimental de muros de albañilería confinados, reforzados totalmente con malla electrosoldada en ambas caras, técnica similar a utilizada en el 2009. Los muros se construyeron con unidades sólidas artesanales y tubulares (pandereta), que son las más usadas en las viviendas de albañilería informal. Su aplicación en una estructura completa no ha sido estudiada, por lo cual se plantea su utilización en viviendas existentes que serán representadas por los modelos matemáticos desarrollado en la presente investigación.

4. GENERALIDADES

4.1. Albañilería informal

Las viviendas de albañilería informal se concentran más en la periferia de las ciudades desarrollando conos de expansión circundantes o a lo largo de las ciudades.

Se analizarán dos tipologías de vivienda, hasta cinco pisos. Las dos tipologías se describen a continuación:

- a) Viviendas de Mampostería Artesanal con ladrillo tubular sin soleras y techo liviano y taludes inestables: edificaciones que han evolucionado en el tiempo donde los muros se han construido, pero aún no se cuenta con un techo y un amarre, utilizándose calaminas o planchas de cubierta como techo.
- b) Viviendas de Mampostería Artesanal con ladrillo tubular y techo aligerado: edificaciones en zonas consolidadas con algunas deficiencias constructivas por carecer de asesoría ingenieril.



Figura 2. Viviendas informales o no ingenieriles

4.2. Técnica de reforzamiento mejorada

A diferencia del reforzamiento del experimento del 2009, la técnica de reforzamiento mejorada consiste en su colocación sobre las dos caras del muro incluyendo sus elementos de confinamiento. El proceso de reforzamiento es ilustrado en la Figura 4, donde al muro construido se le hacen perforaciones con taladro de una profundidad de 10 cm, en la cimentación y en la viga de confinamiento, con la finalidad de colocar bastones de transferencia con varillas grado 60 de 6 mm sobresaliendo 15 cm, que son ancladas utilizando una resina epóxica. Asimismo, en el muro se hicieron perforaciones cada 20 cm. en ambas direcciones a fin de pasar alambre No.16 de lado a lado y atortolar un panel de malla electrosoldada 10 cm. x 10 cm. de cocada y 4.2 mm de diámetro de nombre comercial Q-139, cubriendo la totalidad del muro incluidos las caras de los elementos en el plano del muro.



Figura 3. Construcción de los muros de albañilería confinada



Figura 4. Construcción de los muros reforzados con la técnica propuesta



5. ESTUDIO DE MATERIALES

5.1. Albañilería

Se establece como hipótesis que un muro de cemento-arena es equivalente a un muro de albañilería informal, debido a que la escala planteada (1:4) limita la elaboración de unidades de albañilería (ladrillos). La unidad de albañilería reducida tendría 28 mm de espesor, volviendo los procedimientos de fabricación del espécimen complejos y costosos. Por otro lado, las hipótesis que rigen el análisis de su comportamiento y diseño son por lo general considerar al ensamble de albañilería, producto de las unidades y mortero, como un material isotrópico.

En ese sentido, se proponen que los muros de albañilería que conforman los especímenes (módulos para ser ensayados sobre la mesa vibradora) sean fabricados con un mortero cemento-arena de propiedades mecánicas básicas similares a las de la albañilería informal, suponiendo que el mortero de unión de las unidades de albañilería no presentaría fallas, quedando fuera del alcance de la presente investigación.

5.2. Concreto

El concreto de las columnas y vigas de confinamiento de los muros de albañilería informal es fabricado con cierta dosificación de cemento-arena, distinta al de la albañilería informal, debido a su mayor resistencia a la compresión.

5.3. Mortero de reforzamiento

El mortero para ser empleado en el reforzamiento de los módulos tiene una dosificación cuya proporción cemento-arena es de 1:4.

5.4. Acero de refuerzo

Para representar las varillas de refuerzo que se emplean en las columnas y vigas de confinamiento de los muros de albañilería se usa alambre N° 16, cuyo diámetro es de 1.65 mm, y esfuerzo de fluencia nominal es de 4200 kgf/cm².

En el caso de la malla electrosoldada se emplea una malla cocada denominada malla de gallinero cuyo diámetro de alambre es de 1.24 mm, de 50 mm de separación y esfuerzo de fluencia de 2800 kgf/cm².

6. PROGRAMA EXPERIMENTAL

El programa experimental consiste en dos estudios experimentales.

El primer estudio experimental consiste en determinar una dosificación en volumen de cemento-arena para aproximar las propiedades mecánicas básicas de la albañilería informal, teniendo como hipótesis un muro de cemento-arena equivalente a un muro de albañilería informal.

El segundo estudio experimental consiste en llevar a cabo ensayos dinámicos en mesa vibradora de modelos a escala reducida (1:4) que representen vivienda de albañilería informal. Se ensayarán seis módulos de albañilería informal sin reforzamiento, con reforzamiento parcial y total.

6.1. Ensayo de materiales

Para encontrar la dosificación que más aproxime las propiedades mecánicas del mortero al de la albañilería se realizaron una serie de ensayos de compresión en cubos y cilindros en tres dosificaciones por volumen de cemento - arena de 1:6, 1:7 y 1:8, como se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Probetas para determinar la dosificación con propiedades mecánicas semejantes a las de la albañilería informal

Dosificación	Cubo	Cilindro	Muretes
1:6	3 a los 7 días 3 a los 28 días	3 a los 7 días 3 a los 28 días	3 a los 7 días 3 a los 28 días
1:7	3 a los 7 días 3 a los 28 días	3 a los 7 días 3 a los 28 días	3 a los 7 días 3 a los 28 días
1:8	3 a los 7 días 3 a los 28 días	3 a los 7 días 3 a los 28 días	3 a los 7 días 3 a los 28 días

La dosificación del mortero para el reforzamiento es de cemento-arena 1:4, cuyos valores de resistencia a la compresión han sido establecidos en estudios anteriores.

