

UNIVERSIDAD DE CUENCA

MAESTRÍA EN CONSTRUCCIONES

SEGUNDA COHORTE

“CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA DE BLOQUE DE PÓMEZ, MEDIANTE LA PREFABRICACIÓN DE MACRO ELEMENTOS MODULARES”

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE
MAGISTER EN CONSTRUCCIONES (MSc)**

AUTOR: SILVIA LILIANA CRESPO MUÑOZ ARQ.

DIRECTOR: JOANNA PRISCILA JARA ALVEAR ARQ. M.Arch.

Cuenca, septiembre - 2015.

RESUMEN

Ante la necesidad actual por optimizar los procesos constructivos con el fin de reducir el uso de recursos. El presente trabajo investigativo, comprende una propuesta constructiva innovadora para la edificación de mampostería no estructural de bloque de pómez.

Se propone la prefabricación de macroelementos modulares utilizando el bloque de pómez como elemento generador. La propuesta teórica se sustenta con pruebas experimentales a piezas y elementos reales construidos a pie de obra.

PALABRAS CLAVES: mampostería, bloque, pómez, prefabricación.

ABSTRACT

Given the current need to optimize the construction process in order to reduce the use of resources. This investigative work includes a constructive proposal for building innovative non-structural masonry block pumice.

Prefabrication of modular macro- block is proposed using pumice as a generator. The theoretical purpose is supported by experimental evidence to pieces and real elements built on site.

KEYWORDS: masonry, block, pumice, prefabrication.

INDICE

1.	LINEAMIENTOS	10
1.1	INTRODUCCIÓN	10
1.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
1.3	OBJETIVOS.....	12
1.4	JUSTIFICACIÓN	13
1.5	HIPOTESIS	14
1.6	METODOLOGÍA	14
2.	MARCO TEORICO	17
2.1	MAMPOSTERÍA DE BLOQUE DE PÓMEZ	17
2.2	ESTADO DEL ARTE	37
2.3	PREFABRICACIÓN	39
3.	PLANTEAMIENTO DE LA PROPUESTA CONSTRUCTIVA ...	47
3.1	EL BLOQUE DE PÓMEZ COMO ELEMENTO BASE DE LA PROPUESTA.....	47
3.2	DISEÑO DE LA MAMPOSTERÍA	49
3.3	DISEÑO DEL ELEMENTO PREFABRICADO	51
3.4	DISEÑO DE MOLDE	64
4.	CONSTRUCCIÓN Y EXPERIMENTACIÓN	68
4.1	ELECCIÓN DE LOS MATERIALES PARA LA PROPUESTA.....	68
4.2	ELEMENTO MODULAR TIPO	70
4.3	CONSTRUCCIÓN DE LAS MAMPOSTERÍAS	76
5.	COMPARACIÓN ENTRE LA MAMPOSTERÍA DE BLOQUE DE PÓMEZ, MEDIANTE LA PREFABRICACIÓN DE MACRO ELEMENTOS MODULARES CON LA MAMPOSTERÍA TRADICIONAL	84

5.1	RENDIMIENTOS Y COSTOS	84
5.2	COMPORTAMIENTO MECÁNICO	101
6.	CONCLUSIONES	106
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	110
8.	ANEXOS	113



Silvia Liliana Crespo Muñoz, autora de la tesis "CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA DE BLOQUE DE PÓMEZ, MEDIANTE LA PREFABRICACIÓN DE MACRO ELEMENTOS MODULARES", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca 24 de septiembre del 2015.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Silvia', written over a horizontal line.

Silvia Liliana Crespo Muñoz

C.I: 0302166111



Silvia Liliana Crespo Muñoz, autora de la tesis "CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA DE BLOQUE DE PÓMEZ, MEDIANTE LA PREFABRICACIÓN DE MACRO ELEMENTOS MODULARES", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de MAGISTER EN CONSTRUCCIONES (MSc). El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca 24 de septiembre del 2015.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Silvia L. Crespo Muñoz', written over a horizontal line.

Silvia Liliana Crespo Muñoz

C.I: 0302166111

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por SILVIA LILIANA CRESPO MUÑOZ, bajo mi supervisión.

ARQ. JOANNA JARA
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a la Arq. Joanna Jara , Directora de Tesis, y al Ing. Carlos Saldaña; por el valioso aporte brindado durante la presente investigación.

DEDICATORIA

Dedico la presente tesis a mis padres: Enrique y Leticia; a mis hermanos: María Augusta, Diana y Santiago; por ser la motivación que me permite seguir adelante; y a Carlos por su amor y apoyo incondicional.

CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA DE BLOQUE DE PÓMEZ, MEDIANTE LA PREFABRICACIÓN DE MACROELEMENTOS MODULARES.

1. LINEAMIENTOS

1.1 INTRODUCCIÓN

El área de la construcción demanda una investigación constante, sobre métodos y técnicas que optimicen recursos, en este sentido los elementos prefabricados representan grandes aportes en disminución de tiempo de producción, y sus beneficios en cuanto a control de calidad son mayores que los elaborados en obra. 1

Para la presente investigación se considera a la mampostería de bloque de pómez, cuyo uso es el de relleno o divisorio, como elemento a tratar.

Tomando como referencia ejemplos a nivel internacional de mamposterías prefabricadas se plantea una innovación al sistema constructivo tradicional. En donde el aporte se centra en la reducción de tiempo y costo de construcción, basándose en la realidad local y a través de la utilización de materiales y tecnología propios del medio.

La propuesta constructiva se plantea en dos etapas. La primera corresponde al diseño, en donde se proyectan los diferentes



Foto. 1. Mampostería prefabricada. Redbloc.

¹Maurice Revel. Max Jacobson. *La prefabricación en la Construcción.*

elementos, el método constructivo y los ensayos respectivos. La segunda etapa comprende la aplicación y experimentación del diseño planteado con el fin de demostrar los supuestos establecidos inicialmente.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Ecuador el sistema constructivo de mayor uso es el aporricado², en donde la mampostería de bloques ya sea de arcilla o cemento; no es un elemento estructural, su función es la de dividir ambientes y formar la envolvente de la edificación. El bloque de cemento puede ser de pómez, mortero u hormigón, siendo el primero el más ligero y de fácil adquisición tanto por su costo como por su oferta en el mercado, ya que en la provincia mencionada existen varias fábricas tanto artesanales como industriales dedicadas a su elaboración.

La mampostería de bloque de pómez se construye con la técnica tradicional que consiste en pegar con mortero de cemento, bloque sobre bloque de forma trabada hasta obtener las dimensiones deseadas, para posteriormente proceder a la tarea de enlucir. El siguiente paso es la pintura, para lo cual se requiere que el mortero de enlucido haya terminado el proceso de fraguado, demandando tiempo en la construcción.

El tema de tesis planteado, previo a la obtención del título de Magister en Construcciones, en la Universidad de Cuenca, propone innovar la técnica tradicional de construcción de mampostería de bloque mediante la prefabricación de macro elementos, para reducir tiempo de ejecución de la obra y abaratar costos. Esta investigación aportará al desarrollo del conocimiento, mediante los métodos experimental y analítico, fomentando la exploración de

² INEC

nuevas posibilidades tecnológicas en el ámbito de la construcción, de manera particular en la mampostería.

1.3 OBJETIVOS

GENERAL:

Innovar la técnica constructiva tradicional de la mampostería de bloque de pómez, mediante la prefabricación de macro elementos modulares, a fin de reducir tiempo y costo de producción, garantizando la calidad del producto final.

ESPECIFICOS:

- Determinar los materiales de construcción adecuados para el desarrollo de la propuesta, a través de investigación bibliográfica y de campo, a fin de contar con los recursos idóneos para la investigación.
- Plantear la nueva propuesta constructiva para la mampostería de bloque de pómez, mediante el diseño de macro elementos prefabricados sustentados en la teoría de la elasticidad; con el fin de garantizar su funcionamiento.
- Ejecutar la construcción y ensayo de los macro elementos modulares, mediante la técnica experimental; para comprobar la factibilidad constructiva y la de desempeño.

- Ejecutar la construcción de ejemplares de mampostería utilizando el método propuesto y el método tradicional, con el fin de registrar el uso de recursos y rendimientos de obra.

- Comparar tiempos y costos de construcción de la mampostería propuesta con los de la mampostería tradicional, mediante la elaboración de cálculos de costos unitarios y rendimientos; a fin de comprobar la hipótesis.

1.4 JUSTIFICACIÓN

La investigación sobre técnicas y procesos constructivos propicia el avance y evolución de la construcción en general.

En este sentido la experimentación de nuevas posibilidades constructivas para la mampostería de relleno, elemento de gran importancia en nuestro medio, resulta pertinente por las siguientes razones:

- La optimización de recursos es un concepto fundamental en la construcción actual. El concepto de sostenibilidad toma fuerza cuando se trata de reducir desperdicios.

- La reducción de materiales, contribuye a la disminución en el peso de la mampostería, lo que implica un diseño de cimentación más liviano.

- El tiempo en la construcción es un factor determinante en el costo final de la obra.

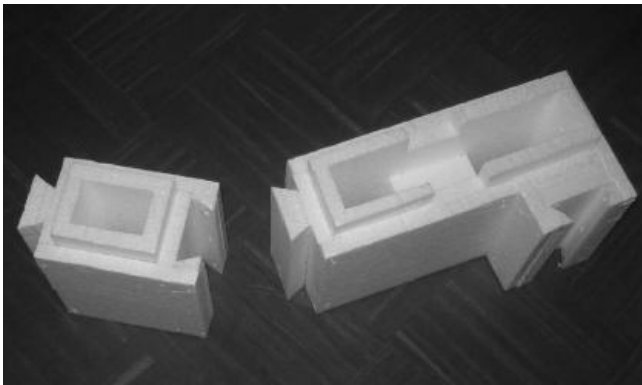


Foto. 2. Prototipo de Bloque con Junta seca.



Foto. 3. Bloque ytong.

CAPÍTULO 1.- LINEAMIENTOS

- La prefabricación se la puede realizar a pie de obra, para utilizarse en una determinada edificación o a escala industrial para abastecer a varias obras.
- La mampostería de bloque de pómez tiene gran demanda y aceptabilidad en nuestro país, es un elemento usado como tabique interno y/o externo.
- En la ciudad existe la oferta del bloque de pómez. Se cuenta con varias fábricas artesanales que ofertan el producto en diferentes espesores.

1.5 HIPOTESIS

¿Es posible reducir de forma significativa el tiempo de construcción de la mampostería de bloque de pómez, así como el costo de la obra; al innovar el sistema constructivo tradicional mediante la prefabricación de macro elementos prefabricados?

1.6 METODOLOGÍA

La investigación sobre la técnica constructiva y el funcionamiento de la mampostería se realiza mediante búsquedas bibliográfica y de campo; en ésta última se utiliza técnicas de observación y entrevista. Datos estadísticos del INEC y Municipios, sirven de soporte en esta primera etapa de la investigación.

La investigación es de campo, ya que se indaga en las fábricas y ferreterías de mayor demanda en la ciudad.

Se investiga también en fuentes bibliográficas como documentos, libros técnicos y normas para solventar los resultados de campo y ayudar a la toma de decisiones, así también las fuentes son de origen

digital, páginas con documentación científica y revistas indexadas con información actual.

Luego se plantea la propuesta de manera teórica, determinando inicialmente los materiales a utilizarse, para ello se efectúa un análisis de los existentes en la zona en cuanto a dimensiones, calidad, resistencia, manejabilidad, durabilidad, disponibilidad y costo. Se escoge entonces el tipo de: bloque, mortero y aditivo, adecuados para el desarrollo del trabajo.

El diseño del elemento propuesto, se sustenta en cálculos para determinar la resistencia ante esfuerzos de construcción, transporte, manipulación, puesta en obra y los que se presenten durante la vida útil de la mampostería.

La siguiente etapa corresponde a la de construcción y experimentación, en donde una vez prefabricado el elemento tipo según el diseño propuesto, y luego del proceso de curado, se le realiza ensayos de resistencia, para determinar sus capacidades ante esfuerzos por manipulación, transporte, almacenamiento y puesta en obra. Se efectúan también ensayos de compresión, para determinar la adherencia entre mortero y bloque.

Contando con varios elementos prefabricados y aprobados en los ensayos anteriores se procede a la elaboración de dos mamposterías de prueba a escala real. Durante el proceso de construcción se registran el uso de equipo y recursos: materiales, tiempo y mano de obra, para determinar posteriormente el costo de construcción.

Los resultados tanto de los ensayos como de los análisis de tiempo y costo, serán comparados con los realizados a dos mamposterías construidas en similares condiciones, utilizando el método tradicional a fin de validar la propuesta.

Finalmente se redactan las conclusiones, determinando la eficacia del nuevo método y su aplicación. Adicionalmente se redactan las

recomendaciones para la ejecución en obra y así como para futuras investigaciones.

2. MARCO TEORICO

2.1 MAMPOSTERÍA DE BLOQUE DE PÓMEZ

Según datos históricos la mampostería ha sido utilizada como un elemento constructivo desde hace 8000 a.C. Cuando el hombre empieza su vida sedentaria e inicia apilando piedras para formar muros de protección. Luego en el año 4000 a.C. los sumerios hacen los primeros bloques de barro secado al sol. Siendo el primer templo de gran magnitud el de Uruk en el año 2900 a.C.

El año 3000 a.C. aparecen los primeros ladrillos secados al horno; el material cementante con el que se unían era la cal. En Roma se utilizaba la mampostería para la construcción de puentes y acueductos como el de Segovia en España de más de 2000 años de antigüedad, que fue construido con bloques de piedra, cortados al detalle y unidos sin argamasa.

Las ruinas de Jericó en Medio oriente, 7350 a.C; las pirámides de Egipto 2500 a.C.; La gran muralla China 200 a.C. a 220 d.C; las pirámides de Yucatán en Mexico 500 d.C. Machu Pichu en Perú 1200 a 1400 d.C.; el Taj Majal en India 1600 d.C , En el Ecuador las construcciones como las ruinas de Ingapirca a mediados del siglo XV, y las de Cojitambo, junto con las antiguas edificaciones de adobe revelan el uso de piezas de barro unidas con mortero del mismo material.

Estructuralmente la mampostería ha sido por muchos siglos, el sistema utilizado para edificaciones de diferentes tipos, desde templos monumentales hasta viviendas de una planta. El peso de las piezas junto con la técnica de colocación conforman un sistema portante resistente a vientos y sismos moderados, estos procedimientos se

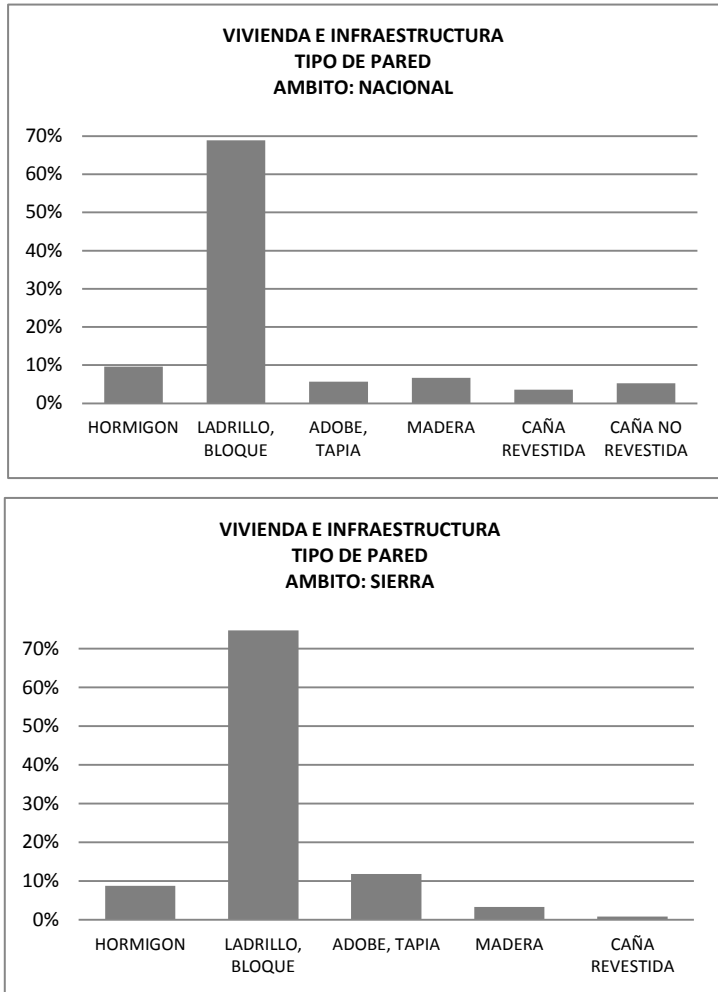


Fig. 1. INEC. Censo 2010.

ejecutaban de manera empírica hasta mediados del siglo XX, en donde aparecen las primeras normativas y reglamentos de diseño³.

Los materiales utilizados para la construcción de la mampostería por su peso y accequibilidad han sido desde sus inicios la piedra y el barro. Con el pasar del tiempo se han mejorado las características de los elementos, aprovechando la tecnología para reducir el peso del elemento y mejorar sus características térmicas y acústicas. En el caso de la pega de unión, el cemento y los aditivos, mejoraron las características de adherencia.

Hoy en día, gracias a las características de los materiales con los que se construye, la mampostería puede utilizarse para la edificación de tabiques divisorios y de cerramiento.

Por su parte la técnica constructiva tradicional de colocación no ha variado significativamente a través de los años, la colocación manual pieza por pieza existe desde que existe la mampostería, ya en las últimas décadas utilizado la tecnología y la prefabricación se ha obtenido resultados en pro del ahorro del tiempo de construcción, mejorando la técnica de construcción.

En el Ecuador, el ladrillo y el bloque de hormigón en su presentación alivianada, o bloque de pómez, son utilizados como pieza de mampostería para la construcción de paredes divisorias y de cerramiento (envolvente), es así que según datos del último censo de población y vivienda, realizado por el Instituto Nacional Ecuatoriano de Censos INEC, la construcción de paredes utilizando mampostería supera rotundamente a las demás técnicas constructivas, como se puede apreciar en el gráfico. A nivel nacional el porcentaje es del 68,89% y a nivel regional el 74,72%. (fig. 1).

³ Comportamiento sísmico de edificios de mampostería no reforzada.

Tomando como muestra la ciudad de Azogues, en donde existen varias fábricas productoras de bloque, tanto de carácter artesanal como semi industrial, caracterizadas así por el tipo de equipo que poseen; la producción de bloque se da de manera constante; Fabricas como “Bloquera Orellana”, “Monterrey”, “Atenas”, entre otros expiden diariamente bloques de pómez. Como dato referencial, la producción de la fábrica Orellana ubicada en Gualaceo, en el sector las Nieves, es de 273 al día y 1367 a la semana.⁴

2.1.1 DEFINICIÓN

Se definen los diferentes tipos de mamposterías según la normativa vigente.

2.1.1.1 NORMAS

La información técnica existente sobre la mampostería se orienta al comportamiento mecánico de la misma, dando prioridad a la de tipo estructural. Sin embargo estos conceptos, de manera general, son de utilidad para el objeto del presente estudio, ya que indican el comportamiento global de la mampostería y sirven de referente para realizar pruebas y ensayos.

La NEC describe a la mampostería de relleno o no reforzada de la siguiente manera: “MAMPOSTERÍA NO REFORZADA. Sistema estructural conformado por unidades de mampostería de tierra (se incluye adobe, con ó sin refuerzo de paja ó similar, tapial, bahareque sin diagonales, arcilla cocida) ó bloques de hormigón simple; unidas por medio de mortero de tierra ó cemento, en las cuales no existe ningún

⁴ Mónica Bravo y Gabriela Orellana. Tesis de grado. “Propuesta de control de inventarios en la Fábrica de Bloques Orellana”

tipo de refuerzo de barras ó alambre de acero interno, externo ó de confinamiento. Este tipo de sistema no debe utilizarse como parte del sistema resistente a cargas sísmicas en zonas donde el valor de Z sea igual ó mayor que 0.25 (zonas sísmicas según 2.5.2 del Capítulo 2). Si se utiliza como elemento no estructural (en particiones, fachadas y elementos decorativos), deberá estar amarrada adecuadamente a la estructura de la edificación.”⁵

En el capítulo 6 de la NEC, MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL, dedica unas líneas a la mampostería de relleno: “Es la construcción con base en piezas de mampostería unidas por medio de mortero que no cumple las cuantías mínimas de refuerzo establecidas para la mampostería parcialmente reforzada.”⁶ Y debe cumplir los siguientes requisitos:

“Los muros de este tipo de mampostería deben tener un espesor mínimo nominal de 120 mm.

La norma INEN presenta con mayor amplitud definiciones, determinaciones, requerimientos y ensayos dirigidos a la mampostería o sus elementos.

Para los aditivos y para especificaciones para mortero de albañilería, se ha indagado en la norma ASTM.

Normas NEC citadas:

- Capítulo 1. Cargas y Materiales. Págs. 15, 23,
- Capítulo 6 Mampostería estructural Págs. 25-30.

⁵ NEC, CAPÍTULO 10 VIVIENDA DE HASTA 2 PISOS CON LUCES DE HASTA 5.0 m

⁶ CAPÍTULO 6 MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL. Pg. 24

- Capítulo 10

De la Norma Técnica Ecuatoriana INEN, para fines de este estudio se han considerado los siguientes ítems:

- **155** Mezclado mecánico de pastas y morteros de consistencia plástica.
- **198** Determinación de la resistencia a la flexión y a la compresión de morteros.
- **315** Coordinación modular de la construcción método de cálculo de los espesores de junta y de las medidas nominales y tolerancias para componentes modulares.
- **316** Coordinación modular de la construcción. Dimensiones modulares de bloques huecos de hormigón. (*voluntaria*).
- **488** Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50mm de arista. .
- **638** Bloques huecos de hormigón. Definiciones, clasificación y condiciones generales. Esta norma de carácter voluntario. (*voluntaria*).
- **639** Bloques huecos de hormigón. Muestreo y ensayos. (*voluntaria*).
- **643** Bloques huecos de hormigón. Requisitos. (*obligatoria*).
- **2518** Morteros para unidades de mampostería. Requisitos.
- **2563** Evaluación previa a la construcción y durante la construcción de morteros para mampostería simple reforzada.
- **2619** Bloques huecos de hormigón, unidades relacionadas y prismas para mampostería refrentada para el ensayo a compresión.

Norma ASTM

- ASTM C270 Especificación para Mortero para albañilería.
- ASTM C494 Especificación Normalizada de Aditivos Químicos para Concreto.

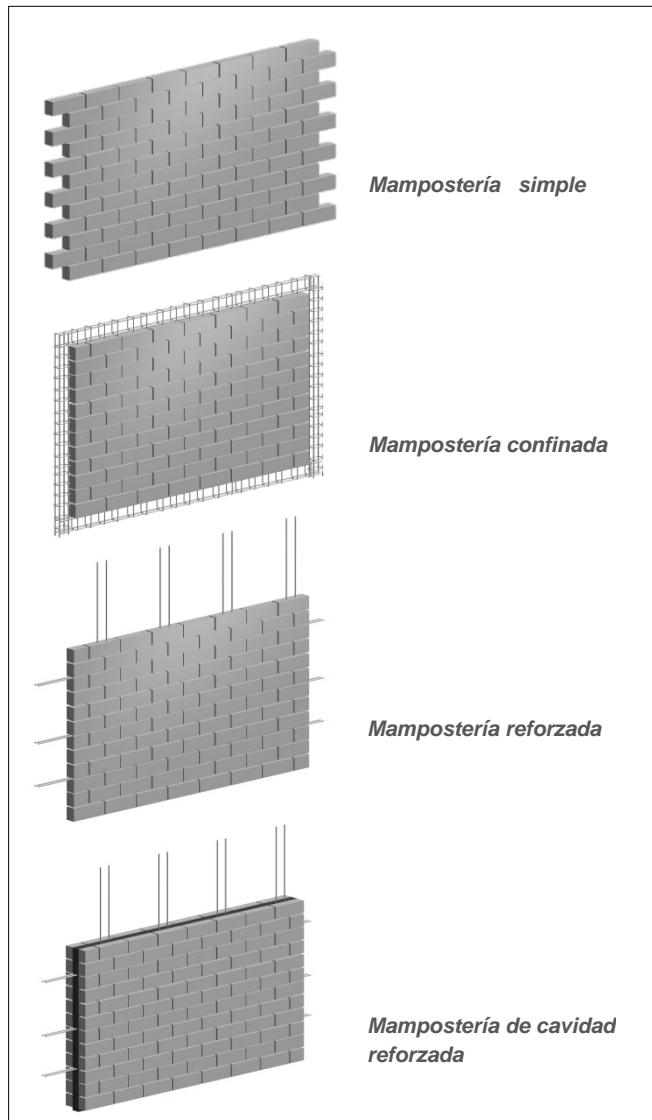


Fig. 2 Tipos de mampostería.

Especificaciones técnicas de la edificación 1997 CAE.

Es importante conocer y diferenciar los tipos de mampostería y las funciones que cumplen dentro de una edificación, para establecer Existen básicamente dos tipos de mampostería, el primero es el **estructural** que es capaz de soportar cargas verticales y horizontales, formando la estructura de la edificación, y se sub-clasifica en:

Mampostería simple.- No posee refuerzo y sus esfuerzos dominantes fuerzas verticales. No es admisible para zonas de alta y media incidencia sísmica.⁷ El adobe es un ejemplo de este tipo de mampostería.

Mampostería confinada.- La mampostería se confina mediante columnas y vigas de hormigón armado que en conjunto forman un elemento estructural. La fundición de las columnas y vigas se realiza después de construida la mampostería simple.⁸

Mampostería reforzada.- Este tipo de mampostería posee acero de refuerzo tanto vertical como horizontalmente que trabaja junto con mortero estructural, o de inyección groutig⁹; convirtiéndolo en un sistema monolítico que trabaja como un muro capaz de resistir la totalidad de las fuerzas de tensión y ocasionalmente los esfuerzos de compresión y cortante que la mampostería simple no es capaz de resistir.¹⁰

⁷ <http://construyefacil2011.blogspot.com/2011/06/mamposteria-simple.html>

⁸ Profesor: Ing. Omar Araujo Molina - FIUADY

⁹ MANUAL DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PARQUES Y ESCENARIOS PÚBLICOS DE BOGOTÁ D.C

¹⁰ Profesor: Ing. Omar Araujo Molina - FIUADY

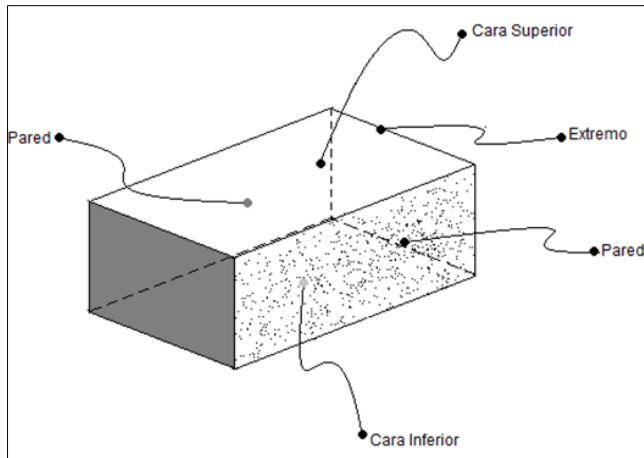


Fig.3. Partes del bloque. Manual de construcción de mampostería de concreto. Instituto Colombiano de productores de cemento. Angelica María Herrera y V.

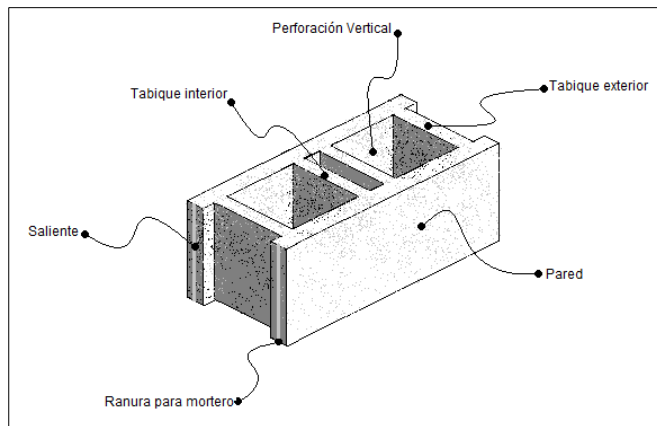


Fig. 4. INEN. 638. Bloques huecos de hormigón. Definiciones, clasificación y condiciones generales.

Mampostería de cavidad reforzada.- “Es la construcción realizada con dos paredes de piezas de mampostería, separadas por un espacio continuo de concreto reforzado en funcionamiento compuesto”.¹¹

El segundo tipo de mampostería es la de **relleno**, no forma parte de ningún sistema estructural, está diseñada para soportar únicamente su propio peso; funciona como elemento de cerramiento o envolvente en las edificaciones y como tabiques para dividir ambientes interiores. Este es el tipo de mampostería que se estudia en el presente documento.

El sistema estructural en el que se ajusta la mampostería de relleno es el aporricado de hormigón armado. Se construye con bloque alivianado de hormigón o comúnmente conocido como bloque de pómez.

2.1.2 ELEMENTOS

2.1.2.1 EL BLOQUE

El barro fue el primer material que constituyó la pieza de mampostería, una masa amorfa secada al sol, Ruinas de Jerico-Medio Oriente 7350 a.C. Luego aparecen las unidades de tierra y arcilla cocida en Sumeria Valle de Eufrates y Trigris 400 a.C, para unirlos se utilizó betún o alquitrán.¹²

Con la revolución industrial se inició la fabricación de ladrillos y bloques de hormigón a gran escala, máquinas trituradoras, mezcladoras y prensas para moldear, ayudaron a este fin.¹³

¹¹ Profesor: Ing. Omar Araujo Molina - FIUADY

¹² Comportamiento sísmico de edificios de mampostería no reforzada.

¹³ San Bartolomé 1998

A	Paredes exteriores de carga, sin revestimiento.
B	Paredes exteriores de carga, con revestimiento. Paredes interiores de carga, con o sin revestimiento
C	Paredes divisorias exteriores, sin revestimiento
D	Paredes divisorias exteriores, con revestimiento. Paredes divisorias interiores, con o sin revestimiento.
E	Losas alivianadas de hormigón arma.

Tabla. 1. Tipos de bloques huecos de hormigón y sus usos.

Livianos:	Hasta 1200 kg/m ³ , usado en muros interiores, divisorios y ligeros.
Medios:	Desde 1200 kg/m ³ hasta 1800 kg/m ³ , empleados en paredes exteriores sin carga.
Pesados:	Más de 1800 kg/m ³ , se utilizan en muros exteriores, bardas y cargas ligeras.

Tabla. 2. Clasificación de bloques según su densidad.

En la actualidad, el bloque de hormigón prefabricado y alivianado es un material de forma prismática que posee cavidades dadas por el molde que junto con la ligereza de los materiales con los que está compuesto le dan la característica de liviano y fácil de manejar.

De la calidad del bloque depende en gran parte las características mecánicas y estéticas de la mampostería.

CLASIFICACIÓN

De acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 638, los bloques de hormigón se clasifican por su uso en 5 tipos, A, B, C, D y E. Siendo los tipos D y E los que corresponden al bloque alivianado de pómez ya que el tipo D se utiliza en "Paredes divisorias exteriores, con revestimiento. Paredes divisorias interiores, con o sin revestimiento." Y el tipo E hace referencia a "Losas alivianadas de hormigón armado." Según esta clasificación y de acuerdo a la Norma INEN 643, la resistencia mínima a la compresión que deben tener los tipos de bloque a los 28 días, son de 25,49kg/cm² y 20,39 kg/cm² respectivamente.

La absorción de agua en los bloques se determinará de acuerdo con la Norma

INEN 642 y no podrá ser mayor del 15%.

Las muestras de bloques se seleccionarán de acuerdo a la Norma INEN 639.

DIMENSIONES

Sus dimensiones nominales son de 40cm x 20cm y su espesor varía entre 10cm, 15cm, 20 cm para el tipo D y para el tipo E se adiciona un espesor más, el de 25cm. Esto según la norma INEN 638 BLOQUES HUECOS DE HORMIGON. DEFINICIONES, CLASIFICACION Y CONDICIONES GENERALES. Sin embargo en el mercado, debido a la demanda, se expiden en mayor cantidad bloques con espesores

nominales de 10cm y 15cm. Además se evidenció que se ofertan dos espesores adicionales de 12cm y de 7cm.

ELABORACIÓN

El proceso de fabricación del bloque de pómez se efectúa mediante una máquina llamada bloquera, que puede ser manual, semiautomática o automática, las dos últimas poseen adicionalmente una máquina mezcladora donde se colocan los materiales para elaborar la mezcla. Además se requieren moldes metálicos o de madera para dar forma al elemento.

Los materiales utilizados para la elaboración son:

Polvo de piedra, que es la “piedra triturada de origen natural (canteras), que la Norma INEN 872 la clasifica como angular y la describe como poseedora de bordes bien definidos, formados en la interacción de caras planas ásperas.”¹⁴

Pómez triturado o Chasqui, es un material formado por la lava seca de un volcán, generalmente se lo traslada desde Latacunga de las faldas del Cotopaxi, de un lugar denominado cerro Chasqui “posee un tamaño de grano pequeño (inferior a 10 mm), definida por la Norma INEN 872 como panaloide. Su característica principal son los poros y cavidades visibles.”¹⁵

Cemento Portland tipo I.-

¹⁴ Maestría en Gestión Tecnológica. III Edición Ing. CARLOS MAURICIO SÁNCHEZ ALVARRACÍN. UNIVERSIDAD DE CUENCA. FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

¹⁵ Maestría en Gestión Tecnológica. III Edición Ing. CARLOS MAURICIO SÁNCHEZ ALVARRACÍN. UNIVERSIDAD DE CUENCA. FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

Conglomerante o cemento hidráulico que cuando se mezcla con áridos, agua tiene la propiedad de conformar una masa pétreo resistente y duradera.

Agua.- “La Norma INEN 638 establece que el agua que se utilice para la elaboración de los bloques debe ser dulce, limpia, de preferencia potable y libre de cantidades apreciables de materiales nocivos como ácidos, álcalis, sales y materias orgánicas.” 16.

Con estos materiales se elabora la mezcla, misma que luego es colocada en la maquina bloquera, para ser vertida por capas y a compresión en los moldes que se encuentran sobre una mesa vibradora. Según los fabricantes la dosificación referencial para 10 bloques de 15cm es de: 3,5 caretilas de chasqui, 1,5 caretilas de polvo y 1 saco de cemento.

Continuando con el proceso de fabricación; los bloques son llevados al área de fraguado, esta actividad se realiza bajo cubierta permitiendo un adecuado proceso. Posteriormente se realiza el curado del bloque que determina en gran medida su resistencia, por lo que lo ideal es que sea sumergido en agua.

Tomando en cuenta que la dosificación de la mezcla con la que se fabrica el bloque de pómez varía de acuerdo al fabricante y características de los materiales y que por ende sus características mecánicas también variarían de un lugar a otro;

“El comportamiento mecánico de la mampostería varían según las características de la resistencia a la compresión de la pieza que depende del material así como de la forma y dimensiones¹⁷. Por lo

¹⁶ Maestría en Gestión Tecnológica. III Edición Ing. CARLOS MAURICIO SÁNCHEZ ALVARRACÍN. UNIVERSIDAD DE CUENCA. FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

¹⁷ Meli y Hernández, 1971

cual se realizaran ensayos a bloques de diferentes fábricas de la ciudad.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Resistencia a la compresión. (rc28).

Se determina mediante ensayos de laboratorio en una maquina compresora, como todo elemento que contiene material cementico

El refrendado para los ensayos se basa en la norma INEN 2619. En la norma INEN 639 se detalla el método de ensayo a compresión para bloques de hormigón.

Tolerancias

Las unidades de mampostería de bloque según la norma INEN 316 deberán tener una variación de no más de 2mm para las dimensiones nominales.

ENSAYOS

Para los bloques huecos de hormigón la Norma Técnica Ecuatoriana NTE, INEN, establece la prueba para determinar su resistencia.

Resistencia a La Compresión

“Todos lo sólidos, en una u otra medida, tienen las propiedades y rigidez, o sea que, dentro de ciertos límites son capaces, sin romperse y sufrir grandes variaciones en sus dimensiones geométricas, de resistir cargas”.¹⁸

El ensayo para determinar la resistencia del bloque de pómez debe ser realizado a los 28 días.

TIPO DE BLOQUE	Resistencia mínima a la compresión en MPa a los 28 días (Norma INEN 640).
A	6
B	4
C	3
D	2.5
E	2

Tabla. 3. Requisitos de resistencia a la compresión que deben cumplir los bloque huecos de hormigón.

¹⁸ Feodosiev, V. I. Resistencia de materiales. Pág. 11. Op. Cit.

Método.

La Norma INEN 640, resume el método para ensayo de bloques huecos de hormigón, en un procedimiento que consiste en someterlos a una carga progresiva de compresión, hasta determinar su resistencia máxima admisible.

Equipo.- Se utilizará "cualquier máquina de compresión provista de plato con rótula de segmento esférico, siempre que las superficies de contacto de los apoyos sean iguales o mayores que las muestras de prueba. " ¹⁹

Preparación De Muestras

La selección de los bloques se realizara de acuerdo a la norma INEN 639.

1. Sumergir los bloques durante 24h en agua a temperatura ambiente.
2. Revestir el bloque de capas de mortero de cemento- arena en partes iguales de espesor no mayor a 6mm. El revestimiento se hará en las caras que estarán en contacto con la máquina, para garantizar la homogeneidad de la superficie y verificar el paralelismo de las caras.
3. Cubrir el bloque con un paño húmedo durante 24h
4. Sumergir el bloque en agua durante 3 días.

Procedimiento

Se debe centrar el bloque en la rótula, aplicar la carga en la misma dirección que se aplicara en la obra.

La carga debe ser aplicada gradualmente, a velocidad constante en un intervalo de 1 a 2 minutos.

¹⁹ INEN 640

Cálculos

Con la siguiente formula:

$$C = P/S$$

C= Resistencia a la compresión en MPa

P= Carga de rotura en Newtons N

S= Superficie bruta de la cara comprimida, en milímetros cuadrados mm².

2.1.2.2 EL MORTERO

El material que sirve para unir las piezas, tal como el material de las piezas en sus inicios fue el barro, sustituido posteriormente por el yeso calcinado y arena, Egipto desde 2690 a.C. Cal viva, toba volcánica y arena. En América del Norte, en sus primeros asentamientos se usó una mezcla pobre de cal y arena. En Grecia y Roma antiguas, el mortero de cemento puzolánico, inventado por el arquitecto Romano 25 a.C. Vitrubio. El cual consistía en mezclar arena volcánica, cal y agua. A inicios del siglo XX con el cemento portland y su combinación con cal, se obtuvo un mortero más resistente.

El mortero utilizado en la mampostería de bloque de pómez es una mezcla del material cementante con un material de relleno que es la arena, amasados con agua hasta obtener una pasta plástica que luego del proceso químico que se produce se endurece formando un elemento sólido, al cual si es necesario se adicionan otros materiales como cal, aditivos, para mejorar su trabajabilidad y/o aumentar su capacidad de adherencia.