Según resultados de los ensayos de pilas y muretes de albañilería informal (pandereta) realizados en el Laboratorio de Estructuras de CISMID (Lavado, 2014), se tienen los siguientes resultados promedios:

Tabla 2. Resultados de pilas y muretes de albañilería informal

Dosificación de mortero	$f'm$ (MPa)	$v'm$ (MPa)	Em (MPa)
1:3	2.7	0.82	2,066
1:4	1.74	0.32	1,503

Para realizar los ensayos de compresión, se utilizó la máquina de compresión SHIMADZU con capacidad de 300tnf. Se usaron las normas ASTM C 39 para las muestras cilíndricas y la ASTM C 109 para muestras cúbicas.

Se aplicó la carga a la probeta o cubo hasta la rotura, como se observa en la Figura 5. Además, con el fin de medir las deformaciones, se colocaron dos deformímetros al costado de las muestras, como se muestra en la Figura 6.



Figura 5. Ensayo de compresión simple



Figura 6. Ensayo de compresión con deformímetros

6.1.1. Mortero con dosificación 1:6

Se prepararon 6 muestras de cilindros y 6 cubos con dosificación de cemento – arena 1:6, con proporciones por volumen, para luego realizar ensayos de compresión en todas las muestras secadas a 7 y 28 días. El procedimiento se muestra en el Anexo II (Muestras de mortero 1:6).

La Figura 7 y Figura 8, muestran las curvas de Esfuerzo vs Deformación Unitaria obtenidas de los ensayos a compresión con dos deformímetros para las muestras de mortero 1:6 a 7

días, además la Figura 9 y Figura 10 presentan las curvas para cilindros a los 28 días. De la pendiente de estas gráficas se puede deducir el módulo de elasticidad.

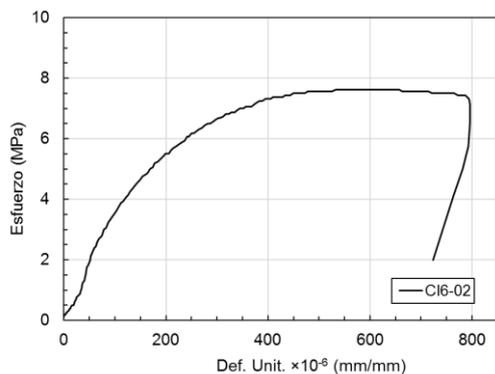


Figura 7. Ensayo de compresión con deformímetros de muestra CI6-02

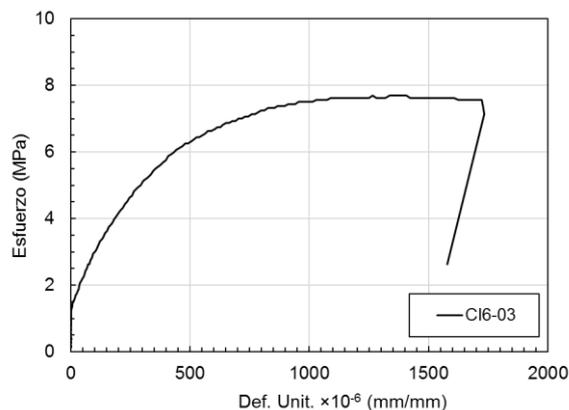


Figura 8. Ensayo de compresión con deformímetros de muestra CI6-03

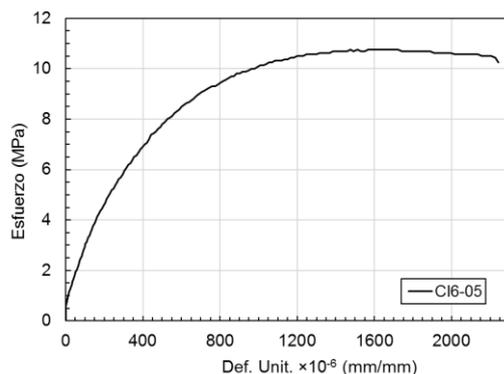


Figura 9. Ensayo de compresión con deformímetros de muestra CI6-05

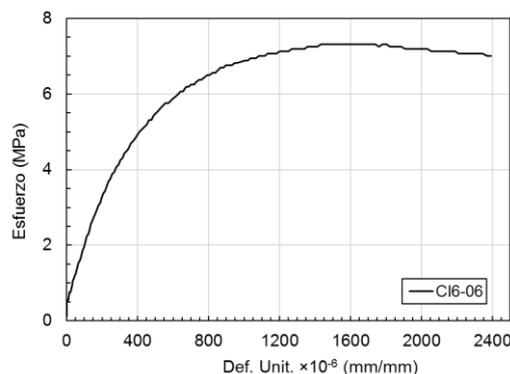


Figura 10. Ensayo de compresión con deformímetros de muestra CI6-06

En la Tabla 3 se observa los resultados de los ensayos de compresión de los cilindros y cubos CI6-01, CI6-02, CI-03, CU6-01, CU6-02 y CU6-03, los cuales se ensayaron a los 7 días de secado, el valor promedio de esfuerzo a la compresión fue de 6.22 MPa y módulo de elasticidad de 10,188 MPa.

Las muestras ensayadas a los 28 días tienen como promedio un esfuerzo a la compresión de 6.60 MPa y 12,768 MPa de módulo de elasticidad.

Tabla 3. Resultados de ensayos en muestras cilíndricas y cúbicas 1:6

ID	Tipo	Ensayo 7 días	Ensayo 28 días	Pmax (tnf)	Esfuerzo compresión (MPa)	Módulo elasticidad (MPa)
CI6-01	Cilindro	19/08/2016	-	5.10	6.37	-
CI6-02	Cilindro	19/08/2016	-	6.28	7.84	22,500
CI6-03	Cilindro	19/08/2016	-	6.34	7.92	12,300
CU6-01	Cubo	19/08/2016	-	1.66	6.49	-
CU6-02	Cubo	19/08/2016	-	1.63	6.40	-
CU6-03	Cubo	19/08/2016	-	1.71	6.69	-
CI6-04	Cilindro	-	13/09/2016	5.77	7.21	-
CI6-05	Cilindro	-	13/09/2016	8.74	10.92	18,200
CI6-06	Cilindro	-	13/09/2016	5.93	7.40	13,700
CU6-04	Cubo	-	13/09/2016	2.45	9.61	-
CU6-05	Cubo	-	13/09/2016	2.72	10.67	-
CU6-06	Cubo	-	13/09/2016	2.69	10.56	-

6.1.2. Mortero con dosificación 1:7

Se prepararon 6 muestras de cilindros y 6 cubos con dosificación de cemento – arena 1:7, con proporciones por volumen, para luego realizar ensayos de compresión en todas las muestras secadas a 7 y 28 días. El procedimiento se muestra en el Anexo II (Muestras de mortero 1:7).

En la Figura 11, la curva Esfuerzo vs Deformación Unitaria presenta valores de deformación constante debido a que los deformímetros no funcionaron. Estos valores corresponden a la muestra CI7-05, ensayadas a 7 días.

De la Figura 12 y Figura 13 se obtiene el módulo de elasticidad de las muestras cilíndricas de mortero 1:7 ensayadas a 28 días.

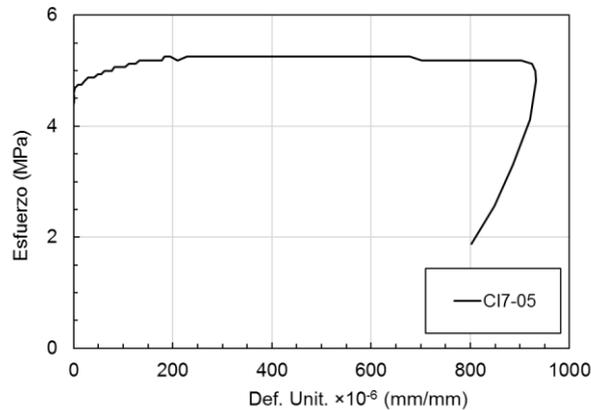


Figura 11. Ensayo de compresión con deformímetros de muestra CI7-05

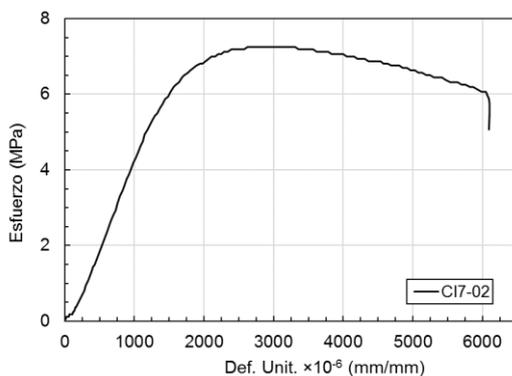


Figura 12. Ensayo de compresión con deformímetros de muestra CI7-02

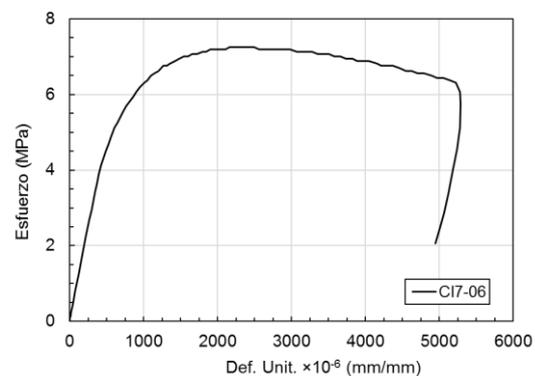


Figura 13. Ensayo de compresión con deformímetros de muestra CI7-06

La Tabla 4 presenta el resumen de los resultados de los ensayos en probetas de cilindro y cubos de mortero 1:7 ensayadas. Los resultados de ensayos a la compresión de cilindros y cubos a los 7 días tienen valores promedio de 4.19 MPa de esfuerzo a la compresión. Las muestras ensayadas a los 28 días tienen como promedio un esfuerzo a la compresión de 7.16 MPa y 3,785 MPa de módulo de elasticidad.