“El propósito principal de un mortero de pega en la mampostería, es el de unir las unidades en un ensamblaje que actúa como un elemento integral que posee características de comportamiento

ESPECIFICACION POR PROPIEDADES ^(a)					
MORTERO	TIPO	Resistencia mínima promedio a compresión a 28 días kg/cm ²	Retención mínima de agua (%)	Contenido máximo de aire (%)	Relación de agregados (medida en condición humedad y suelta)
Cemento - cal	M	176	75	12	No menor que 2.25 y no mayor que 3.5 veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes
	S	127	75	12	
	N	53	75	14 ^(b)	
	O	25	75	14 ^(b)	
Cemento de mampostería	M	176	75		
	S	127	75		
	N	53	75		
	O	25	75		
(a) Mortero preparado en laboratorio					
(b) Cuando se coloca acero estructural en el mortero de cemento y cal, el contenido máximo de aire debe ser 12%					
Cuando se coloca acero estructural en el mortero de cemento de mampostería, el contenido máximo de aire debe ser 18%					

Tabla. 4. Especificación de mortero por propiedades. Norma ASTM C 270

deseadas. El mortero de pega influye en las propiedades estructurales del ensamblaje de mampostería, a la vez que reduce su permeabilidad.”²⁰

PROPIEDADES

“Los morteros de pega de mampostería tienen dos distintas e importantes juegos de propiedades: aquellas de los morteros en estado plástico y las de los morteros endurecidos. Las propiedades del mortero en estado plástico, determinan la adecuación de la construcción de mampostería y a su vez están relacionada con las propiedades del concreto endurecido y por lo tanto con los elementos estructurales terminados. Las propiedades de los morteros plásticos que ayudan a determinar su adecuación constructiva incluyen su trabajabilidad (consistencia) y su retención de agua. Las propiedades del mortero endurecido que ayudan a determinar el comportamiento final de la mampostería incluyen la adherencia, la durabilidad, la elasticidad y la resistencia a la compresión.”²¹

CLASIFICACIÓN

Según la Norma ASTM C270, Especificaciones para Morteros de Mampostería, los morteros se clasifican en función de resistencia retención mínima al agua contenido de aire y dosificación en: M, S, N y O,

“La norma INEN ofrece una guía para seleccionar morteros de mampostería; es así que para el levantamiento de mamposterías no

²⁰ Norma Técnica Guatemalteca. COGUANOR NTG 41050. Mortero de pega para unidades de mampostería. Edificaciones. Pg 35

²¹ Norma Técnica Guatemalteca. COGUANOR NTG 41050. Mortero de pega para unidades de mampostería. Edificaciones. Pg 35

Guía para la selección de morteros para mampostería [^]			
Ubicación	Segmento de construcción	Recomendado	Tipo de mortero
Exterior, por encima del nivel de terreno	Muro portante	N	S o M
	Muro no portante	O	No S
	Antepecho	N	S
Exterior en o por debajo del nivel de terreno	Muro de cimentación, pared de retención, pozos de inspección, desagües, pavimentos, caminos y patios	S	M o N
Interior	Muro portante	N	S o M
	Tabiques no portantes	O	N

[^] Esta tabla no es adecuada para morteros de usos especializados, tales como chimeneas, mampostería reforzada y morteros resistentes a los ácidos.

Tabla. 5. Guía para la selección de morteros.

Item	Uso	Cemento	Arena	Cal Hidratada	Resistencia Mínima (kg/cm ²)
1	Mampostería portante, masillados	1	4	-	140
2	Mampostería no portante, revoques	1	5	-	100
3	Enlucidos interiores	1	5	-	100
4	Enlucidos exteriores	1	5	0,5	10
5	Asentado de tejuelo y gres	1	6	-	80

Tabla. 6. Especificaciones técnicas de la Edificación 199. II Congreso Ciencia y Tecnología.

portantes se emplea el mortero tipo O, con alternativa de usar los tipos N y S.

USOS

Mortero de pega: Sirve para unir las piezas de mampostería, debe tener una resistencia y adherencia adecuadas para poder absorber esfuerzos de tensión y compresión de la mampostería misma. Su consistencia debe ser plástica.

Morteros de relleno: Se utiliza en la mampostería estructural para que al cubrir los refuerzos verticales y horizontales trabajen en conjunto reforzando a la mampostería. Sus requerimientos mecánicos son mayores y su consistencia debe ser fluida.

Morteros de recubrimiento: Sus funciones son de protección y estética, sirve de recubrimiento para superficies y sus requerimientos de resistencia no son altos, no así su plasticidad, misma que es fundamental para su aplicación en obra.

DOSIFICACIÓN

La dosificación para el mortero se toma de las especificaciones técnicas de la edificación 1997 del CAE. Notándose que para morteros de pega de la mampostería no reforzada se requiere una dosificación 1:5, es decir una parte de cemento y cinco partes de arena, cuya resistencia mínima es de 100 kg/cm².

ENSAYOS

Los ensayos para determinar la resistencia, así como datos de adherencia, módulo de elasticidad y resistencia a la tensión y a la compresión del mortero se realizan de acuerdo a la norma INEN 563.

La resistencia a la compresión del mortero de pega se la mide en cubos de 50 mm de arista a los 28 días, según la norma INEN 488.

2.1.2.3 ADITIVOS

“Un material distinto del agua, de los agregados y cemento hidráulico que se usa como componente del concreto o mortero. Las dosis en las que se utilizan los aditivos, están en relación a un pequeño porcentaje del peso de cemento, con las excepciones en las cuales se prefiere dosificar el aditivo en una proporción respecto al agua de amasado”.²²

En los concretos Romanos se presentan evidencias del uso de aditivos como sangre y clara de huevo. En 1885 se regulaba en fraguado con cloruro de calcio, mientras que los primeros aditivos químicos se utilizaron en 1930 compuestos por sulfonato naftaleno formaldehído.²³

CLASIFICACIÓN

Según la norma técnica ASTM-C494 se clasifican en:

- a) TIPO A: Reductor de agua
- b) TIPO B: Retardante
- c) TIPO C: Acelerante
- d) TIPO D: Reductor de agua retardante
- e) TIPO E: Reductor de agua acelerante
- f) TIPO F: Súper reductor de agua
- g) TIPO G: Súper reductor de agua retardante

Actualmente en el mercado se comercializa una mayor variedad, respondiendo a las necesidades del medio. Los aditivos

²² Norma ASTM C 125

²³ BLOG de INGENIERÍA CIVIL. www.gecivilcusco.blogspot.com/2009/07/aditivos-aspectos-generales.html

incorporadores de aire sirven para reducir la densidad del mortero logrando una reducción de peso, aunque reducen su resistencia.

La manejabilidad del mortero es una característica de importancia en obra, ya que permite una buena trabajabilidad logrando una distribución uniforme evitando concentraciones de esfuerzos y excentricidades accidentales.

Para mejorar la adherencia y trabajabilidad del mortero se puede utilizar diferentes aditivos.

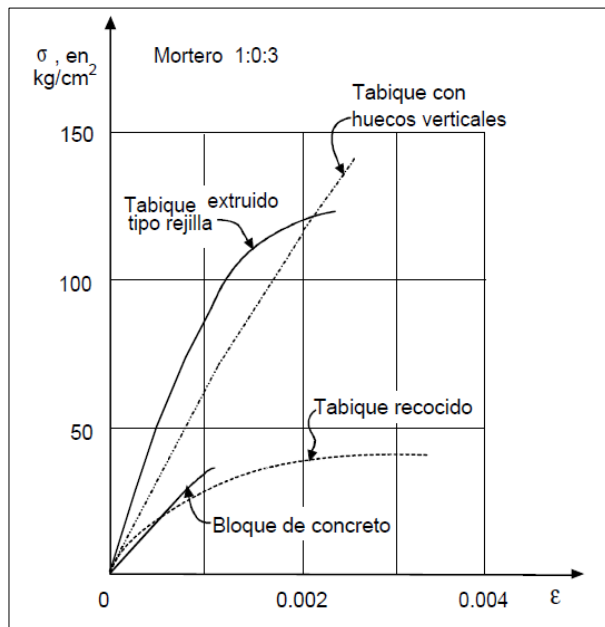


Fig. 5. Curva esfuerzo-deformación de pilas en compresión (Melli, 1979).

2.1.3 COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LA MAMPOSTERÍA FRENTE A LOS ESFUERZOS MÁS COMUNES.

Los mecanismos de falla de la mampostería deben ser analizados mediante ensayos de pequeños prismas de mampostería. La norma NEC, CAPÍTULO 6 MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL. Pg. 25-30, hace referencia a los ensayos de prismas y muretes, para obtener resultados de compresión y tensión diagonal respectivamente, detalla el quipo, requerimientos y procedimiento para realizar los ensayos.

2.1.3.1 COMPRESIÓN.

La resistencia a la compresión de la mampostería, se efectúa mediante el ensayo de pilas, estas son pequeñas columnas de bloque pegados con mortero. La altura óptima de cuerdo a la norma NTCM es de 4 veces el espesor de la pila. Esto por facilidad constructiva y manejabilidad para los ensayos. El modo de falla comúnmente es por tracción lateral, presentándose "grietas

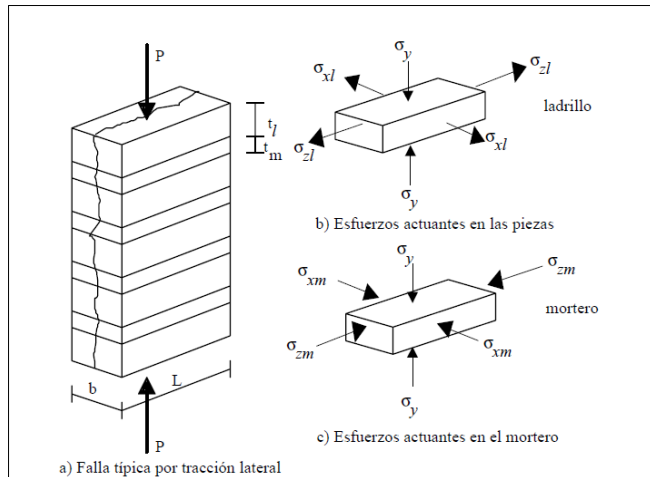


Fig. 6 Mecánica típica de la falla de la mampostería a la compresión (Tena 2001)

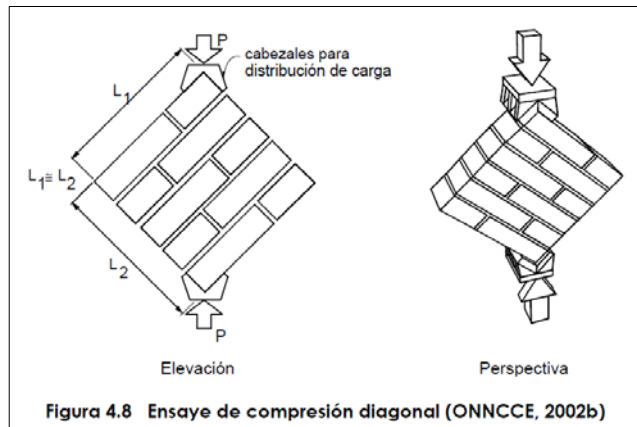


Fig. 7. Ensayo de tensión diagonal (ONNCE, 2002b)

verticales en las piezas producidas por las deformaciones trasversales incrementadas por el efecto de las deformaciones del mortero en las juntas”²⁴.

En la mampostería sometida a cargas axiales, los modos de falla dependen de la interacción de las piezas y del mortero. Ambos materiales poseen características esfuerzo-deformación distintas. Lo que provoca que al funcionar en conjunto frente una misma carga axial, las piezas que son las que suelen ser menos deformables restringen las deformaciones trasversales del mortero que es más deformable, dándole esfuerzos de compresión de dirección transversal. Simultáneamente en la pieza se introducen esfuerzos trasversales de tensión. Por lo que los resultados de los ensayos del material solo, difieren de los resultados de ensayar el conjunto.²⁵

En ensayos realizados en pilas con piezas de mampostería la relación esfuerzo-deformación se muestra lineal, hasta cuando se presenta la falla, en donde se produce una ruptura brusca. En piezas de baja resistencia, en donde se encontraría el bloque alivianado de pómez, la curva se muestra parabólica, produciéndose una falla lenta.

2.1.3.2 TENSIÓN DIAGONAL

La tensión diagonal es la causa de mayor falla en la mampostería y ocurre ante la presencia de un sismo, de hundimientos diferenciales, o ante la acción de cargas gravitacionales cuando hay diferencia en la distribución de las cargas verticales.

El ensayo para analizar el comportamiento bajo esta tensión es el de compresión diagonal, en el cual se utilizan muretes de igual al ancho

²⁴ Comportamiento mecánico de la mampostería. A. Tena E. Miranda. Pg 109.

²⁵ Comportamiento mecánico de la mampostería. A. Tena E. Miranda Pg 109.

que alto con al menos una y media piezas en la base. Estos son sometidos a compresión diagonal mediante una prensa de ensayo, para muestras de tamaños mayores se utilizan gatas hidráulicas. El ensayo otorga una carga de compresión a lo largo del eje donde se aplica la carga y un esfuerzo de tensión en el sentido contrario.

La falla por fuerza cortante ocurre generalmente en forma diagonal debidas a tensiones diagonales se presenta en la unión pieza mortero, efecto de una mala adherencia, Cuando la unión es fuerte y si las piezas son débiles las fallas cortan la pieza y el mortero.

Existen tres tipos comunes de falla en la mampostería, relacionados con la adherencia del mortero y la pieza, así como con la resistencia a la tensión de las piezas, la falla se da en el elemento más débil.

El primero ocurre cuando el agrietamiento fisura las piezas, esto es cuando la pieza es débil y no soporta la tensión siendo menor que la adherencia de los elementos. La falla número dos ocurre cuando la mampostería fracasa en las juntas siendo el problema la adherencia entre elementos, esta es menor que la resistencia a tensión de las piezas. El tercer modo de falla es el mixto en donde la adherencia de los elementos es semejante a la resistencia de la tensión de las piezas, lo que provoca una falla tanto en la pieza como en la junta.

2.1.4 TÉCNICA CONSTRUCTIVA TRADICIONAL

La técnica para construir la mampostería, no ha cambiado a través del tiempo, solo hasta hace pocos años en Europa por ejemplo se utilizan mecanismos prefabricados industrialmente, en América Latina la investigación en este ámbito se orienta a la vivienda social, buscando disminución de costos.

En nuestro medio la colocación se mantiene de manera tradicional, manualmente se coloca pieza por pieza requiriendo un control minucioso para lograr un panel nivelado.



Foto 4. Cerramiento de bloque de pómez.

2.1.4.1 TRANSPORTE DEL BLOQUE

Los bloques almacenados en fábrica son trasladados a la obra mediante vehículos de carga. Se apilan manualmente sobre el vehículo formando columnas que se sujetan unas contra otras para evitar su caída. Las piezas son muy frágiles por lo que es necesario tener cuidado en asentar el bloque sobre el otro más no soltarlo para evitar el golpe.

Así mismo las puntas y aristas suelen sufrir desprendimientos generando y regularidades en las piezas.

2.1.4.2 ALMACENAMIENTO DEL BLOQUE

Una vez en obra, para la descarga del material se debe tomar las mismas precauciones del cargado, evitando el daño o fractura de las unidades de bloque.

2.1.4.3 ELABORACIÓN DEL MORTERO

La plasticidad y consistencia del mortero son indispensables para su colocación adecuada así mismo la capacidad de retención e agua debe ser óptima para lograr que el cemento se hidrate correctamente.

Los materiales con los que se fabrica el mortero de pega para elaborar la mampostería de bloque de pomez son: Cemento portland, agua potable y arena limpia. Generalmente el batido se lo realiza a mano, mezclando previamente el cemento y la arena y luego aplicando el agua. El proceso puede ser mecánico con batidora u hormigonera. No se utilizan aditivos. El tiempo de fraguado del mortero se da entre los 45min a 6 h, luego de su elaboración.

La dosificación común utilizada es 1:4 y 1:3, una parte de cemento y 4 y 3 partes de arena respectivamente. La durabilidad del mortero dependerá de su densidad y con el contenido de cemento.

2.1.4.4 COLOCACIÓN DEL BLOQUE Y DEL MORTERO

Una vez construido, ya sea el piso o el contrapiso de la edificación se procede a colocar las piolas guías y una capa de mortero donde se asentará el primer bloque de la pared, inmediatamente se colocan el bloque haciendo uso del nivel, posteriormente se retira el mortero sobrante que puede ser reutilizado, para el segundo bloque se coloca mortero tanto en la base como en el lateral donde se pegará la siguiente pieza nivelada siguiendo las guías, el proceso se repite hasta formar la primera hilada, el proceso se repite en todas las hiladas golpeando suavemente el bloque para que calce.

2.1.5 USOS DE LA MAMPOSTERÍA DE BLOQUE DE PÓMEZ

El bloque se utiliza para la construcción de la mampostería envolvente y divisoria de diferentes tipologías de edificaciones, desde viviendas pequeñas hasta edificios de grandes áreas.



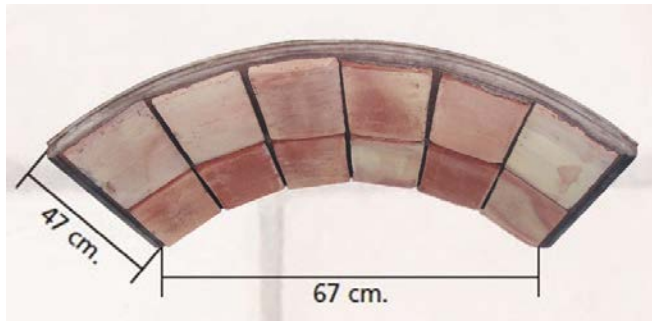
Foto 5. Hiladas prefabricadas de ladrillo. Nicaragua.

2.2 ESTADO DEL ARTE

Actualmente se encuentran diferentes prototipos usados tanto de manera artesanal como industrial, encaminados todos a acelerar el proceso constructivo de la mampostería.

Hurtado Azpeitia, propusieron en el año 2002 un modelo de hiladas prefabricadas de ladrillo con mortero estructural para bóvedas de cubierta en viviendas de carácter social, se aplicó en Nicaragua, Dalia, en el Barrio de los Maestros; previamente se realizaron pruebas en un prototipo en Sevilla, España.

El proceso constructivo se elabora de forma manual, utilizando un encofrado abovedado sobre el suelo, en el cual se montan los ladrillos uno junto al otro, en hileras transversales, unidos con mortero estructural. Una vez secas las piezas, se trasladan manualmente a la



Fotos 6. Prefabricados PREART. España.

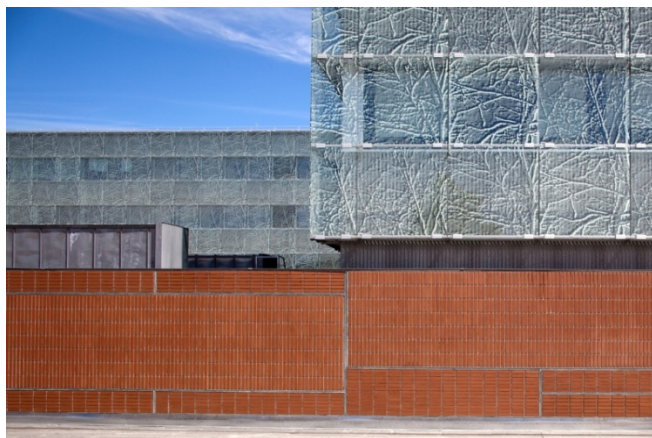


Foto 7. Fachada de la sede del Servicio de Salud de Castilla La Mancha. España.

cubierta en donde se juntan tira por tira, a manera de costillas, para formar la bóveda.

En Europa se comercializan piezas abovedadas de 47cm. x 67cm. a base de ladrillo prefabricadas artesanalmente, estas luego son asentadas sobre correas, para formar cubiertas. Uno de los fabricantes de estas piezas, con procedimientos patentados, es la fábrica "PREART".

Se prefabrican también paneles de mampostería, con ladrillos delgados, que son armados sobre moldes, para luego verter el hormigón encargado de ligar las piezas; este procedimiento requiere conformar cada panel con un marco metálico y deja una cara del ladrillo vista. Se aplicó en la fachada de la sede del Servicio de Salud de Castilla La Mancha, edificio diseñado por Pardo + Tapia Arquitectos.

La prefabricación de mamposterías se extiende a escala industrial en Europa, se cuenta hoy en día con grandes fábricas que arman paredes completas con sus respectivos vanos para ventanas y puertas, incluyendo los refuerzos, la información se transmite por medios digitales a las máquinas ensambladoras que transportan los bloques dentados de ladrillo u hormigón para ser armados previamente en hiladas sin más pegante que la fricción de los dientes. Posteriormente estas hiladas son colocadas unas sobre otras y unidas mediante cola de alta resistencia, formando las paredes con las dimensiones y formas requeridas por el cliente. El producto final es transportado a obra en vehículos de carga, luego se instalan mediante grúas sobre las cimentaciones previamente construidas. Climablock, RedBloc, son empresas que elaboran este tipo de prefabricados en masa.

El sistema de bloque panel, probado en el Salvador y México, es financiado por el gobierno Japonés a través de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón, Jica; Éste muestra la agilidad con la que se pueden levantar paredes utilizando bloques



Foto 8. RedBloc. España.