Tabla 4. Resultados de ensayos en muestras cilíndricas y cúbicas 1:7

ID	Tipo	Ensayo 7 días	Ensayo 28 días	Pmax (tnf)	Esfuerzo compresión (MPa)	Módulo elasticidad (MPa)
CI7-03	Cilindro	23/08/2016	-	3.38	4.22	-
CI7-04	Cilindro	23/08/2016	-	3.36	4.20	-
CI7-05	Cilindro	23/08/2016	-	4.43	5.53	-
CU7-01	Cubo	23/08/2016	-	1.13	4.43	-
CU7-04	Cubo	23/08/2016	-	1.30	5.10	-
CU7-05	Cubo	23/08/2016	-	1.23	4.83	-
CI7-01	Cilindro	-	19/10/2016	-	8.15	-
CI7-02	Cilindro	-	19/10/2016	5.94	7.42	4,800
CI7-06	Cilindro	-	19/10/2016	5.98	7.47	9,700
CU7-02	Cubo	-	19/10/2016	2.01	7.89	-
CU7-03	Cubo	-	19/10/2016	2.19	8.57	-
CU7-06	Cubo	-	19/10/2016	2.71	10.63	-

6.1.3. Mortero con dosificación 1:8

Se prepararon 6 muestras de cilindros y 6 cubos con dosificación de cemento – arena 1:8, con proporciones por volumen, para luego realizar ensayos de compresión en todas las muestras secadas a 7 y 28 días. El procedimiento se muestra en el Anexo II (Muestras de mortero 1:8).

La Figura 13 y Figura 15 muestran la curva Esfuerzo vs Deformación Unitaria de las muestras ensayadas a 7 días, además la Figura 16y Figura 17 son curvas obtenidas de ensayos en cilindros a 28 días.

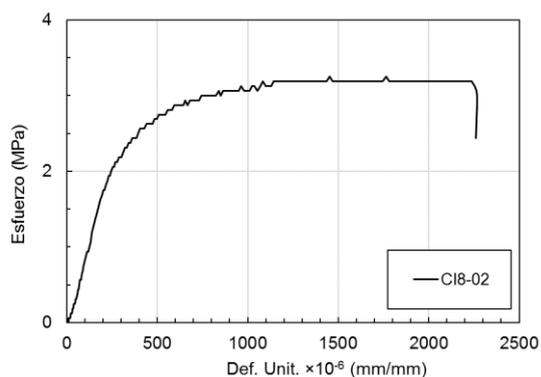


Figura 14. Ensayo de compresión con deformímetros de muestra CI8-02

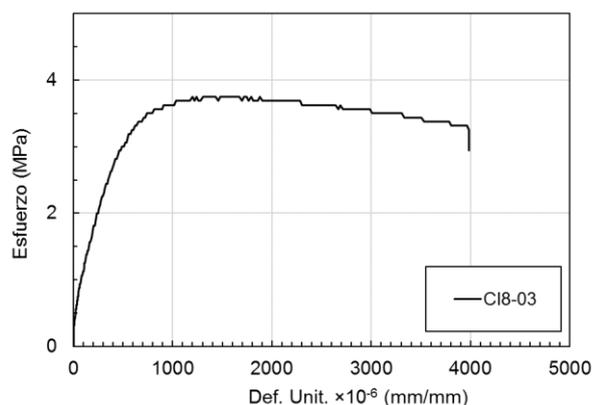


Figura 15. Ensayo de compresión con deformímetros de muestra CI8-03

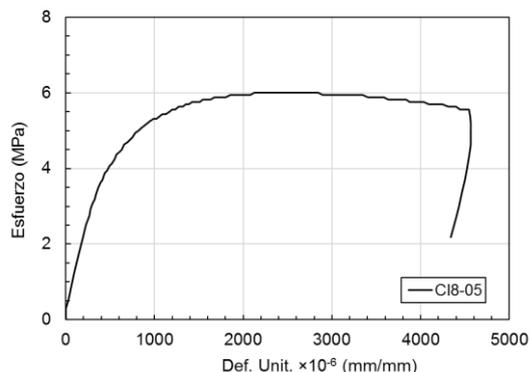


Figura 16. Ensayo de compresión con deformímetros de muestra CI8-05

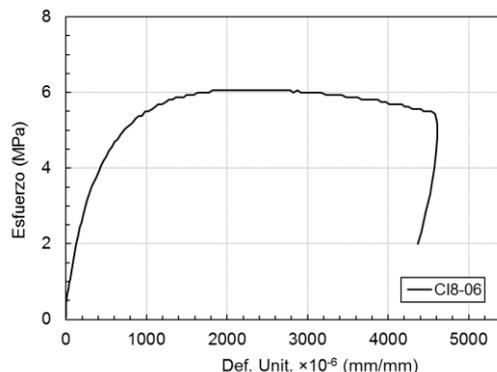


Figura 17. Ensayo de compresión con deformímetros de muestra CI8-06

La Tabla 5, resume los resultados obtenidos en muestras de dosificación 1:8. Los resultados de ensayos a la compresión de cilindros y cubos a los 7 días tienen valores promedio de 3.70 MPa de esfuerzo a la compresión y 5,665 MPa como módulo de elasticidad. Además, las muestras ensayadas a los 28 días tienen como promedio un esfuerzo a la compresión de 5.74 MPa y 8,848 MPa de módulo de elasticidad.

Tabla 5. Resultados de ensayos en muestras cilíndricas y cúbicas 1:8

ID	Tipo	Ensayo 7 días	Ensayo 28 días	Pmax (tnf)	Esfuerzo compresión (MPa)	Módulo elasticidad (MPa)
CI8-01	Cilindro	24/08/2016	-	3.20	4.00	-
CI8-02	Cilindro	24/08/2016	-	2.74	3.42	8,200
CI8-03	Cilindro	24/08/2016	-	3.17	3.95	6,100
CU8-01	Cubo	24/08/2016	-	1.24	4.85	-
CU8-02	Cubo	24/08/2016	-	1.18	4.61	-
CU8-03	Cubo	24/08/2016	-	1.19	4.67	-
CI8-04	Cilindro	-	19/10/2016	4.40	5.50	-
CI8-05	Cilindro	-	19/10/2016	5.05	6.31	9,200
CI8-06	Cilindro	-	19/10/2016	5.01	6.25	10,900
CU8-04	Cubo	-	19/10/2016	1.76	6.91	-
CU8-05	Cubo	-	19/10/2016	2.10	8.24	-
CU8-06	Cubo	-	19/10/2016	2.22	8.71	-



La Tabla 6 muestra los resultados de ensayos a compresión diagonal en muestras de mortero con dosificación 1:8 a 28 días de curados. El esfuerzo cortante promedio es 0.54 MPa.

Tabla 6. Resultados de ensayos en muestras de murete 1:8

ID	Tipo	Ensayo 28 días	Pmax (tnf)	Esfuerzo cortante (MPa)
M8-01	Murete	29/12/2016	1.05	0.73
M8-02	Murete	29/12/2016	0.69	0.48
M8-03	Murete	29/12/2016	1.79	1.24
M8-04	Murete	29/12/2016	1.81	1.25

6.2. Ensayo dinámico en mesa vibradora

6.2.1. Descripción de especímenes

Se proponen ensayos en mesa vibradora de tres módulos simples a escala reducida (1:4) que representen a una vivienda de albañilería sin reforzar, reforzada por una cara del muro (reforzamiento parcial) y reforzada por ambas caras del muro (reforzamiento total), con la finalidad de verificar los resultados numéricos y el desempeño sísmico de la técnica de reforzamiento planteada, los detalles de estos módulos se muestran en los planos del Anexo I, además el proceso constructivo se muestra en el Anexo II (Módulos a escala 1:4)

6.2.2. Sistema de carga

La mesa vibradora consta de un tablero de acero de 1200 mm x 1000 mm cuya capacidad de carga es de 5 kN. Las amplitudes de desplazamiento, velocidad y aceleración son: 80 mm pico-a-pico, 600 mm/s y 5G, respectivamente. La frecuencia de movimiento que se puede alcanzar es entre 0.5-200 Hz. La mesa vibradora puede reproducir vibraciones sinusoidales, aleatorias y ruido mediante un panel de control, además de registros sísmicos desde una computadora que envía la señal auxiliar al panel de control.



Figura 18. Ensayos de módulo reducido en mesa vibradora de CISMID

6.2.3. Sistema de adquisición de datos

El sistema de adquisición consta de transductores de aceleración (acelerómetros) con una capacidad de 1G, 2G y 5G, y sensores laser para medir el desplazamiento con una capacidad de 50 mm a una distancia no mayor de 350 mm.

La Figura 19, muestra el esquema del módulo básico, muros de mortero 1:8 sin reforzamiento, a ser ensayado en la mesa vibradora.