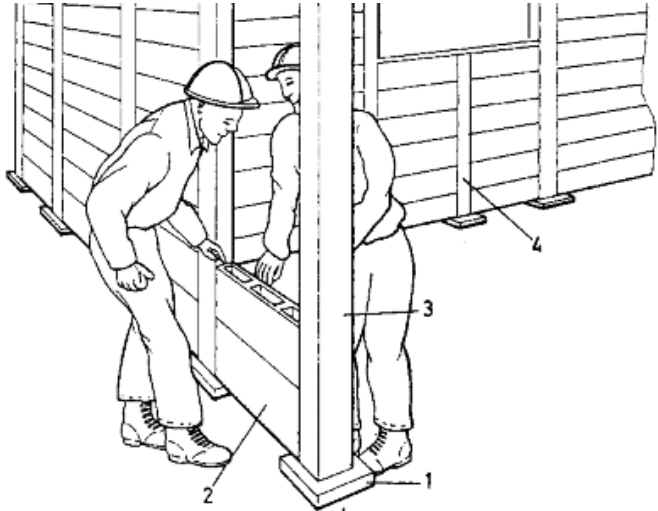


Fig 8. Sistema Bloque Panel. El Salvador y México.

prefabricados. Su proceso constructivo consiste en encajar bloques largos de hormigón de dimensiones aproximadas a 1.20 m de largo por 0,4 m de ancho, en columnas previamente fundidas separadas una de otra una distancia igual a la de la longitud del bloque; Las unidades son asentadas unas sobre otras y se pegan con mortero.

La Pontificia Universidad Católica del Perú, realiza investigaciones constantes sobre Albañilería Armada, Confinada y de Junta Seca, a fin de actualizar los conocimientos y despertar el interés por mejorar la tecnología de la construcción. Gracias a estos estudios se ha elaborado la Norma de Construcción y Diseño Estructural E.070, vigente desde el año 2006 en el Perú. Los temas de investigación son extensos, y tratan sobre la adherencia de unidad-mortero, ensayos de resistencia ante carga axial y a corte; alféizares, piso blando, reforzamiento, etc.

Todos los procedimientos mencionados motivaron a proponer el tema de tesis, tomando los recursos existentes en el medio y con un proceso básico de fabricación, que contribuirá a la investigación sobre innovación en la técnica constructiva de la mampostería de relleno en el Ecuador.

2.3 PREFABRICACIÓN

En la actualidad existe gran demanda por las soluciones constructivas que agilicen el tiempo en obra, en este sentido la prefabricación toma fuerza. Se buscan materiales que faciliten la construcción y permitan reducir el tiempo en obra. Esto resulta imperante también desde el punto de vista ambiental buscando una "construcción seca", a fin de controlar el uso de recursos no renovables.

2.3.1 DEFINICION

Prefabricado: Elemento o pieza, que han sido fabricados en serie para facilitar el montaje o construcción en el lugar de destino.



Foto 9. Complejo de Vivienda Experimental para la Expo Mundial de 1967, Montreal - Canadá.
Moshe Safdie, arquitecto.

“La Unión FRANCESA DE LA prefabricación de edificios estableció la siguiente definición: “Una construcción prefabricada es aquella cuyas partes constitutivas son, en su mayoría ejecutadas en serie, en taller, con la precisión de los métodos industriales modernos, para formar un sistema constructivo coherente que satisfaga las condiciones normales de resistencia, aspecto ,habilidad, confort, y duración, con el mínimo de los gastos”²⁶Luego de la segunda guerra mundial, a fin de reconstruir parte en los países europeos toma fuerza la prefabricación- (Vilagut, 1975).

La prefabricación con elementos modulares de gran tamaño “es un método industrial de construcción”²⁷, corresponde a un método para industrializar, pero depende necesariamente de ella, ya que se pueden producir prefabricados no industriales.²⁸

En 1867 J.Monier, jardinero de origen Francés, patenta lo que posteriormente sería en concreto armado.

En 1902, El arquitecto Christopher reconoce las ventajas en cuanto a tiempo, costo y control de calidad que ofrece la prefabricación del hormigón, (Rosmalen, 1984)

En la década de los 60 se creó un estilo arquitectónico “Prefabismo o prefb style”.

La prefabricación se halla directamente relacionada con la industrialización. La generación producción de elementos en masa reduce el tiempo y el costo del elemento final, pudiendo recuperarse rápidamente la inversión inicial.

²⁶ Hernández Ruiz Joel. Instituto Politécnico Nacional. Oaxaca. México 2006.

²⁷ Arquitectura/ cyad / administración para el diseño. La influencia de la prefabricación en el diseño de vivienda de interés social. Arq. Alejandro Cervantes Abarca.

²⁸ Hernández Ruiz Joel. Instituto Politécnico Nacional. Oaxaca. México 2006.

2.3.2 CLASIFICACIÓN

La prefabricación se clasifica según diferentes temas:

Materiales, Proceso de producción, Apertura del sistema, Peso de los elementos, Grado, Forma y geometría.

Para la propuesta, de acuerdo al material la prefabricación se clasifica dentro del hormigón, ya que su elemento fundante es de este material.

El tipo de prefabricación según el proceso de producción para este caso sería a pie de obra, en el caso de que se desee elaborar los bloques en el mismo lugar de la construcción o el proceso también se podría elaborar en fábrica para ser luego trasladado a obra.

El sistema de producción para elementos prefabricados puede ser cerrados o abiertos, en nuestro caso es de tipo abierto ya que permite que la construcción se realice sin necesidad de establecer características específicas o cambios del modelo en fábrica.

De acuerdo al peso la propuesta se enmarca en prefabricación liviana.

Puesto que la propuesta se enmarca en la prefabricación de elementos para la construcción de la mampostería se entiende como una prefabricación parcial.

Según la forma y geometría la propuesta se enmarca en la prefabricación de superficies.

2.3.3 GRADOS DE LA PREFABRICACIÓN SEGÚN SU DESARROLLO.

“El grado de prefabricación de un edificio se puede valorar según la cantidad de elementos rechazables generados en la obra; cuanta

mayor cantidad de residuos, menos índice de prefabricación presenta la construcción”²⁹

1. Pequeños elementos prefabricados fuera de la obra como ladrillos y bloques.
2. Elementos prefabricados de mayor tamaño como mini paneles, y con operaciones con cierto grado de mecanización.
3. Al pie de obra pudiendo ser de elaboración manual o industrializada.
 4. En planta industrializada. Con procesos semimanuales, semi automatizadas y totalmente automatizadas, esto según el grado de desarrollo del lugar.

2.3.4 VENTAJAS

1. Modulación arquitectónica
2. Disminución de tiempo de construcción, disminuyendo costos administrativos y de supervisión y de interés sobre el capital.
3. Disminución de errores constructivos
4. Elaboración en serie
5. Evidencia visual de elementos estructurales
6. Reducción de costos de mano de obra y de materiales, al disminuir de desperdicios.
7. Reducción de materiales y herramientas logrando mayor limpieza en obra.
8. Mayor control de calidad, pudiendo optimizarse los diseños.
9. Según el ensamblaje que se utilice, los elementos pueden ser desmontados y reutilizados.

²⁹ EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADOS A BASE DE ELEMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN” Christian Escrig Pérez.

2.3.5 DESVENTAJAS

1. Inversión inicial en equipos.
2. El diseño de enlaces, juntas y conexiones requiere un análisis profundo.
3. Se requiere una supervisión rigurosa durante todo el proceso de prefabricación transporte y montaje. En cuanto a dimensiones, acabados y juntas.
4. Se requiere una programación más meticulosa, siendo esta la que gobierne al resto de actividades complementarias.
5. Las condiciones de diseño cambian en comparación con un sistema no prefabricado. Se presentan limitaciones en cuanto a diseño.

2.3.6 CONSECUENCIAS

1. Simplificación del trabajo y reducción de errores.
2. Aumento de la productividad.
3. Especialización de la producción.

Mientras mayor sea el tamaño del elemento prefabricado, mayores serán los beneficios en cuanto a costos y tiempo, pero esto condiciona las posibilidades de diseño.

2.3.7 PRINCIPIOS CONSTRUCTIVOS CON PREFABRICADOS PARA DISEÑO DE VIVIENDA.

1. Piezas pequeñas requeridas para formar elementos arquitectónicos como una pared, requiriéndose resolver mayor número de juntas.

2. Piezas de mayor tamaño como tableros del tamaño de una pared completa o muro.
3. Células habitacionales completas, piso paredes y cubierta.³⁰

Para que exista una producción en masa de un determinado producto, este debe estar sujeto a las siguientes condiciones:³¹

- “1. Que pueda ser empleado en obras de distintos tipos.
2. Que pueda ser usado para distintos fines (cubiertas o muros).
3. Que pueda emplearse en varias dimensiones, pero desempeñando igual cometido gracias a la combinación de distintos tipos de moldes.
4. Todos estos elementos deben ser fabricados mecánicamente y ser transportados y ensamblados fácilmente.”

2.3.8 PRINCIPIOS DE COORDINACIÓN MODULAR

“La coordinación modular tiene como objetivo primordial la normalización de las series de dimensiones que deben tener los

³⁰ Arquitectura/ cyad / administración para el diseño. La influencia de la prefabricación en el diseño de vivienda de interés social. Arq. Alejandro Cervantes Abarca.

³¹ Arquitectura/ cyad / administración para el diseño. La influencia de la prefabricación en el diseño de vivienda de interés social. Arq. Alejandro Cervantes Abarca.

diferentes elementos constructivos con objeto de facilitar su montaje.”³²

El módulo es consustancial al ser humano, su uso se inició antes de la escritura. Los primeros módulos de medida fueron partes del cuerpo humano y elementos naturales representativos.

Desde la antigüedad las civilizaciones han utilizado módulos de medida para construir sus edificaciones, cumpliendo también una función estética dando ritmo y armonía. Vitruvio, Leonardo Da Vinci, León Batista Alberti y Corbusier, realizaron investigaciones relacionando matemáticamente las medidas del hombre y la naturaleza.

La coordinación de las dimensiones forma parte significativa de la industrialización, que la aplica como técnica para racionalizar las medidas.

Los objetivos de la coordinación modular son: Evitar cortes y desperdicios, reducir costos de producción, reducir la cantidad de fabricación de medidas especiales y promover la intercambiabilidad.

2.3.8.1 CONSIDERACIONES

1. Posibilidad de adicionar elementos.
2. Permitir de restar o intercambiar elementos.
3. Permitir combinar elementos.

³² Arquitectura/ cyad / administración para el diseño. La influencia de la prefabricación en el diseño de vivienda de interés social. Arq. Alejandro Cervantes Abarca.

2.3.8.2 EL MODULO

En la coordinación modular prima una medida que es el módulo, del cual se derivan los submodulos.“El módulo es el máximo común divisor a partir del cual pueden deducirse todas las medidas de la construcción por adicción o por multiplicación.”³³

La dimensión del “modulo” se elige libremente, lo indispensable es que todas las dimensiones del sistema guarden relación proporcional.

³³ Arquitectura/ cyad / administración para el diseño. La influencia de la prefabricación en el diseño de vivienda de interés social. Arq. Alejandro Cervantes Abarca. Pg. 229

3. PLANTEAMIENTO DE LA PROPUESTA CONSTRUCTIVA

En este capítulo se detallan las propuestas constructivas tanto de la mampostería, como la del macro elemento modular. *A este último se lo denomina como "elemento modular" o "módulo" únicamente.*

De acuerdo a los objetivos propuestos inicialmente, se presentan diferentes opciones de armado para la mampostería, de las cuales se escoge la que más beneficios ofrece en cuanto a facilidad constructiva y reducción de recursos.

El elemento modular, se diseña según las características físicas de los materiales, calculando su resistencia ante posibles fallas.

3.1 EL BLOQUE DE PÓMEZ COMO ELEMENTO BASE DE LA PROPUESTA

Es pertinente indicar la manera en la cual se determina que el bloque de pómez, escogido entre otros materiales, resulta apto para la elaboración de la presente propuesta constructiva.

Las alternativas que se ofertan el medio, con respecto a la pieza de mampostería son: bloque de cemento, ladrillo y piedra, siendo este último un material utilizado para fabricar mampostería portante y su peso es superior a los anteriores; por lo cual ha sido descartado.

En Azogues, el bloque de cemento se comercializa en dos presentaciones: hormigón y pómez, las características del primero en cuanto a resistencia, peso, y costo son superiores a las del bloque de pómez por lo que su uso se orienta a la construcción de elementos particulares como cerramientos, debido a su resistencia; Por su parte el bloque de pómez con su textura rugosa e inferiores características

BLOQUE	BLOQUE DE CEMENTO Tipo D y E (NTE INEN)	LADRILLO DE ARCILLA Tipo D y E (NTE INEN)
DENSIDAD (kg/m ³)	1000 - 1800	1200
PESO (kg)	2	3,5
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)	25,49 - 20,39	50,98 - 40,78
DIMENSIONES (cm)	40 * 20 * (7 / 10 / 12 / 15)	29 *19 * (19 / 14 / 9 / 7)
MATERIALES	-Polvo de piedra -Pómez triturado o Chasqui -Cemento Portland tipo -Agua.	- Arcilla - Minerales: sodio potasio y calcio. - Agua
COSTO (\$)	0.4 -0.45	0.50

Tabla. 8. Características generales del bloque de cemento y el ladrillo.

mecánicas, adecuadas para la construcción de mampostería no portante, tiene mayor demanda en el mercado.

Tenemos también la clasificación de los ladrillos, pudiendo dividirse según su densidad en sólidos y huecos, las características de estos últimos son comparadas con las del bloque de pómez a fin de determinar la mejor opción.

En la **Tabla. 8**, se muestran las características generales de cada material. Se observa que el ladrillo hueco supera al bloque en densidad, resistencia, peso y costo. ³⁴

Sabiendo que el tema de la propuesta comprende la investigación sobre el método constructivo de la mampostería **no portante**, se prioriza el aspecto económico, en el cual, el bloque es el mejor.

El peso del material resulta también determinante al momento de escogerlo, ya que mientras más liviano sea, menor será la carga que se transmita a la estructura portante de la edificación, influyendo directamente en el costo de cimentación.

El peso influye además en la manipulación y puesta en obra de los elementos. Mientras más livianos sean, menor será el número de personal y ó equipo requerido.

Se concluye entonces, que entre los elementos disponibles en el medio, el bloque de pómez es el que mejor se adapta.

³⁴ Resumen de encuestas realizadas a diferentes fábricas productoras, laboratorios de suelos y ferreterías de la zona.

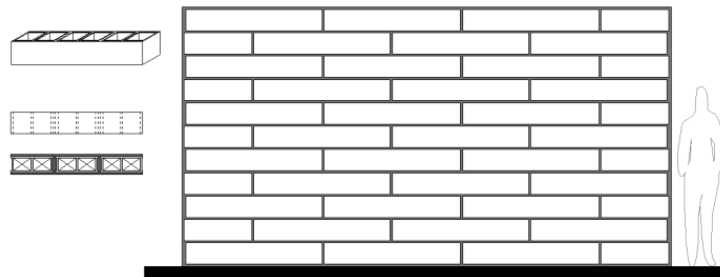


Fig. 9. Opción 1

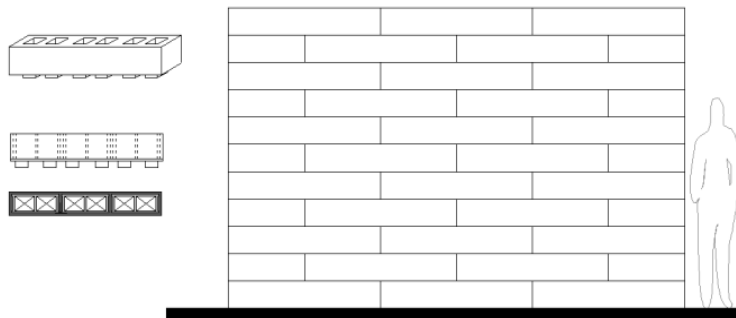


Fig. 10 Opción 2

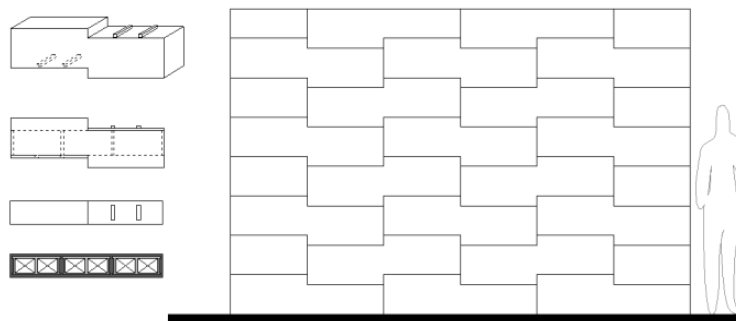


Fig. 11. Opción 3

3.2 DISEÑO DE LA MAMPOSTERÍA

Se propone una reducción significativa en tiempo y costo de construcción, al efectuar menos verificaciones con el uso del nivel y plomada; y al incluirse el enlucido en la prefabricación.

Adicionalmente se plantea la posibilidad de elaborar un fácil ensamble de piezas, haciendo uso de la fricción de piezas perfectamente encajadas, pensando de manera simple en piezas didácticas para niños, como los de la marca "lego".

Para que la mampostería propuesta tenga las características mecánicas de la mampostería no portante tradicional, se requiere que cada elemento, se trabee a lo largo, ancho y profundidad.

3.2.1 DISEÑO DE LA TRAMA

Como primer supuesto tenemos que: Tomando como referente la forma tradicional de las piezas y su trabe, se genera un elemento formado por la unión de 3 bloques de pómez ligados por mortero; tendríamos entonces una mampostería con piezas más largas que las presentes en la mampostería tradicional. En esta opción, la prefabricación del elemento modular significa aparentemente un ahorro de tiempo en la construcción. (Opción 1).

Si a esto se suma la colocación en seco de las piezas, se amplían las ventajas de la propuesta. Desde esta perspectiva se proponen diferentes tipos de ensambles en seco aprovechando la versatilidad de formas que se pueden dar al mortero con el molde. Hay que tomar en cuenta el costo y trabajo que implica ejecutar formas complejas y de tamaños pequeños con mortero. (Opción 2).

En la tercera propuesta el módulo posee trabes tanto superiores como inferiores. Obteniendo una forma más simple. (Opción 3).

La cuarta propuesta se basa en el modelo lazo de la tesis: DESARROLLO DE ELEMENTOS MODULARES UTILIZANDO MATERIALES

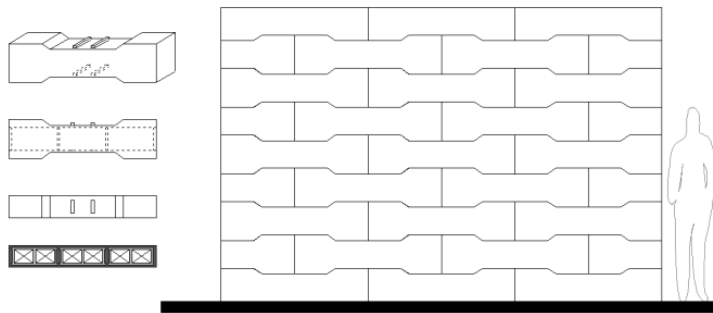


Fig. 12. Opción 4

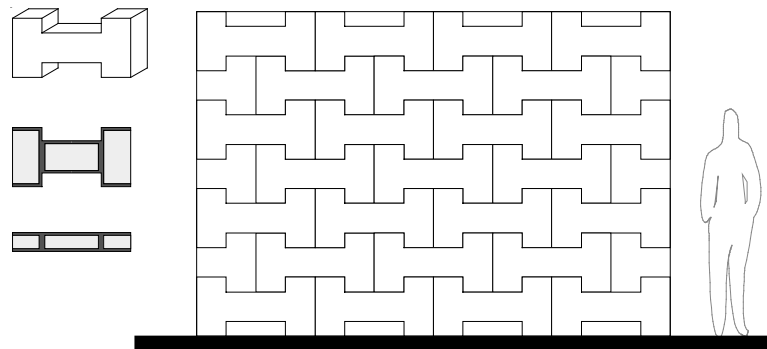


Fig. 13. Opción 5

ALTERNATIVOS CON APLICACIONES AL DISEÑO, que realizó Adriana de la Luz Máas Díaz. De la Universidad de Papaloapan de México en el año 2012. (Opción 4).