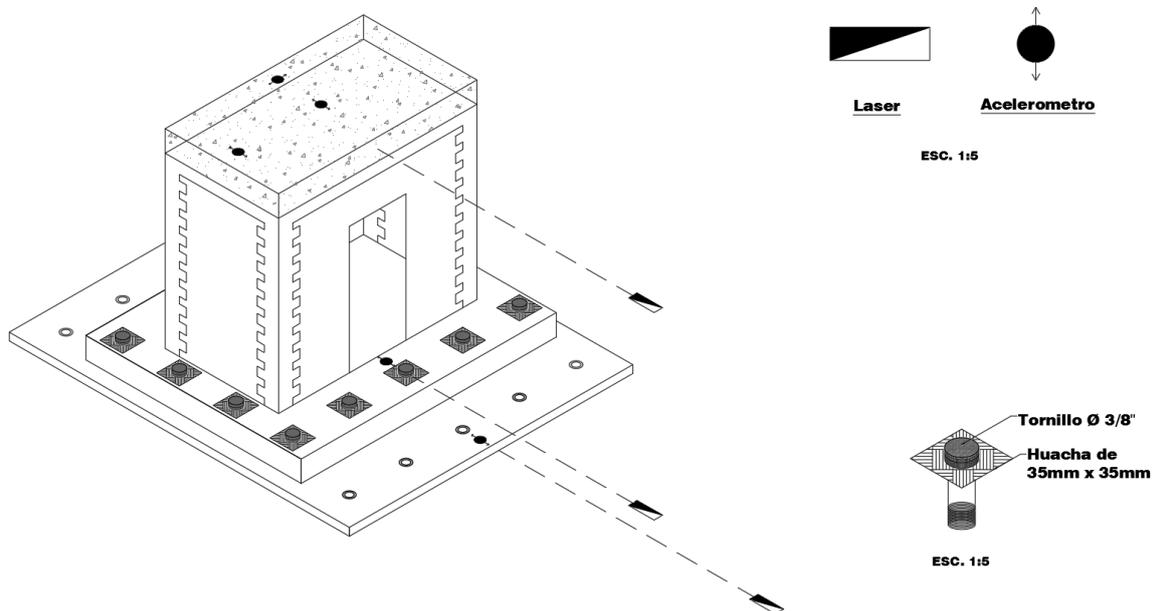


Figura 19. Esquema de módulo básico



7. CONCLUSIONES

- A la fecha, se ensayaron 18 especímenes de forma cúbica, 18 de forma cilíndrica y 4 muretes con morteros de diferente dosificación de cemento-arena gruesa, 1:6, 1:7 y 1:8 para conocer las propiedades mecánicas básicas y aproximarlas a las propiedades de la albañilería informal.
- Los resultados de los ensayos con mortero de diferentes dosificaciones no muestran una relación lineal, ya que es dependiente de varios factores como el contenido de agua y el tiempo de curado.
- Las propiedades mecánicas del mortero cuya proporción cemento – arena es 1:8, es la que más se aproxima a las propiedades de la albañilería informal, específicamente unidades de pandereta. El principal parámetro tomado como base para la comparación es la resistencia al corte, obtenido mediante los ensayos de compresión diagonal. Adicionalmente se ha considerado otras propiedad como la resistencia a la compresión obtenida de los ensayos de cubos y cilindros.
- Los módulos a escala 1:4, básico sin reforzamiento, con reforzamiento parcial y reforzamiento total, están en proceso de secado.
- Se ensayarán tres módulos escala reducida (1:4) con el fin de estudiar el comportamiento del módulo básico sin reforzamiento, módulo con reforzamiento parcial y módulo con reforzamiento total de malla electrosoldada y mortero cemento-arena 1:4.



8. REFERENCIAS

- [1]. Aguilar, 2015. Peligro Sísmico para la Costa del Perú. CISMID, Universidad Nacional de Ingeniería. Lima Perú.
- [2]. Applied Technology (ATC). 1996. Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Building ATC-40. California: Applied Technology Council.
- [3]. Building Seismic Safety Council. 2000. FEMA 356. "Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Building". Washington D.C: Federal Emergency Management Agency.
- [4]. Building Seismic Safety Council. 2009. FEMA 420. "Engineering Guideline for Incremental Seismic Rehabilitation". Washington D.C: Federal Emergency Management Agency.
- [5]. Cardenas L., Reyna R., Estacio L y Zavala C. Implementation of database of masonry walls – Test review of existing Test data in Peru. Journal of Disaster Research Vol 9, N° 6 .2014.
- [6]. CISMID. Report: Experimental test on walls to investigated lateral load Behavior AGV System CISMID/FIC/UNI, 1998.
- [7]. CISMID. Comparación del comportamiento frente a cargas cíclicas de muros de albañilería informal sin reforzar y reforzada. Programa 0068 - reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres. Lima-Perú. 2015
- [8]. Medina, G. Study of the behavior of low ductility and one story scale model reinforce with electrowelded wire mesh – Graduate Thesis FIC/UNI – Research supported by UNICON-FORSA – PRODAC- CISMID/FIC/UNI 2004-2005.
- [9]. Miranda E., Reyes C. Approximate Lateral Drift Demands in Multistory Buildings with Non uniform Stiffness - Eduardo Miranda and Carlos J. Reyes Journal of Structural Engineering ASCE / July 2002.
- [10]. Miranda, E. Approximate lateral deformation demands in multistory buildings. (1999). Journal of Structural Engineering ASCE. /1999.
- [11]. SENCICO. Norma E-030. "Diseño Sismorresistente. Lima: Ministerio de Construcción, Vivienda y Sanearamiento. Peru, 2016.



- [12]. Sugano S., Saito T., Zavala C., Cardenas L. Strength and deformation of confined brick masonry walls subjected to lateral forces – Review of existing test data in Japan and Peru. Journal of Disaster Research Vol 9, N° 6 .2014
- [13]. Zavala C., et al. Behavior under lateral load of low concrete strength walls with electro welded wire mesh reinforcement. – Material Bank of Peru – AGV & Association – CISMID Report. 1999 – 2000.
- [14]. Zavala C., Gibu P. Díaz M. y Gruber D. "Factibilidad del Uso de Mallas Electrosoldadas y Mortero en el Reforzamiento de Viviendas Dañadas por Cargas Laterales Extremas en una Vivienda de Dos Niveles", XVII Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Chiclayo, Perú, 2009.11.
- [15]. Zavala C., Aguilar Z., and Estrada M. Post-Quake Microzoning Study On Pisco and Tambo De Mora Due To August 15th 2007 Pisco Quake — Joint Conference Proceedings 7th International Conference on Urban Earthquake Engineering (7CUEE) /March 2010.

Anexo I: Panel fotográfico

Mortero 1:6

Procedimiento constructivo



Foto 1. Dosificación de arena



Foto 2. Dosificación de cemento



Foto 3 Mezcla de arena y cemento



Foto 4. Dosificación de agua



Foto 5. Preparación de la mezcla



Foto 6. Vaciado de la mezcla en los moldes para cubos

PROYECTO FIC-F-2-2016

Propuesta de una técnica de reforzamiento para muros de albañilería informal mediante la utilización de malla electrosoldada y mortero cemento-arena



Foto 7. Compactación en dos capas con 25 chuceadas en moldes para cubo



Foto 8. Vaciado y compactación del mortero en dos capas



Foto 9. Vaciado del mortero en moldes cilíndricos



Foto 10. Compactación en tres capas con 21 chuceadas en molde cilíndrico



Foto 11. Muestras cúbicas enrasadas



Foto 12. Muestras cilíndricas enrasadas



Foto 13. Desencofrado de las probetas cilíndricas



Foto 14. Probetas cilíndricas y cúbicas curadas y listas para los ensayos

Ensayos de compresión



Foto 15. Ensayo de compresión simple en cilindro de mortero CI6-01



Foto 16. Cilindro de mortero ensayado CI6-01



Foto 17. Ensayo de compresión con deformímetros en cilindro de mortero CI6-02



Foto 18. Cilindro de mortero ensayado CI6-02



Foto 19. Ensayo de compresión con deformímetros en cilindro de mortero CI6-03

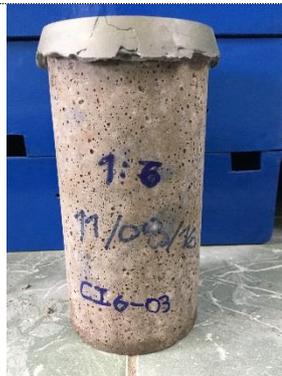


Foto 20. Cilindro de mortero ensayado CI6-03

PROYECTO FIC-F-2-2016

Propuesta de una técnica de reforzamiento para muros de albañilería informal mediante la utilización de malla electrosoldada y mortero cemento-arena



Foto 21. Ensayo de compresión simple en cilindro de mortero CI6-04



Foto 22. Cilindro de mortero ensayado CI6-04



Foto 23. Ensayo de compresión con deformímetros en cilindro de mortero CI6-05



Foto 24. Gráfico de resultado CI6-05



Foto 25. Ensayo de compresión con deformímetros en cilindro de mortero CI6-06

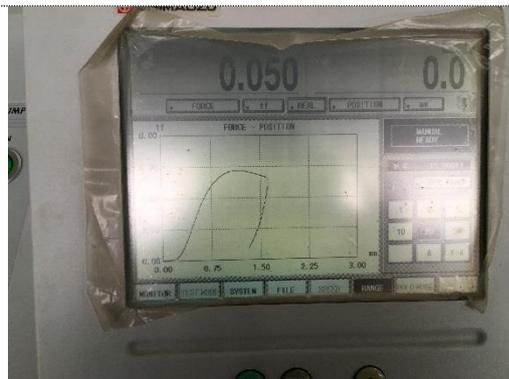


Foto 26. Gráfico de resultado CI6-06

PROYECTO FIC-F-2-2016

Propuesta de una técnica de reforzamiento para muros de albañilería informal mediante la utilización de malla electrosoldada y mortero cemento-arena



Foto 27. Ensayo de compresión en cubo de mortero CU6-01



Foto 28. Cubo de mortero ensayado CU6-01



Foto 29. Ensayo de compresión en cubo de mortero CU6-02



Foto 30. Cubo de mortero ensayado CU6-02



Foto 31. Ensayo de compresión en cubo de mortero CU6-03



Foto 32. Cubo de mortero ensayado CU6-03

Mortero 1:7

Procedimiento constructivo



Foto 33. Vaciado de la mezcla de mortero en 3 capas



Foto 34. Compactación de la mezcla en probetas cúbicas



Foto 35. Vaciado de la mezcla de mortero en probetas cilíndricas



Foto 36. Compactado cada 25 golpes en probetas cilíndricas

Ensayos de compresión



Foto 37. Ensayo de compresión simple en cilindro de mortero CI7-03



Foto 38. Grafica de resultados CI7-03



Foto 39. Ensayo de compresión con deformímetros en cilindro de mortero CI7-04



Foto 40. Grafica de resultados CI7-04



Foto 41. Ensayo de compresión con deformímetros en cilindro de mortero CI7-05

PROYECTO FIC-F-2-2016

Propuesta de una técnica de reforzamiento para muros de albañilería informal mediante la utilización de malla electrosoldada y mortero cemento-arena



Foto 42. Ensayo de compresión en cubo de mortero CU7-01



Foto 43. Grafica de resultados CU7-01



Foto 44. Ensayo de compresión en cubo de mortero CU7-04



Foto 45. Grafica de resultados CU7-04



Foto 46. Ensayo de compresión en cubo de mortero CU7-05



Foto 47. Grafica de resultados CU7-05

PROYECTO FIC-F-2-2016

Propuesta de una técnica de reforzamiento para muros de albañilería informal mediante la utilización de malla electrosoldada y mortero cemento-arena



Foto 48. Ensayo de compresión en cubo de mortero CU7-02



Foto 49. Grafica de resultados CU7-02



Foto 50. Ensayo de compresión en cubo de mortero CU7-03

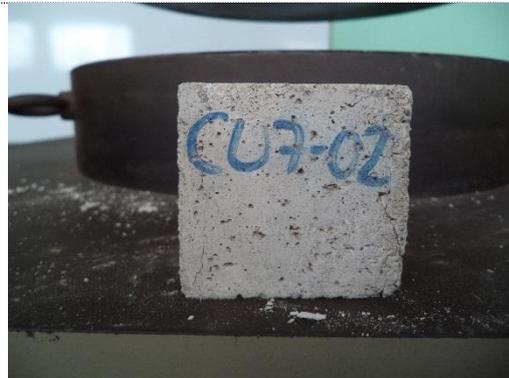


Foto 51. Grafica de resultados CU7-03



Foto 52. Ensayo de compresión en cubo de mortero CU7-06



Foto 53. Grafica de resultados CU7-06

PROYECTO FIC-F-2-2016

Propuesta de una técnica de reforzamiento para muros de albañilería informal mediante la utilización de malla electrosoldada y mortero cemento-arena

Mortero 1:8

Procedimiento constructivo



Foto 54. Materiales de mezcla 1:8 para muretes



Foto 55. Mezcla de materiales



Foto 56. Vaciado del mortero en tres capas.