Tomando como base todos los casos anteriores se deriva una quinta propuesta, que utiliza la forma en "H" del elemento como trabe y la cara donde se encuentran los agujeros del bloque de pómez como ensamblaje para formar la mampostería. (Opción 5).

Analizando, las 5 opciones, de acuerdo a los requerimientos y condiciones planteadas al inicio del presente capítulo se determina que la opción 5, presenta las mejores características constructivas y de resistencia.

3.2.2 DISEÑO DEL ENSAYO

El ensayo que se proyecta efectuar a la mampostería, consiste en analizar y comparar como la deformación influye en su comportamiento mecánico. Entendiéndose que la deformación para este caso es producto del movimiento de la estructura portante ante un asentamiento vertical causado por una falla de la cimentación.

Para lo cual se plantea aplicar una carga vertical en un extremo de la mampostería, mientras que el otro extremo se encuentra empotrado a una columna, reforzada por un puntal diagonal. (Fig. 14.)

Antes de aplicar la fuerza se traza sobre la pared una línea horizontal, la cual sirve de referencia para medir la deformación.

Se procede entonces a aplicar la carga vertical con la ayuda de una gata hidráulica. En cuanto se observe la primera falla se medirá la deformación en la cual ocurre. (Fig. 15).

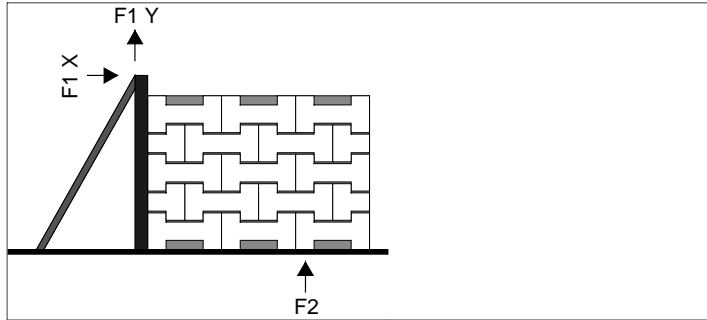


Fig. 14. Esquema de ensayo a las mamposterías.

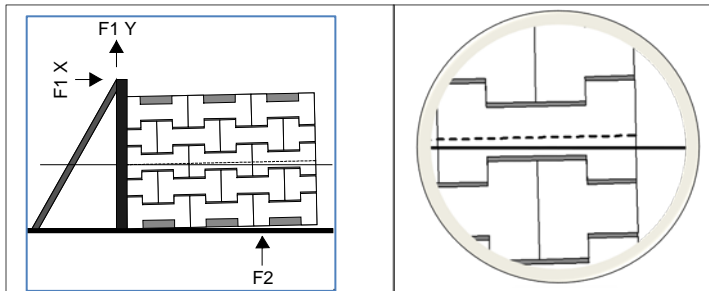


Fig. 15. Referencia para medir la deformación.

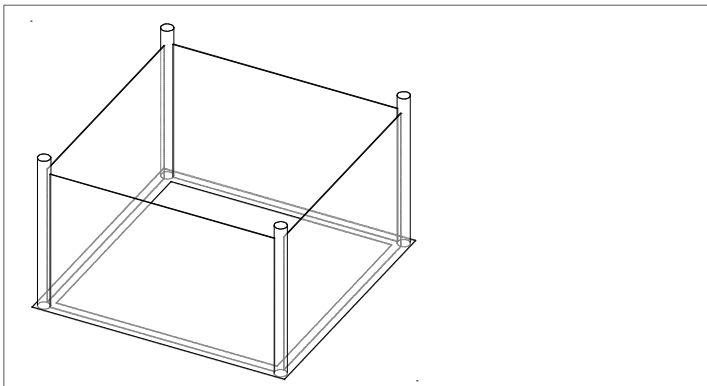


Fig. 16. Estructura de apoyo para ensayo de mampostería.

Este ensayo debe realizarse tanto a la mampostería propuesta como a la mampostería tradicional con el fin de comparar los resultados de desempeño. Para ello se realizan dos muestras o testigos por cada método constructivo.

Para realizar el ensayo, se arma una estructura de apoyo con cuatro columnas y cimentación de hormigón. Las mamposterías se construyen entre cada par de columnas. (Fig. 16.)

3.3 DISEÑO DEL MACRO ELEMENTO PREFABRICADO

El elemento propuesto parte del concepto de prefabricar partes de hiladas con varios bloques, para luego unirlos en obra, reduciendo el tiempo que tomaría colocar cada bloque por separado.

El módulo se compone de tres bloques de pómez ligados con mortero, formando un cuerpo sólido. De este se desprenden sub módulos para facilitar la colocación en bordes y esquinas,

El elemento prefabricado debe permitir un ensamblaje de fácil armado, a fin de reducir el tiempo de construcción de la mampostería.

Para que el elemento sea de fácil manejabilidad, su peso debe ser soportado por máximo dos personas, esto evitara el uso de equipo adicional.

Para zonas particulares tales como terminaciones o encuentros de paredes, se diseñan sub módulos adicionales.

3.3.1 CONDICIONES GENERALES

El diseño debe apuntar a una producción masiva, a fin de producir los elementos al pie de obra, de manera manual o automática de forma industrial.

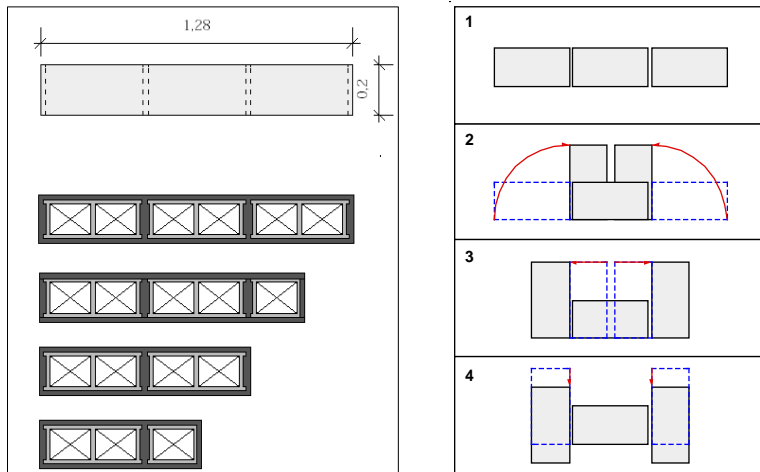


Fig. 17. Generación formal del elemento propuesto.

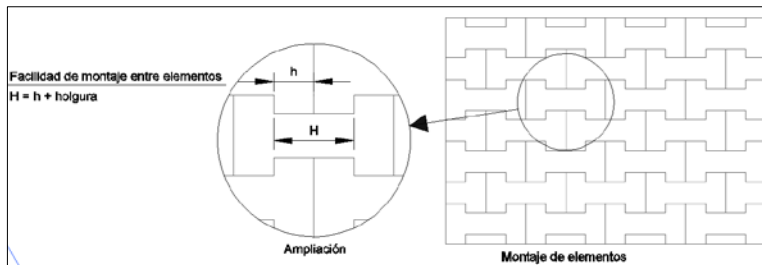


Fig. 18. Facilidad de Montaje de los elementos.

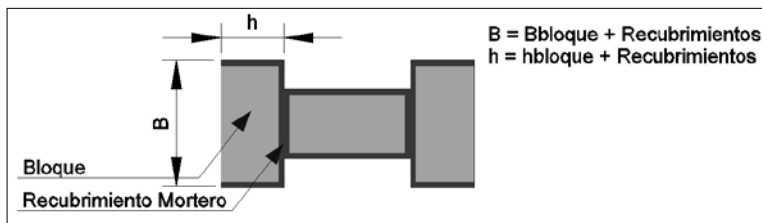


Fig. 19. Dimensiones en función del tamaño del bloque.

Para lograr un ahorro económico, la propuesta debe reducir la cantidad de materiales necesarios para la fabricación del elemento así como la disminución de desperdicios.

En lo referente a las características mecánicas del elemento prefabricado, se debe asegurar que este elemento soporte las solicitaciones por manipulación, traslado, almacenamiento, y funcionamiento de la mampostería durante su vida útil.

3.3.2 GENERACIÓN DE LA FORMA DEL ELEMENTO

Partiendo de la forma de la hilada tradicional, formada por 3 bloques de pómez, se realiza un movimiento a las dos piezas de los extremos, obteniendo un elemento en forma de H. (Fig17)

La propuesta comprende el concepto de bloques ligados por mortero que forman un elemento prefabricado de mampostería. Y genera una trabazón en el sentido longitudinal entre los bloques, lo que reduce la cantidad de mortero de pega.

Para lograr la forma planteada, resulta necesario un molde, cuyos elementos sean fácilmente desmontables y permitan que el desencofrado no altere a las características del mortero.

3.3.2.1 DIMENSIONES

El modulo base es el bloque de pómez, en sus diferentes espesores. (7cm, 10cm y 12cm).

Las dimensiones se establecieron tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

Facilidad de montaje de un elemento sobre otro.-

Se adopta una relación entre las dimensiones del patín y el ancho del ala, tal que: $H = 2 * h + \text{holgura}$. Es necesario dejar una holgura para facilidad de manipulación en el montaje de un elemento sobre otro.

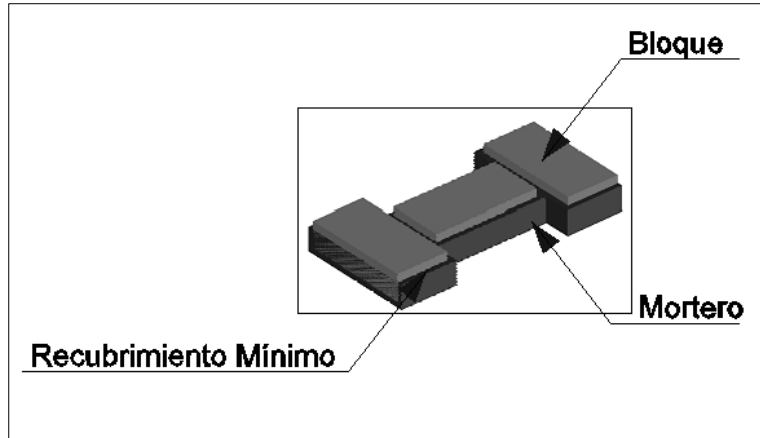


Fig. 20. Espacio mínimo para la colocación del mortero

Tamaño del bloque.-

El elemento tendrá dimensiones tales que el bloque quede embebido dentro del mortero.

Espacio mínimo necesario para colocación del mortero.-

Los recubrimientos a utilizarse no deben ser menores que el espacio necesario para que el mortero pueda ingresar de forma segura, evitándose así espacios vacíos.

3.3.3 RESISTENCIA DEL ELEMENTO

Los espesores del mortero deben tener la resistencia necesaria para soportar la manipulación, puesta en obra y el peso de los demás bloques que formen la pared.

Con las consideraciones realizadas se efectúan diferentes dimensionamientos de elementos, utilizando las longitudes de los bloques existentes en el sector. (ANEXO 1).

Los cálculos se realizan utilizando las siguientes ecuaciones:

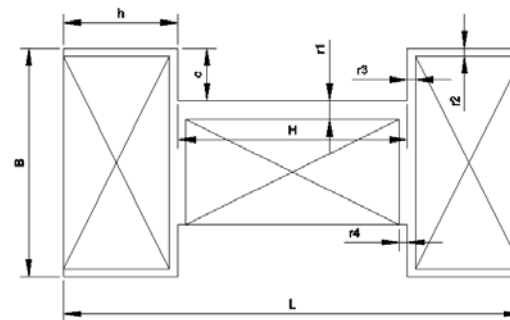


Fig. 21. Dimensionamiento.

$$B = Lb + 2r2 \quad [1]$$

$$h = Bb + r3 \quad [2]$$

$$H = Lb + 2r4 \quad [3]$$

$$b = Bb + r1 \quad [4]$$

$$L = H + 2h \quad [5]$$

$$c = 0.5 (B - b) \quad [6]$$

$$e = eb + 2r5 \quad [7]$$

Dónde:

Lb: Longitud del bloque de pómez

Bb: Ancho del bloque de pómez

eb: Espesor del bloque de pómez

B, h, H, b, L, c, e, r1, r2, r3, r4, r5: Denotadas en el gráfico.

3.3.3.1 CALCULO DEL PESO DEL ELEMENTO

Los pesos de cada uno de los materiales constitutivos del elemento se describen en la tabla siguiente:

MATERIAL	UNIDAD	PESO UNITARIO (kg/UNIDAD)
BLOQUE POMEZ 40x20x7cm	U	1,5
BLOQUE POMEZ 40x20x10cm	U	1,8
BLOQUE POMEZ 40x20x12cm	U	2,0
MORTERO 1:3	m3	2000
MORTERO 1:4	m3	2000

Tabla. 9. Pesos unitarios para diseño del elemento

Se realiza el cuadro del ANEXO 2, en donde se calculan los pesos unitarios y los pesos por unidad de volumen de los diferentes elementos que se muestran en el ANEXO 1.

Para calcular el peso del elemento, se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$Vb = Bb \cdot Lb \cdot eb \quad [8]$$

$$Pb = N \cdot PbU \quad [9]$$

$$Vm = V - Vb \quad [10]$$

$$Pm = Vm \cdot PEm \quad [11]$$

$$V = 2.h.B + H.b \quad [12]$$

$$P = P_b + P_m \quad [13]$$

$$PU = P / V \quad [14]$$

Dónde:

Vb: Volumen de una unidad de bloque de pómez.

Pb: Peso ocupado por los bloques de pómez que forman el elemento.

N: Número de bloques que forman el elemento (3 unidades).

PbU: Peso de cada bloque.

Vm: Volumen de mortero.

V: Volumen del elemento.

Pm: Peso del volumen ocupado por el mortero.

PEm: Peso por unidad de volumen del mortero.

P: Peso del elemento.

PU: Peso por unidad de volumen del elemento.

3.3.3.2 CALCULO DE LA RESISTENCIA

Es necesario asegurar que el elemento propuesto resista los esfuerzos producidos por manipulación y puesta en obra, es por ello que se evalúa la resistencia de los elementos propuestos en el ítem anterior.

Para evaluar la resistencia de los elementos propuestos, se consideran los siguientes aspectos:

1. El material resistente es únicamente el mortero, dado que el bloque se estima como material de relleno.
2. El elemento debe ser capaz de soportar su propio peso y los impactos producidos por la manipulación y transporte.
3. El alma del elemento, mientras se consiga el fraguado del mortero de la base de la mampostería debe resistir una carga

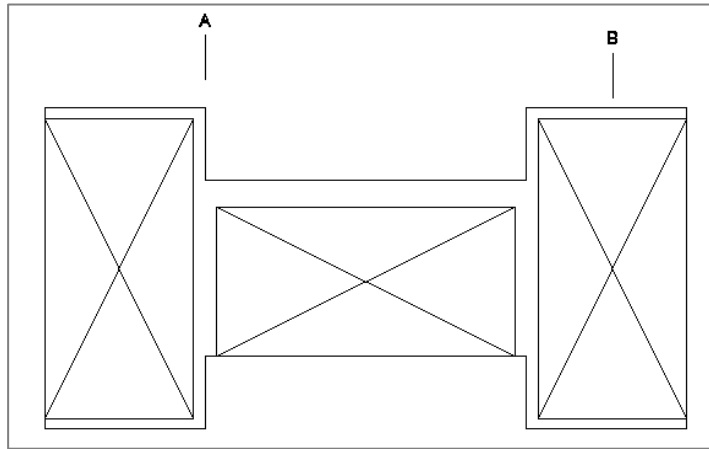


Fig. 22. Modos de falla

adicional temporal, producto del peso de los elementos que se instalen sobre él.

4. El elemento debe resistir el aplastamiento producto del peso de los elementos superiores que forman la mampostería.

Por la forma adoptada del elemento y conforme las consideraciones presentadas se identifican los siguientes puntos donde puede fracasar el elemento:

1. Falla por corte en la sección A.
2. Falla por aplastamiento del mortero en la sección B.

ANÁLISIS DEL MODO DE FALLA 1. CORTE EN LA SECCION A

Área de Influencia y falla a corte

En la sección denotada con la letra A se puede presentar una falla de corte, cuando el elemento esté sometido a la carga de los demás elementos que se asientan sobre él.

El elemento que está sometido en mayor proporción a esta carga será el que pertenezca a la primera hilada (hilada inferior), considerando vacío bajo el alma. Esta sollicitación es temporal hasta que el mortero de liga colocado bajo el alma de la primera hilada consiga su fraguado.

De todas maneras se analizará la resistencia del elemento despreciando el aporte que pueda dar dicho mortero de liga.

Sección Resistente a Modo de Falla 1

De acuerdo a la configuración adoptada, se tiene que la sección resistente a los esfuerzos de corte es la constituida por el mortero

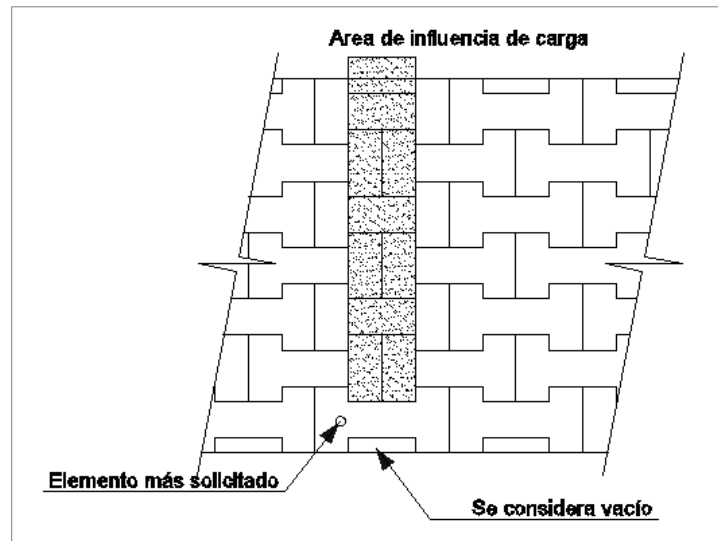


Fig. 23. Área de influencia de carga

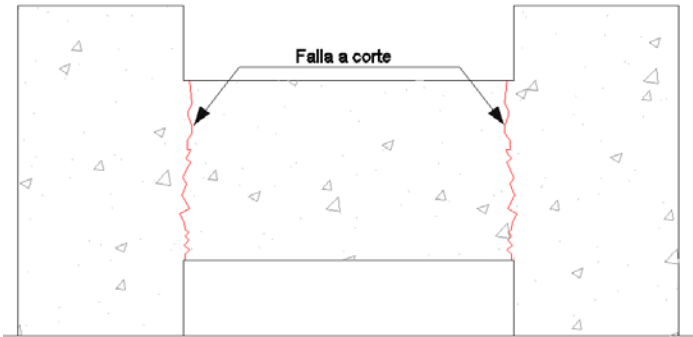


Fig. 25. Sección resistente a esfuerzos de corte

(como se indicó al inicio de esta sección uno de los aspectos a tomar en cuenta en la evaluación de la resistencia del elemento es despreciar el aporte del bloque de pómez); Dicha sección resistente tiene la forma de "U" invertida como se puede mostrar en el gráfico. (Fig.27)

Entonces el área resistente es:

$$A = e r_1 + 2 (b - r_1) r_5 \quad [14a]$$

Esfuerzos de Corte Aplicado y Admisible

Para el cálculo de los esfuerzos de corte aplicados, se utiliza la teoría de la elasticidad, sabiendo que los esfuerzos de corte son proporcionales a la fuerza cortante aplicada sobre el área resistente (ecuación 15).