Foto 57. Compactación de la muestra, 25 golpes por capa



Foto 58. Nivelación y enrasado de la muestra



Foto 59. Muretes de mortero 1:8

PROYECTO FIC-F-2-2016

Propuesta de una técnica de reforzamiento para muros de albañilería informal mediante la utilización de malla electrosoldada y mortero cemento-arena

Ensayos de compresión



Foto 60. Ensayo de compresión simple en cilindro de mortero CI8-01



Foto 61. Grafica de resultados CI8-01



Foto 62. Ensayo de compresión simple en cilindro de mortero CI8-02

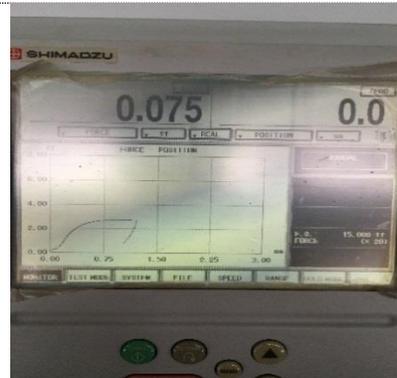


Foto 63. Grafica de resultados CI8-02



Foto 64. Ensayo de compresión simple en cilindro de mortero CI8-03



Foto 65. Grafica de resultados CI8-03

PROYECTO FIC-F-2-2016

Propuesta de una técnica de reforzamiento para muros de albañilería informal mediante la utilización de malla electrosoldada y mortero cemento-arena



Foto 66. Ensayo de compresión en cubo de mortero CU8-01



Foto 67. Grafica de resultados CU8-01



Foto 68. Ensayo de compresión en cubo de mortero CU8-02



Foto 69. Grafica de resultados CU8-02



Foto 70. Ensayo de compresión en cubo de mortero CU8-03



Foto 71. Grafica de resultados CU8-03

PROYECTO FIC-F-2-2016

Propuesta de una técnica de reforzamiento para muros de albañilería informal mediante la utilización de malla electrosoldada y mortero cemento-arena



Foto 72. Ensayo de compresión en cubo de mortero CU8-04



Foto 73. Grafica de resultados CU8-04



Foto 74. Ensayo de compresión en cubo de mortero CU8-05



Foto 75. Grafica de resultados CU8-05



Foto 76. Ensayo de compresión en cubo de mortero CU8-06



Foto 77. Grafica de resultados CU8-06



Foto 78. Ensayo de compresión en murete de mortero M8-01



Foto 79. Murete de mortero ensayado M8-01



Foto 80. Ensayo de compresión en murete de mortero M8-02



Foto 81. Murete de mortero ensayado M8-02



Foto 82. Ensayo de compresión en murete de mortero M8-03



Foto 83. Murete de mortero ensayado M8-03

PROYECTO FIC-F-2-2016

Propuesta de una técnica de reforzamiento para muros de albañilería informal mediante la utilización de malla electrosoldada y mortero cemento-arena



Foto 84. Ensayo de compresión en murete de mortero M8-04



Foto 85. Murete de mortero ensayado M8-04



Foto 86. Resultado final de los muretes ensayados de mortero 1:8

Módulos a escala 1:4

Procedimiento constructivo



Foto 87. Preparación del mortero 1:8 para el vaciado de los muros



Foto 88. Colocación de encofrados para muros



Foto 89. Vaciado del mortero para muros



Foto 90. Vibrado de mezcla en los muros



Foto 91. Enrasado de la mezcla en muros



Foto 92. Secado de muros

PROYECTO FIC-F-2-2016

Propuesta de una técnica de reforzamiento para muros de albañilería informal mediante la utilización de malla electrosoldada y mortero cemento-arena



Foto 93. Muros de módulo básico sin reforzamiento



Foto 94. Muros de módulo con reforzamiento parcial



Foto 95. Vista delantera de muros de módulo con reforzamiento total



Foto 96. Vista posterior de muros de módulo con reforzamiento total



Foto 97. Encofrado para base de concreto



Foto 98. Colocación de la malla y fijación de las columnas en la base

PROYECTO FIC-F-2-2016

Propuesta de una técnica de reforzamiento para muros de albañilería informal mediante la utilización de malla electrosoldada y mortero cemento-arena



Foto 99. Vaciado del concreto para asegurar la armadura de columnas



Foto 100. Compactación en zona de columnas



Foto 101. Aplomando de columnas para mantener su verticalidad



Foto 102. Nivelación de las bases de concreto



Anexo II: Planos

A continuación, se presenta la lista de planos:

Id	Lámina	Descripción
01	E-1a	Espécimen básico
02	E-2a	Espécimen básico
03	E-1b	Espécimen con reforzamiento parcial
04	E-2b	Espécimen con reforzamiento parcial
05	E-1c	Espécimen con reforzamiento total
06	E-2c	Espécimen con reforzamiento total