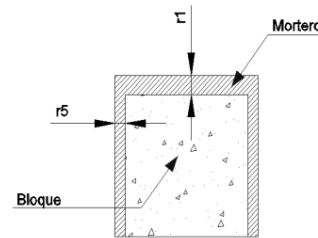


Fig. 27. "U" invertida. Corte A

$$\tau = \frac{V_t}{A} \quad [15]$$

$$V_t = A_i \cdot P_U \cdot e / 2 \quad [16]$$

$$A_i = H \cdot H_p \quad [16.a]$$

Dónde:

t: Esfuerzo de corte actuante

V_t: Fuerza de corte aplicada

A: Área resistente

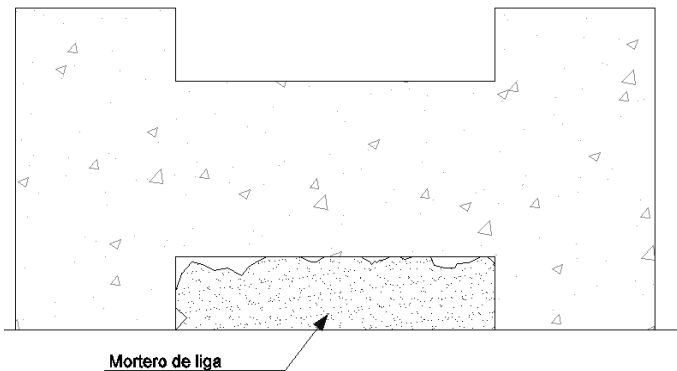


Fig. 26. Mortero de liga en primera hilada

Ai: Área de influencia en el elemento cargado
e: Espesor del elemento
H: Altura del alma del elemento (ver gráfico 1)
Hp: Altura de la mampostería

El valor calculado mediante la ecuación 15, se compara con el esfuerzo admisible del elemento.

Los elementos propuestos donde se verifique el cumplimiento de la relación 17, serán aceptados como resistentes a corte.

$$\tau \leq \frac{\tau_m}{FS} \quad [17]$$

Dónde:

t_m: Esfuerzo de corte resistente del mortero
FS: Factor de seguridad (≈ 1.5)

ANÁLISIS DEL MODO DE FALLA 2. APLASTAMIENTO

Área de influencia

Para analizar la falla por aplastamiento se utiliza la misma área de influencia calculada para la acción de corte mostrado en la **(Fig.23)**

Sección Resistente a Modo de Falla 2

La sección resistente al aplastamiento denominada como A_p, para el área de influencia utilizada se considera igual al alto del alma por el espesor del elemento (ecuación 18).

$$A_p = H \cdot e \quad [18]$$

Esfuerzos de Aplastamiento Aplicado y Admisible

El esfuerzo de aplastamiento aplicado se calcula con la ecuación 19.

$$\sigma_{ap} = \frac{F_{ap}}{A_p} \quad [19]$$

$$F_{ap} = A_i \cdot P_U \cdot e \quad [20]$$

Dónde:

σ_{ap} : Esfuerzo de aplastamiento actuante

F_{ap} : Fuerza de aplastamiento

A_p : Area resistente a aplastamiento

A_i : Area de influencia en el elemento cargado (ecuación 17)

De igual manera que en el numeral 3.1.3, el esfuerzo de aplastamiento actuante se comparan con el esfuerzo admisible del elemento y se verifican que se cumpla la siguiente relación:

$$\sigma_{ap} \leq \frac{\sigma_{ap_m}}{FS} \quad [21]$$

Dónde:

σ_{ap_m} : Esfuerzo de aplastamiento resistente del mortero

FS: Factor de seguridad (≈ 1.5)

ESFUERZOS DE CORTE Y APLASTAMIENTO ADMISIBLES

Para el cálculo de los esfuerzos admisibles se toman en cuenta las siguientes ecuaciones tomadas del ACI.

$$\tau = 0.5 \sqrt{f} \quad [22]$$

$$\sigma_{ap} = 0.6 f \quad [23]$$

Dónde f es la resistencia a los esfuerzos de compresión del mortero mostrado en la tabla 10.

TIPO DE MORTERO	f [kg/cm ²]
1:4	140

Tabla. 10. Resistencia a la compresión del mortero

CALCULO DE RESISTENCIA PARA DIFERENTES BLOQUES

Con la teoría anterior se procede a elaborar los cálculos respectivos para cada tipo de bloque de pómez, a fin de encontrar el más adecuado.

En cada uno de los elementos propuestos se realiza el cálculo de los esfuerzos actuantes, así como también su comparación con los esfuerzos admisibles; dichos resultados se resumen en las tablas 11 y 12 mostradas a continuación:

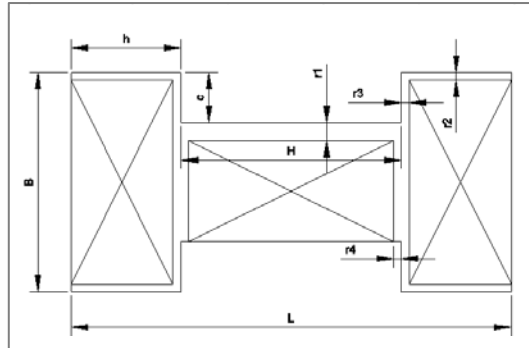


Fig. 28. Nomenclatura para las diferentes dimensiones.

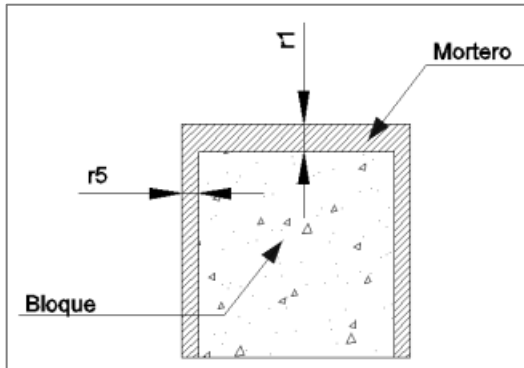


Fig. 29. Sección resistente a esfuerzos de corte

f 140,00 kg/cm²
 τ_m 5,92 kg/cm²
 σ_{apm} 84,00 kg/cm²
 Altura de pared Hp: 3 m

CALCULO Y COMPARACION ENTRE LOS ESFUERZOS ACTUANTES Y ADMISIBLES									
CODIGO	Area de influencia Ai (m ²)	RESISTENCIA AL CORTE				RESISTENCIA A APLASTAMIENTO			
		V τ	A	τ	COMPARACIÓN	Fap	Aap	σ_{ap}	COMPARACIÓN
		(kg)	cm ²	(kg/cm ²)	FS = 1.5	(kg)	cm ²	(kg/cm ²)	FS = 1.5
E7-001	1,92	127,66	102	1,25	Aceptado	255,32	704	0,36	Aceptado
E7-002	1,86	122,59	102	1,20	Aceptado	245,18	682	0,36	Aceptado
E7-003	1,62	98,35	102	0,96	Aceptado	196,70	594	0,33	Aceptado
E7-004	1,56	93,55	102	0,92	Aceptado	187,09	572	0,33	Aceptado
E7-005	1,92	126,03	91	1,38	Aceptado	252,06	704	0,36	Aceptado
E7-006	1,86	121,02	91	1,33	Aceptado	242,04	682	0,35	Aceptado
E7-007	1,62	96,86	91	1,06	Aceptado	193,73	594	0,33	Aceptado
E7-008	1,56	92,13	91	1,01	Aceptado	184,25	572	0,32	Aceptado
E10-001	1,92	146,50	108	1,36	Aceptado	293,01	896	0,33	Aceptado
E10-002	1,86	140,35	108	1,30	Aceptado	280,69	868	0,32	Aceptado
E10-003	1,62	109,91	108	1,02	Aceptado	219,82	756	0,29	Aceptado
E10-004	1,56	104,14	108	0,96	Aceptado	208,27	728	0,29	Aceptado
E10-005	1,92	144,12	94	1,53	Aceptado	288,23	896	0,32	Aceptado
E10-006	1,86	138,05	94	1,47	Aceptado	276,09	868	0,32	Aceptado
E10-007	1,62	107,73	94	1,15	Aceptado	215,46	756	0,29	Aceptado
E10-008	1,56	102,06	94	1,09	Aceptado	204,11	728	0,28	Aceptado
E12-001	1,92	159,07	112	1,42	Aceptado	318,13	1024	0,31	Aceptado
E12-002	1,86	152,18	112	1,36	Aceptado	304,36	992	0,31	Aceptado
E12-003	1,62	117,61	112	1,05	Aceptado	235,23	864	0,27	Aceptado
E12-004	1,56	111,20	112	0,99	Aceptado	222,39	832	0,27	Aceptado
E12-005	1,92	156,18	96	1,63	Aceptado	312,35	1024	0,31	Aceptado
E12-006	1,86	149,40	96	1,56	Aceptado	298,79	992	0,30	Aceptado
E12-007	1,62	114,98	96	1,20	Aceptado	229,95	864	0,27	Aceptado
E12-008	1,56	108,68	96	1,13	Aceptado	217,35	832	0,26	Aceptado

Tabla. 11. Capacidad Resistente para elementos con r5=20mm

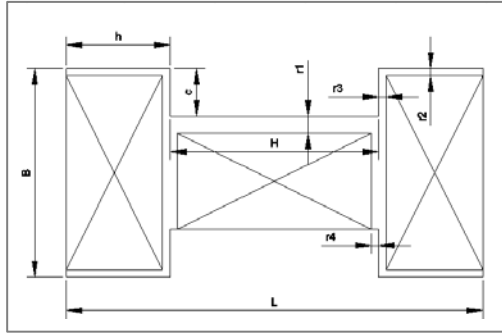


Fig. 30. Nomenclatura para las diferentes dimensiones.

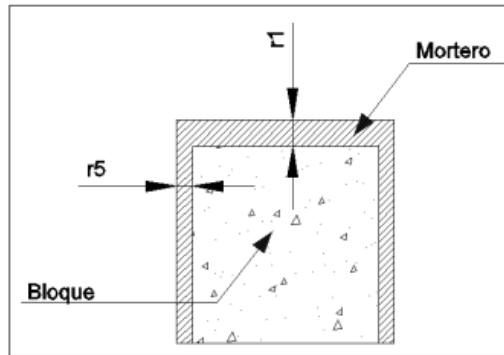


Fig. 31. Sección resistente a esfuerzos de corte.

f 140,00 kg/cm²
 τ 5,92 kg/cm²
 σ 84,00 kg/cm²
 Altura de pared Hp: 3 m

CALCULO Y COMPARACION ENTRE LOS ESFUERZOS ACTUANTES Y ADMISIBLES									
CODIGO	Area de influencia Ai (m ²)	RESISTENCIA AL CORTE				RESISTENCIA A APLASTAMIENTO			
		V τ (kg)	A (cm ²)	τ (kg/cm ²)	COMPARACIÓN FS = 1.5	Fap (kg)	Aap (cm ²)	σ (kg/cm ²)	COMPARACIÓN FS = 1.5
E7-001	1,92	89,26	58	1,54	Aceptado	178,52	576	0,31	Aceptado
E7-002	1,86	85,39	58	1,47	Aceptado	170,78	558	0,31	Aceptado
E7-003	1,62	65,95	58	1,14	Aceptado	131,90	486	0,27	Aceptado
E7-004	1,56	62,35	58	1,07	Aceptado	124,69	468	0,27	Aceptado
E7-005	1,92	87,63	49	1,79	Aceptado	175,26	576	0,30	Aceptado
E7-006	1,86	83,82	49	1,71	Aceptado	167,64	558	0,30	Aceptado
E7-007	1,62	64,46	49	1,32	Aceptado	128,93	486	0,27	Aceptado
E7-008	1,56	60,93	49	1,24	Aceptado	121,85	468	0,26	Aceptado
E10-001	1,92	108,10	64	1,69	Aceptado	216,21	768	0,28	Aceptado
E10-002	1,86	103,15	64	1,61	Aceptado	206,29	744	0,28	Aceptado
E10-003	1,62	77,51	64	1,21	Aceptado	155,02	648	0,24	Aceptado
E10-004	1,56	72,94	64	1,14	Aceptado	145,87	624	0,23	Aceptado
E10-005	1,92	105,72	52	2,03	Aceptado	211,43	768	0,28	Aceptado
E10-006	1,86	100,85	52	1,94	Aceptado	201,69	744	0,27	Aceptado
E10-007	1,62	75,33	52	1,45	Aceptado	150,66	648	0,23	Aceptado
E10-008	1,56	70,86	52	1,36	Aceptado	141,71	624	0,23	Aceptado
E12-001	1,92	120,67	68	1,77	Aceptado	241,33	896	0,27	Aceptado
E12-002	1,86	114,98	68	1,69	Aceptado	229,96	868	0,26	Aceptado
E12-003	1,62	85,21	68	1,25	Aceptado	170,43	756	0,23	Aceptado
E12-004	1,56	80,00	68	1,18	Aceptado	159,99	728	0,22	Aceptado
E12-005	1,92	117,78	54	2,18	Aceptado	235,55	896	0,26	Aceptado
E12-006	1,86	112,20	54	2,08	Aceptado	224,39	868	0,26	Aceptado
E12-007	1,62	82,58	54	1,53	Aceptado	165,15	756	0,22	Aceptado
E12-008	1,56	77,48	54	1,43	Aceptado	154,95	728	0,21	Aceptado

Tabla. 12. Capacidad Resistente para elementos con r5=10mm

ESPECIMEN DE PRUEBA

De los cálculos realizados (*tablas 11 y 12*) se escoge tres módulos para ser ensayados como testigos de prueba.

Testigo 1, al elemento E10-001 con recubrimiento de 20mm ($r_5=20\text{mm}$).

Testigo 2, al elemento E07-008 con recubrimiento de 10mm ($r_5=10\text{mm}$).

Testigo 3, al elemento E07-008 con recubrimiento de 10mm ($r_5=10\text{mm}$), con la variante que se prescinde del recubrimiento en el ala del elemento.

Luego de confeccionar cada uno de estos testigos se debe evaluar tanto su facilidad de manipulación, como su resistencia, esta evaluación nos permite seleccionar el módulo adecuado para la construcción de la mampostería.

ENSAYO DE MANIPULACIÓN

Para el ensayo de manipulación de los testigos modulares, se proyecta realizar movimientos que simulen la manipulación en obra.

- a) Se levanta el módulo desde los extremos.
- b) Se levanta el módulo desde un extremo.
- c) Se levanta el módulo desde el alma.

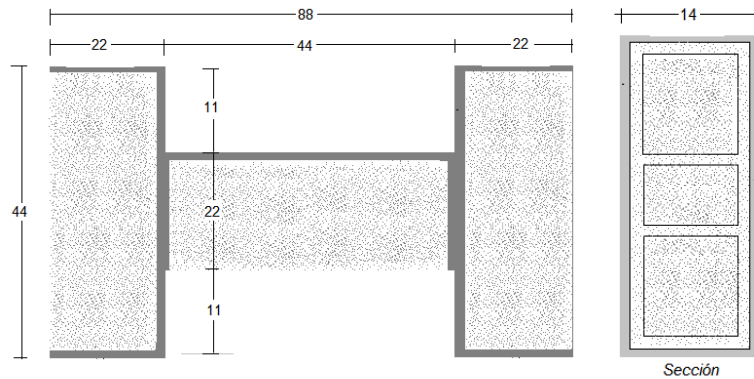


Fig. 32. Elemento E10-001. Con $r=20\text{mm}$

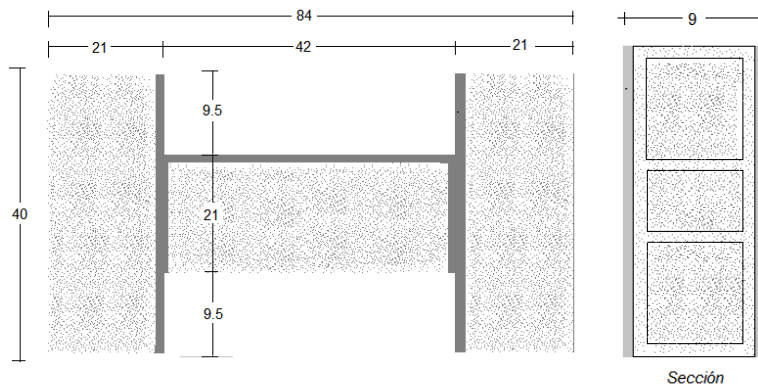


Fig. 33. Elemento E07-008. Con $r=10\text{mm}$. Sin recubrimiento en el ala.

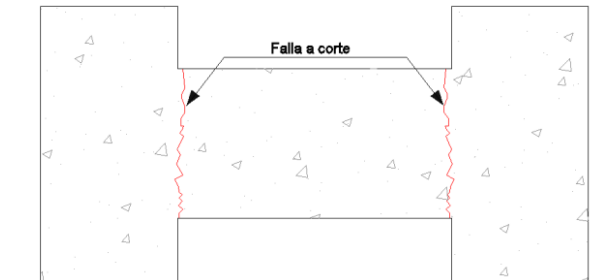


Fig. 34. Falla de corte.

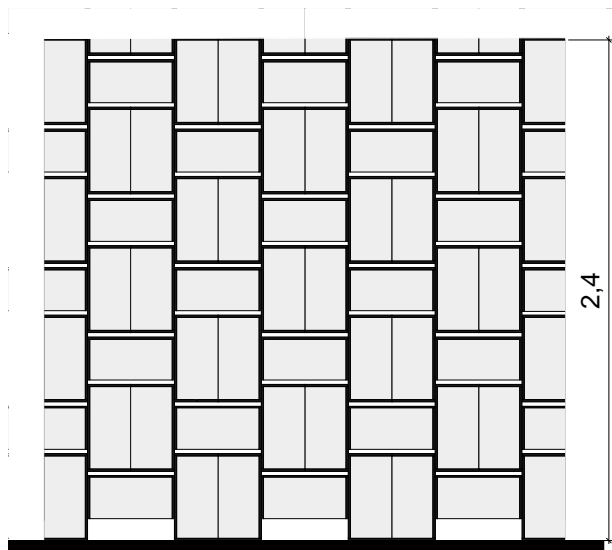


Fig. 35. Siete hiladas alcanzan una altura de 240mm.

ENSAYO DE CARGA PROGRESIVA

Al ser el espécimen propuesto un elemento nuevo en el mercado, para medir la capacidad de carga no se dispone del equipo adecuado que pueda acondicionarse a sus características.

Por esta razón se proyecta un ensayo que se ha denominado como ensayo de carga progresiva, que consiste en someter el elemento en análisis a cargas que van incrementándose de manera gradual, hasta conseguir su falla.

Se propone controlar la aplicación de carga mediante el uso de adoquines de hormigón que mantienen características físicas y geométricas similares entre uno y otro.

Puesto que la sección crítica de falla se encuentra en la junta de unión entre los bloques, la carga será colocada sobre el alma del elemento prefabricado. (Fig. 34)

Tomando en cuenta que al edificar la mampostería propuesta, con una altura promedio de 240cm, cada módulo de la primera fila estaría expuesto de manera general a la carga de siete elementos modulares (por la geometría de los módulos se requieren de siete filas para completar una altura promedio de 240cm); y, considerando que el peso promedio de cada módulo se estima en 55.5 kg para el testigo 1, y 22,3 kg para el testigo 2, (el testigo 3 es menor al 2), se concluye que la carga aproximada, soportada por cada elemento es de 388,5kg y 156,1kg respectivamente.

La prueba permitirá demostrar que los elementos modulares propuestos son capaces de soportar una carga mayor a las citadas.

3.4 DISEÑO DE MOLDE

Para confeccionar los elementos de prueba y posteriormente los que constituirán la mampostería, se requiere un molde que permita obtener la forma deseada.

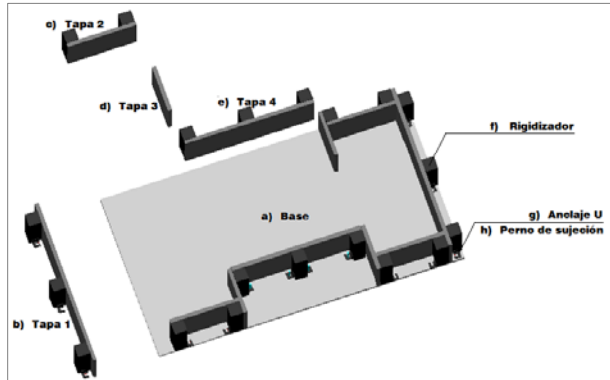


Fig. 36. Elementos constitutivos del molde.

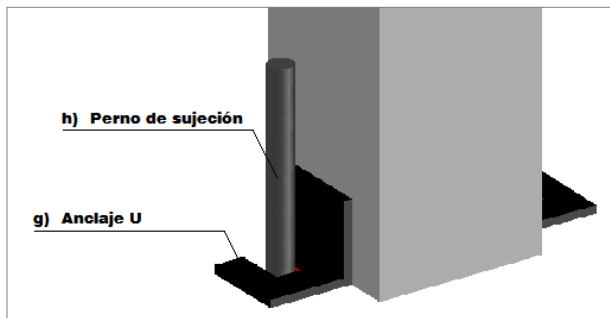


Fig. 37. Anclaje U.

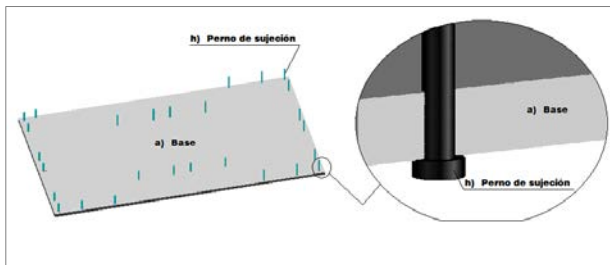


Fig. 38. Perno de sujeción.

Se opta por la madera contrachapada de 10mm de espesor, ya que su resistencia, durabilidad, facilidad de confección y calidad de acabado corresponden a lo requerido para la propuesta.

3.4.1 DIMENSIONES

Las dimensiones del molde estarán en función de las dimensiones que tendrá el módulo, así por ejemplo para el testigo 1 se tiene, un módulo de 0,88 de largo x 0,44 de ancho x 0,14cm de profundidad.

3.4.2 ELEMENTOS

Los elementos constitutivos del molde son:

- a) Base
- b) Tapas 1
- c) Tapa 2
- d) Tapa 3
- e) Tapa 4
- f) Rigidizador
- g) Anclaje U
- h) Perno de sujeción

El diseño del molde presenta un modelo en el cual cada uno de los elementos constitutivos se puedan unir y separar fácilmente permitiéndose así su reutilización y facilidad de encofrado y desencofrado.

a) Base

La base del molde del elemento se construye de madera contrachapada de 10mm de espesor.

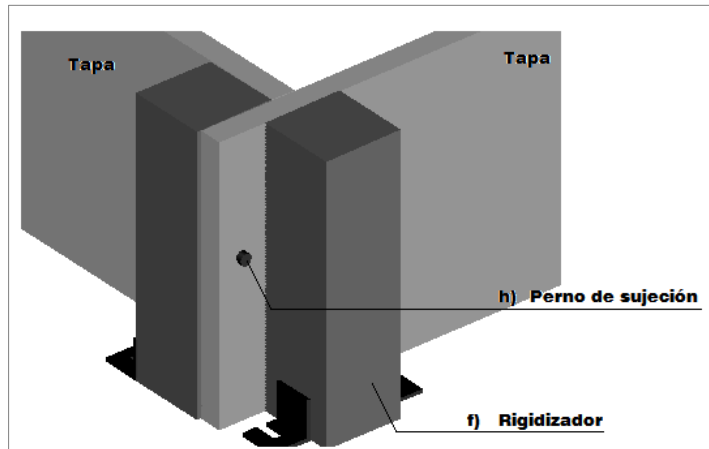


Fig. 39. Rigidizador del molde.

En este elemento se realizan perforaciones de 10mm de diámetro, en estas perforaciones desde la parte inferior se insertan los pernos de sujeción, dichos pernos sirven como empotramiento de las tapas a la base, de esta manera se impide desplazamientos de las tapas del encofrado y el consecuente error en las dimensiones del módulo.

b, c, d, e) Tapas tipo 1, 2, 3 y 4

Se distinguen, dependiendo de las dimensiones, cuatro tipos de tapas. Estos elementos se construyen en madera contrachapada y son los que dan la forma deseada al módulo.

Cada molde está formado por:

- 2 tapas tipo 1;
- 4 tapas tipo 2;
- 4 tapas tipo 3; y,
- 2 tapas tipo 4.

Las tapas tipo 1, 2 y 4 se confeccionan uniéndolas a los rigidizadores con clavos de 2 ½".

Las tapas disponen también de perforaciones de 10mm de diámetro, en las que se insertarán pernos de sujeción con las tapas colindantes.

f) Rigidizador

Los rigidizadores son tiras de madera de eucalipto de 4cm x 4cm de lado. Estos elementos se empotran en las tapas tipo 1, 2 y 4 dando rigidez a dichas tapas, eliminándose así posibles deformaciones que pueden suceder por la confección del módulo.

g) Anclaje U

Estos elementos son confeccionados por ángulos de acero de 20x20mm y 1mm de espesor.

Los anclajes U se disponen en cada uno de los rigidizadores y son los elementos que permiten que las tapas se empotren a la base.

h) Pernos de sujeción

Los pernos de sujeción son pernos de acero de 10mm de diámetro y 100mm de longitud.

Estos elementos se utilizan en las conexiones tapa-tapa y tapa-base.

Con este diseño propuesto se hace posible que el molde tenga un armado y desarmado fácil y rápido, además que permite la reutilización del material.

4. CONSTRUCCIÓN Y EXPERIMENTACIÓN

4.1 ELECCIÓN DE LOS MATERIALES PARA LA PROPUESTA

Debido a la oferta del mercado de la construcción, que brinda varias opciones en cuanto a materiales para la construcción de mampostería, se realiza una evaluación tanto cualitativa, referente a las características físicas, mecánicas; así como cuantitativa enfocada a la parte económica, todo esto a fin de conocer y determinar los materiales que se usarán en la construcción de la mampostería propuesta.

4.1.1 BLOQUE

En la ciudad de Azogues, encontramos tres principales sectores donde se implantan grupos de fábricas de bloques livianos o bloques de pómez, que en su mayoría poseen maquinaria semiautomática.

El grupo número uno, se encuentra en la parroquia Chacapamba, allí se pueden adquirir bloques de hasta 7cm de espesor.

El segundo grupo se ubica en la parroquia Bayas, en donde se encuentran 6 fábricas productoras, entre artesanales e industriales. Se expiden diariamente cientos de bloques de 10,12 y 15 cm de espesor.

En la zona central de la ciudad se encuentran dos fábricas pequeñas productoras de bloque de 12 y 15cm de espesor. Estas se han clasificado en el grupo número tres.


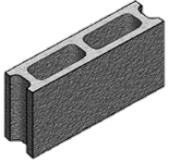
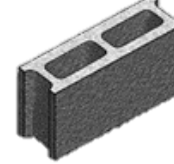
	BLOQUE e=0,07m	BLOQUE e=0,10m	BLOQUE e=0,12m
IMAGEN			
PESO (kg)	1.5	2	2.5
RESISTENCIA (kg/cm ²)	25,49	25,49	25,49
COSTO (\$)	0,4	0,42	0,45

Tabla. 13. Características de bloques de pómez según su espesor.

Para determinar el tipo de bloque según sus dimensiones, se analizaron 3 alternativas que se ofertan (7cm, 10cm, 12cm), comparando: peso, espesor, resistencia y costo. (**Tabla 13**).

Con esta clasificación y comparación se determina que los bloques de 10cm y 7cm, resultan más convenientes para la propuesta, debido a sus ventajas en cuanto a costo y peso.

4.1.2 MORTERO DE PEGA Y DE RECUBRIMIENTO

Para determinar el tipo de mortero de pega y recubrimiento se analizan las posibilidades disponibles en el mercado de acuerdo a la clasificación según la normativa descrita en el capítulo 2. Descartando posibilidades de acuerdo a las resistencias que ofrecen y a los costos que demanden.

De acuerdo al cuadro 6 cap. 2. Guía para la selección del mortero INEN. Para la propuesta se proyecta utilizar un mortero tipo S, con una dosificación 1:3 a 1:4. De acuerdo a los resultados que arrojen los ensayos, si se necesitaren mejores resistencias se puede optar por el tipo M.

Para aumentar la adherencia, se adiciona un aditivo adecuado para este fin.

4.1.3 ADITIVO

La marca Sika, dispone de una amplia gama de aditivos para mortero. Entre ellos los más opcionados tenemos: Sika Latex "Sika Látex es un aditivo elaborado con base a una emulsión de elastómeros, que adicionada al mortero de cemento, mejora sus propiedades, especialmente la adherencia. La lechada de adherencia confeccionada con Sika Látex se utiliza para unir mortero

fresco con hormigón o mortero endurecido. “SikaTop 77 es un aditivo líquido que mejora las propiedades físicas y químicas de los morteros e incrementa su adherencia.” Para requerimientos más fuertes, tenemos “Sika ViscoBond es un aditivo líquido concentrado, diseñado para mejorar la adherencia de productos cementosos tanto en aplicaciones interiores como exteriores. Mejora la impermeabilidad, la trabajabilidad, la resistencia a tracción, a flexión y la adherencia tanto de morteros como de hormigones”³⁵.

Para el primer ensayo se utilizó el aditivo SikaTop 77, a fin de mejorar las propiedades físicas del mortero así como su adherencia. Otro factor que determinó su utilización fue la disponibilidad en el mercado local.

4.2 MACRO ELEMENTO MODULAR TIPO

Con los materiales seleccionados se elaboran tres módulos testigo para efectuar las pruebas de resistencia y de facilidad de manipulación.

4.2.1 RECURSOS

Para la construcción del elemento modular se requieren los siguientes recursos:

4.2.1.1 MATERIALES

- Bloque de pómez de 7cm y 10cm de espesor.
- Mortero tipo S con resistencia de 127 kg/cm² según norma ASTM.

³⁵ www.ecu.sika.com/es/solutions_products/productos-sika-construccion/reparacion-de-concreto/02a002sa01.html



Foto.10. Piezas laterales.



Foto.11. Armado de piezas laterales.



Foto.12. Anclaje U.



Foto.13. Pernos de ensamble.



Foto.14. Armado de piezas laterales.



Foto.15. Molde terminado.

- Aditivo para morteros; de tipo E, según la norma ASTM-C494, Reductor de agua – acelerante.

4.2.1.2 EQUIPO Y HERRAMIENTA

Se utilizan las herramientas manuales y equipo descritas en la siguiente tabla.

EQUIPO		HERRAMIENTA	
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	Concreteira	1	Pala
1	Amoladora	1	Bailejo
1	Taladro	1	Playo
		1	Martillo

Tabla. 14. Equipo y herramienta para confección del molde.

4.2.1.3 MANO DE OBRA

Tratándose de un primer ensayo se trabaja con dos personas: un Albañil y un Ayudante de albañilería.

4.2.2 CONFECCION DEL MOLDE

Con los detalles descritos en el capítulo anterior, se confeccionan cada uno de los elementos que constituyen los moldes de cada uno de los tres testigos de prueba. (Fotos 10-15).



Foto.16. Elaboración del mortero



Foto.17. Primera capa de recubrimiento.



Foto.18. Colocación de los bloques de pómez.

El tiempo promedio utilizado para la construcción de cada molde fue de 3 horas.

4.2.3 CONFECCION DEL ELEMENTO MODULAR

Una vez confeccionados los elementos del molde se procede a su armado y aplicación de emulsión desmoldante para facilitar el desencofrado.

Ubicando al molde en un lugar completamente horizontal, se inicia el proceso de elaboración del mortero de dosificación 1:3, para el cual se utilizó arena, cemento, agua y aditivo.

El proceso de mezcla del mortero se realizó en concretera de un saco, durante 3 minutos. El control de la dosificación de los materiales se efectuó por medio de parihuelas de 30cm x 30cm x 30cm.

Para la colocación de los bloques y el mortero en cada molde, se procede de la siguiente manera:

1. Se vierte una primera capa de mortero de revestimiento con el espesor necesario según el testigo de prueba (20mm para el testigo 1, y 10mm para los testigos 2 y 3). **(Foto. 17.)**

2. Seguidamente, sobre la primera capa se colocan los bloques, evitando ejercer demasiada presión para que estos no penetren sobre la primera capa. **(Foto. 18)**

La colocación de los bloques se realiza como se indicó en el capítulo de diseño:

Los bloques se colocan asimétricamente, dejando la cara hueca pegada al encofrado, es decir este lado no tiene recubrimiento, este



Foto.19. Bloques colocados en el molde.



Foto.20. Segunda capa de revestimiento.



Foto.21. Extracción de aire mediante golpes con martillo de goma.

procedimiento facilita el trabe entre los diferentes módulos en el momento de construir la pared a la vez que se evita que el mortero llene este espacio vacío aumentando el peso y la cantidad de material innecesario.

Como primera solución al inconveniente de que los espacios huecos de los bloques sean llenados con mortero, se coloca material de relleno liviano, en este caso se usa el papel proveniente de las fundas de cemento.

3. Se procede a verter el mortero en las juntas, este proceso se realiza en capas y golpeando suavemente el molde con un martillo de goma. Este proceso se realiza para evitar que existan burbujas de aire en la junta. **(Foto. 21)**

La existencia de burbujas de aire en el interior del elemento, causan una reducción de la resistencia del elemento y una redistribución de tensiones en el interior que no estarían conforme con el planteamiento del capítulo tres.

Es por ello que la consistencia del mortero es fundamental para lograr cubrir completamente las juntas.

4. Finalmente se coloca la segunda capa de mortero de revestimiento, controlando que el espesor sea constante y evitando presionar demasiado, para que no se altere la capa de revestimiento colocada inicialmente. **(Foto. 20)**

Una vez colocado el segundo revestimiento, se realiza un alisado, que consiste en pasar la llana hasta obtener una superficie lisa, para dotarle un acabado arquitectónico, recordando que la mampostería que se construya con estos módulos no requiere de enlucido. **(Foto. 22.)**

5. Para evitar la pérdida de humedad por fraguado inicial se coloca plástico recubriendo el molde.



Foto.22. Alisado.

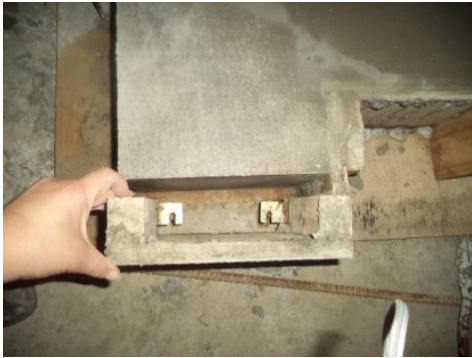


Foto.23. Desencofrado.



Foto. 24. Desencofrado

A fin de obtener una buena resistencia del elemento, este se dejó a la sombra durante 28 días, luego de los cuales se procedió con el desencofrado del elemento. (Fotos. 23 y 24)

4.2.3.1 EXAMEN VISUAL DE LOS MODULOS

Luego de transcurridos los 28 días se procede a desencofrar las piezas. Cabe indicar que la actividad se realiza con facilidad, excepto por pequeños restos de mortero que habían quedado sin limpiar, hubo entonces que retirarlos con un cincel y martillo. Se toma nota de este inconveniente para evitarlo en futuros ensayos.

Al terminar el desencofrado del módulo se pudo observar lo siguiente:

- Existe humedad en la base, ello implica que el agua se mantuvo durante todo el proceso de fraguado del elemento.
- Excelente acabado al apreciarse una superficie lisa y regular de las caras del elemento, así como filos regulares. (Foto.23.).
- El mortero no ingreso en el espacio vacío de los bloques de pómez, cumpliéndose la concepción planteada. (Foto.25 y26)

4.2.3.2 ENSAYOS

Los ensayos que se efectúan están basados en la idea inicial de que estos módulos se constituyen como elementos de una mampostería de relleno, no estructural, en tal virtud se realizan pruebas de manipulación y de resistencia ante carga vertical.

ENSAYO DE MANIPULACIÓN

El ensayo por manipulación se realiza al momento de movilizar el elemento del lugar donde fue confeccionado al lugar en donde se efectúa el ensayo de carga progresiva. En este trayecto el elemento fue expuesto a varias acciones como son levantamiento de la base



Foto. 25. Elemento modular terminado.



Foto. 26. Espacios vacíos sin presencia de mortero.



Foto. 27. Ensayo de manipulación.

del molde, levantamiento, transporte e instalación en el sitio de ensayo a carga. **(Foto.27.)**

De este ensayo se pudo observar lo siguiente:

- a) El testigo 1 (elemento E10-001) no permite una fácil manipulación. Es muy pesado, ello implica que deba ser manipulado entre dos personas.
- b) Los testigos 2 y 3 (elementos E07-008 y E07-008 con variante) son mucho más livianos que el primero, lo que permiten ser manipulados por una sola persona.

En conclusión de lo observado el testigo 1, es eliminado, y no entra en el siguiente ensayo, por no permitir facilidad en el trabajo.

ENSAYO DE CARGA PROGRESIVA

Para iniciar el ensayo se procedió a pesar 100 adoquines, colocando en cada uno un adhesivo con su respectivo peso, ya que existe una variación aproximada del 1% entre uno y otro. De esta manera se podrá obtener un valor de carga apegado a la realidad, sumando los adoquines utilizados. **(Foto. 28.)**

Los testigos de prueba ensayados fueron capaces de resistir más de 500kg de carga sin presentar alteración alguna. **(Foto. 29.)**

Esta carga registrada, es mayor que la carga a la cual estarían expuestos dichos elementos al formar parte de una mampostería de relleno, 156,1kg (cap 3).

En conclusión los testigos 2 y 3 son capaces de resistir las cargas verticales propias de la mampostería.

4.3 CONSTRUCCIÓN DE LAS MAMPOSTERÍAS

4.3.1 PROPUESTA

Con los resultados obtenidos de los ensayos a cada testigo de prueba, se elige, para la construcción de la mampostería propuesta, el testigo número 3, ya que es el de menor peso (17kg) frente al testigo 2 (22,3kg).



Foto. 28. Pesaje de adoquines.



Foto. 29. Ensayo de carga progresiva.

Las características de este elemento son:

Volumen de mortero = 0.0626 m³ / módulo

Peso por módulo = 17 kg

Peso unitario de mampostería = 738 kg/m³

Peso lineal de mampostería (para 240cm de alto) = 159.41 kg/ml

Para la construcción de las dos mamposterías de prueba, se requiere la cantidad de treinta y tres módulos. Tomando en cuenta que las dimensiones de las paredes va a ser de 273cm. x176cm.

El procedimiento constructivo consta de las siguientes etapas:

- Confección de moldes para la elaboración de módulos.
- Construcción en serie de módulos.
- Acondicionamiento del terreno en donde se implantará la mampostería.
- Construcción de la estructura de apoyo para efectuar los ensayos.
- Construcción de mampostería.

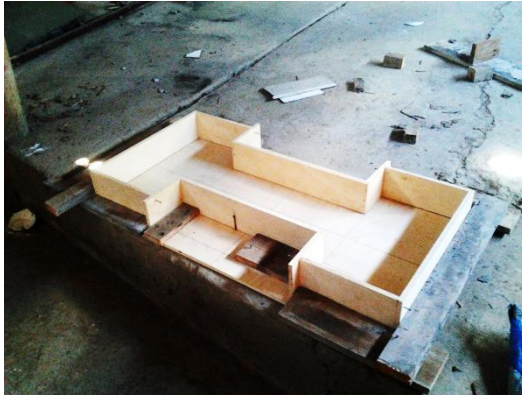


Foto. 30. Molde para elemento tipo 3.



Foto. 31. Bases de moldes para elemento tipo 3.



Foto. 32. Macro elementos modulares tipo 3 terminados.

4.3.1.1 CONFECCIÓN DE MOLDES PARA LA ELABORACIÓN DE MÓDULOS

Para la producción en serie de los módulos, se confecciona trece moldes reutilizables.

La confección de estos moldes es similar a la que se describió en el Ítem 4.2. Con la variante que al ser menor el espesor del elemento, se reduce el espesor de la plancha de madera contrachapada y se reemplazan los anclajes U, por tacos de madera.

4.3.1.2 CONSTRUCCIÓN EN SERIE DE MÓDULOS

Se planifica en tres jornadas de trabajo, en los cuales se producen trece módulos diarios.

La confección de los módulos se realiza de la misma manera a la descrita en el capítulo 4.2.

Cada grupo de módulos obtenidos se almacenan por 28 días en un lugar fresco envueltos en plástico para evitar la pérdida de humedad.

Adicionalmente se construyen dos módulos más por posibles roturas o daños.

4.3.1.3 ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO EN DONDE SE IMPLANTARÁ LA MAMPOSTERÍA

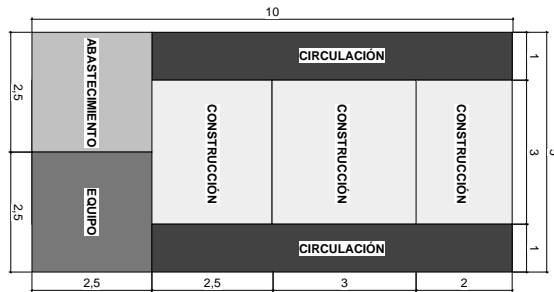


Fig. 40. Distribución del espacio de trabajo para el ensayo de la mampostería.

Para efectuar el ensayo de construcción se escogió un lote privado en la ciudad de Azogues, que cuenta con los servicios de agua, luz, alcantarillado y accesibilidad.

Se consideró un área de terreno de 50m². Con dimensiones de 10m x 5m. Distribuido en 4 zonas: construcción, circulación, equipo, abastecimiento. (Fig. 40.)

Fue necesario realizar actividades de desbroce, limpieza y nivelación del terreno, con el fin de contar con una superficie idónea de trabajo.

4.3.1.4 CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE APOYO PARA EFECTUAR LOS ENSAYOS.

De acuerdo a lo propuesto para la edificación de las dos muestras de cada sistema, el tradicional y el propuesto, Se construye una estructura de madera con base de hormigón simple.



Foto 33. Estructura de apoyo.

En el lote escogido para la construcción de la prueba, se traza un cuadrado de 3m de lado. En cada arista se implanta una columna de madera de 2m. Para lo cual se realiza una excavación de 70 cm de profundidad, en su base se funde un dado de hormigón de 0.4 cm x 0.4 cm x 0.35cm para transmitir las cargas de la estructura al suelo. (Foto. 33.)

Una vez levantadas las columnas, con la ayuda de un encofrado metálico se colocó una base de 10cm de espesor, de hormigón simple y con una resistencia de 180kg/cm², esta servirá para que la mampostería se levante sobre una base fija.



Foto. 34. Primera hilada de la mampostería propuesta.



Foto. 35. Mampostería propuesta en proceso de construcción.



Foto. 36. Mampostería propuesta.

4.3.1.5 CONSTRUCCIÓN

El mortero de pega utilizado en las mamposterías propuestas es el mismo que el empleado para la mampostería convencional. Según el diseño, tiene una proporción de 1:4.

El batido se realiza del mismo modo que para el método convencional, y es transportado en carretilla. Se mezclan durante 3 minutos, los materiales secos (cemento y arena) de acuerdo a la proporción establecida. Se adiciona el agua con el aditivo disuelto y se bate por 3 minutos más hasta obtener una mezcla homogénea y de consistencia plástica.

Para la construcción de la mampostería propuesta se colocan uno a uno los módulos, tal como se haría con el bloque convencional.

Para levantar la primera hilada, luego de trazar niveles con piola, se colocó una capa de mortero de 2cm de espesor, sobre la base de hormigón, justo en el área donde se va a asentar el elemento modular. Una vez colocada la pieza, esta es maniobrada hasta quedar estable. Se utilizó herramienta manual para controlar la verticalidad y horizontalidad de las piezas y del conjunto.

El proceso por cada pieza, en la primera hilada, duró un promedio de 1,5 minutos. Se debe considerar que al ser un sistema constructivo nuevo para el albañil, le toma más tiempo colocar los primeros elementos. Esto se comprueba más adelante al registrar el tiempo en una etapa más avanzada de la construcción de la mampostería.

Las siguientes hiladas se levantaron colocando una capa de mortero de 2cm de espesor, en los encuentros horizontales.

Los elementos prefabricados se fueron trabando de acuerdo al diseño propuesto.



Foto. 37. Elemento modular cortado con amoladora.



Foto. 38. Mampostería propuesta construida.



Foto. 39. Construcción de mampostería tradicional.

Los remates de los traveses son resueltos con piezas a medida. Esto se obtuvo cortando los módulos con la amoladora; al realizar los cortes no se notaron daños ni deformaciones en las piezas. **(Foto. 37.)**

Como resultado se obtiene una pared maciza con un acabado liso y regular. Adicionalmente la trama obtenida podría convertirse en un componente estético. **(Foto. 38.)**

4.3.2 TRADICIONAL

La construcción de las paredes de bloque con el método tradicional se realizó sin inconvenientes.

Sobre el terreno acondicionado para las mamposterías se construye dos paredes, aplicando los procedimientos tradicionales.

Estas paredes son de bloque de pómez de 10cm de espesor, 270cm de longitud y 180cm de altura. **(Foto. 39.)**

Las mamposterías tradicionales construidas son enlucidas en sus dos caras.

4.3.3 ENSAYO DE DEFORMACIÓN

De acuerdo a la planificación detallada en el capítulo 3, se ensayan las mamposterías otorgando una carga vertical con la ayuda de una gata hidráulica, con el fin de simular una deformación.

Para ello se requiere dejar libre una esquina inferior de la mampostería, lo suficiente para que se introduzca la gata. Este proceso se lo realiza picando la base de hormigón mientras se estabiliza con apoyos para evitar alteraciones.

El primer par de mamposterías ensayadas son las construidas con el método tradicional. En ella se traza una línea horizontal con la ayuda de piola y nivel.



Foto. 40. Fuerza vertical aplicada con gata hidráulica.

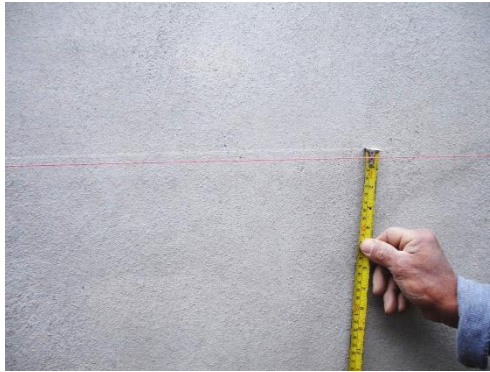


Foto. 41. Deformación de 13mm. Mampostería tradicional.



Foto. 42. Longitud desde la columna de apoyo hasta donde inicia la falla.

Luego se introduce la gata y se aplica la carga. **(Foto. 40.)** Con la ayuda de una piola a nivel se mide la deformación, que es la distancia entre la línea trazada inicialmente sobre la pared y la línea formada por la piola nivelada. La deformación se la mide sobre el punto de aplicación de la carga. **(Foto. 41)**

Los datos obtenidos se registran en la siguiente tabla:

MAMPOSTERÍA	LONGUITUD DESDE LA COLUMNA DE APOYO HASTA EL PUNTO DE APLICAIÓN DE LA FUERZA	DEFORMACIÓN	OBSERVACIÓN
TRADICIONAL 1	2.46	5mm	No se aprecia falla
TRADICIONAL 1	2.46	13mm	Primera grieta visible (1mm)
TRADICIONAL 1	2.46	13mm	Crecimiento de la primera grieta visible (2mm)
TRADICIONAL 2	2.46	5mm	No se aprecia falla
TRADICIONAL 2	2.46	12mm	Primera grieta visible (1mm)
TRADICIONAL 2	2.46	15mm	Crecimiento de la primera grieta visible (2mm)

Tabla. 15. Datos registrados en el ensayo de la mampostería tradicional.



Foto. 43. Fuerza vertical aplicada con gata hidráulica.

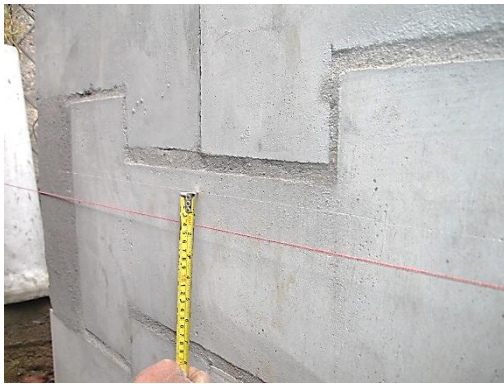


Foto. 44. Deformación de 40mm. Mampostería propuesta.



Foto. 45. Falla en mampostería propuesta. Con 40mm de deformación.

La falla visible se presenta con un promedio de 11.5mm de deformación y a 70cm de la columna de apoyo. Las grietas tienen un espesor de entre 1 a 2mm. (Foto. 44.)

Para ensayar la mampostería propuesta se aplica el mismo procedimiento. Una vez marcada la línea horizontal sobre la superficie de la mampostería y sustituido el apoyo del extremo por la gata. Se procede a generar la deformación. Obteniendo los siguientes resultados:

MAMPOSTERÍA	LONGUITUD DESDE LA COLUMNA DE APOYO HASTA EL PUNTO DE APLICACIÓN DE LA FUERZA	DEFORMACIÓN	OBSERVACIÓN
PROPUESTA 1	2.46	5mm	No se aprecia falla
PROPUESTA 1	2.46	12mm	No se aprecia falla
PROPUESTA 1	2.46	25mm	No se aprecia falla
PROPUESTA 1	2.46	30mm	Primera grieta visible (1mm)
PROPUESTA 1	2.46	40mm	Extensión de la grieta visible (2mm)
PROPUESTA 2	2.46	5mm	No se aprecia falla
PROPUESTA 2	2.46	15mm	No se aprecia falla
PROPUESTA 2	2.46	20mm	No se aprecia falla
PROPUESTA 2	2.46	30mm	Primera grieta visible (1mm)
PROPUESTA 2	2.46	40mm	Extensión de la grieta visible (2mm)

Tabla. 16. Datos registrados en el ensayo de la mampostería propuesta.

Se aprecia que la mampostería propuesta presenta la primera falla visible a los 30mm de deformación, un valor mayor al de la mampostería tradicional.



Foto. 46. Mampostería de bloque de pómez propuesta.

5. COMPARACIÓN ENTRE LA MAMPOSTERÍA DE BLOQUE DE PÓMEZ, MEDIANTE LA PREFABRICACIÓN DE MACRO ELEMENTOS MODULARES CON LA MAMPOSTERÍA TRADICIONAL

5.1 RENDIMIENTOS Y COSTOS

Se registran el tiempo y los recursos empleados en la construcción de cada una de las mamposterías propuestas, esta información permitirá calcular el costo unitario por construcción y el tiempo de ejecución. Estos valores calculados son comparados con el costo y el tiempo que implica la construcción de la mampostería de bloque enlucida en sus dos caras.

5.1.1 RENDIMIENTOS REGISTRADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA MAMPOSTERÍA PROPUESTA

5.1.1.1 MANO DE OBRA

Durante todo el proceso de confección de moldes, módulos y construcción de mampostería intervienen dos personas: un albañil y un ayudante. Los tiempos empleados en cada proceso de construcción son:

PROCESO	HORA INICIO	HORA FIN	TOTAL HORAS JORNAL	TIEMPO TOTAL EJECUTADO
Confección de molde			2.0 días	
Día 1	10:00	17:00	6 horas	10.72 Horas ≈ 1.34 Días
Día 2	8:00	12:43	4.72 horas	
Construcción de módulo			3.0 días	
Día 1	8:00	10:00	3 horas	8 Horas ≈ 1 Día
Día 2	8:00	10:00	2.5 horas	
Día 3	8:00	11:21	2.5 horas	
Construcción de mamposterías			1.0 día	
Día 1	8:00	11:33	3.55 horas	3.55 Horas ≈ 0.44 Días

Tabla. 17. Rendimientos registrados en la construcción de la mampostería propuesta.

5.1.1.2 MATERIALES

Los materiales utilizados en cada uno de los procesos para la construcción de la mampostería se detallan a continuación:

Materiales en la Confección de Molde

Tablero de madera contrachapada, e=10mm. (242cm x 124cm)	3,3 Unidades
Tiras de madera 4cm x 4cm. (L=3.00 mts)	4 Unidades
Clavos de 1/2"	

Clavos de 1 1/2"	2 Libras
	2 Libras

Tabla. 18. Materiales para la confección del molde.

Materiales en la confección del Elemento Modular o Módulo.

Cemento	6 Sacos
Arena	0.648 m3
Aditivo Plastificante, (2kg)	1 Unidad
Agua	120 litros
Bloque de pómez e=7cm	92 Unidades

Tabla. 19. Materiales para la confección del Elemento Modular

Materiales en la Construcción de Mampostería Propuesta.

(2 Mamposterías de 3m de largo y 1,8m de alto).

Cemento	1 Saco
Arena	0,15 m3
Elemento modular	30 nidades

Tabla. 20. Materiales para la confección de la Mampostería Propuesta.

5.1.1.3 EQUIPO

De manera general se emplea herramienta menor, el costo por este rubro se asume igual al 5% del costo de la mano de obra³⁶.

El equipo empleado para la construcción del elemento propuesto es el descrito a continuación:

Equipo empleado en la Confección de Molde

Equipo	Tarifa Alquiler	Tiempo
Amoladora	2.00 usd / día	1.34 días

Tabla. 21. Equipo empleado en la confección del molde.

Equipo empleado en la confección del Módulo

Equipo	Tarifa Alquiler	Tiempo
Concretera	25.00 usd / día	1.6 horas ≈ 0.2 días

Tabla. 22. Equipo empleado en la confección del módulo.

5.1.2 CALCULO DEL COSTO Y RENDIMIENTO UNITARIO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MAMPOSTERÍA PROPUESTA.

5.1.2.1 COSTO UNITARIO

Para calcular el costo unitario de construcción de la mampostería propuesta, se deben distinguir las tres etapas del proceso:

³⁶ Dato obtenido por sondeo.

1. Confección de Moldes
2. Confección de Módulos
3. Construcción de Mampostería

El costo unitario para la construcción de la mampostería es función del costo unitario para la confección de módulos, y este último a la vez es dependiente del costo unitario por confección de moldes.

Así entonces se elaboran tres costos unitarios, uno para cada etapa del proceso de construcción de la mampostería.

Para el cálculo de cada costo unitario se toma como referencia el costo total incurrido en la confección del volumen total de elementos.

CALCULO DE COSTO UNITARIO

RUBRO: MOLDE				
NUMERO DE MOLDES:		13 UNIDADES		
COSTO DE MATERIALES				
MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Tablero de madera contrachapada, e=10mm. (242cm x 124cm)	U	3,3	\$ 18,75	\$ 61,88
Tiras de madera 4cm x 4cm. (L=3.00 mts)	U	4	\$ 1,20	\$ 4,80
Clavos de 1/2"	Lb	2	\$ 1,35	\$ 2,70
Clavos de 1 1/2"	Lb	2	\$ 1,35	\$ 2,70
A.- COSTO DE MATERIAL:				\$ 72,08
COSTO DE MANO DE OBRA				
OBRERO	JORNAL DIARIO	DIAS	COSTO TOTAL	
Carpintero	\$ 30,14	1,34	\$ 40,38	
Ayudante de carpintero	\$ 21,70	1,34	\$ 29,07	
B.- COSTO DE MANO DE OBRA				\$ 69,46
COSTO DE HERRAMIENTA Y EQUIPO				
OBRERO	ALQUILER	DIAS	COSTO TOTAL	
Herramienta menor (5% de Mano de Obra)			\$ 3,47	
Amoladora	\$ 2,00	1,34	\$ 2,68	
C.- COSTO DE HERRAMIENTA Y EQUIPO				\$ 6,15
D.- COSTO TOTAL (A + B + C)				\$ 147,68
E.- COSTO POR MOLDE (D/ Número de moldes confeccionados)				\$ 11,36
F.- Número de usos				20,00
G.- COSTO POR MOLDE (E / F)				\$ 0,57

Tabla. 23. Costo unitario del molde.

CALCULO DE COSTO UNITARIO

RUBRO: ELEMENTO MODULAR				
NUMERO DE ELEMENTOS		32,66 UNIDADES		
COSTO DE MATERIALES				
MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Cemento	saco	6,532	\$ 6,65	\$ 43,44
Arena	m3	0,705456	\$ 17,86	\$ 12,60
Aditivo Plastificante, (2kg)	u	1	\$ 2,94	\$ 2,94
Agua	lt	130,64	\$ 0,00	\$ 0,04
Bloque de pomez e=7cm	u	97,98	\$ 0,36	\$ 34,99
A.- COSTO DE MATERIAL:				\$ 94,01
COSTO DE MANO DE OBRA				
OBRAERO	JORNAL DIARIO	DIAS	COSTO TOTAL	
Albañil	\$ 30,14	1,00	\$ 30,14	
Oficial	\$ 19,89	1,00	\$ 19,89	
B.- COSTO DE MANO DE OBRA				\$ 50,02
COSTO DE HERRAMIENTA Y EQUIPO				
OBRAERO	ALQUILER	DIAS / ELEMENTOS	COSTO TOTAL	
Herramienta menor (5% de Mano de Obra)			\$ 2,50	
Concreteira	\$ 25,00	0,2	\$ 5,00	
Molde	\$ 0,57	32,66	\$ 18,55	
C.- COSTO DE HERRAMIENTA Y EQUIPO				\$ 26,05
D.- COSTO TOTAL (A + B + C)				\$ 170,09
E.- COSTO POR ELEMENTO MODULAR (D/ Número de elementos)				\$ 5,21

Tabla. 24. Costo unitario del Macro elemento modular.

CALCULO DE COSTO UNITARIO

RUBRO: PARED DE MAMPOSTERIA PROPUESTA				
AREA CONSTRUIDA		9,61 M2		
COSTO DE MATERIALES				
MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Cemento	saco	1	\$ 6,65	\$ 6,65
Arena	m3	0,15	\$ 17,86	\$ 2,68
Elemento modular	u	32,66	\$ 5,21	\$ 170,09
A.- COSTO DE MATERIAL:				\$ 179,41
COSTO DE MANO DE OBRA				
OBRAERO	JORNAL DIARIO	DIAS	COSTO TOTAL	
Albañil	\$ 30,14	0,444	\$ 13,39	
Ayudate de albañil	\$ 21,70	0,444	\$ 9,64	
B.- COSTO DE MANO DE OBRA				\$ 23,04
COSTO DE HERRAMIENTA Y EQUIPO				
OBRAERO	ALQUILER	DIAS / ELEMENTOS	COSTO TOTAL	
Herramienta menor (5% de Mano de Obra)			\$ 1,15	
C.- COSTO DE HERRAMIENTA Y EQUIPO				\$ 1,15
D.- COSTO TOTAL (A + B + C)				\$ 203,60
E.- COSTO POR M2 DE PARED				\$ 21,19

Tabla. 25. Costo unitario de la mampostería propuesta.

5.1.2.2 RENDIMIENTO UNITARIO

Con los registros obtenidos en la confección de los moldes, módulos y construcción de la mampostería se elabora la siguiente tabla de cálculo para los rendimientos unitarios:

PROCESO	TIEMPO (días)	VOLUMEN EJECUTADO	RENDIMIENTO UNITARIO	
	[a]	[b]	[a / b]	[b / a]
Confección de molde	1.34	13 Moldes	0.1030 días / molde	9.7014 moldes / día
Construcción de módulo	1.00	32.66 Módulos	0.0306 días / módulo	32.66 módulos / día
Construcción de mamposterías	0.444	9.61 m ²	0.0462 días / m ²	21.64 m ² / día

Tabla. 26. Cálculo para rendimientos unitarios.

Hay que denotar que la mampostería propuesta, al ser un nuevo método constructivo para el personal obrero encargado, los rendimientos registrados son mayores a los que se pueden obtener cuando dicho personal adquiera mayor experiencia.

El nuevo sistema constructivo propuesto, permite organizar la construcción de tres maneras diferentes, para cada una de las cuales se calculan los rendimientos de construcción:

a) Rendimiento considerando desde la confección del molde:

La confección del molde toma 0,1030 días/molde; y dado que un molde de madera contrachapada puede ser reutilizado hasta 20 veces. El tiempo que se tarda en confeccionar un molde se prorratea para el número de veces que se podrá reutilizar; entonces sabiendo que para un metro cuadrado de mampostería se requieren de 2.7778 elementos modulares se tiene que:

$$R1 = \frac{0,134 \frac{\text{días}}{\text{molde}} * 2.7778 \frac{\text{moldes}}{\text{m}^2}}{20} = 0.0143 \frac{\text{días}}{\text{m}^2}$$

Luego la confección de elementos modulares lleva 0.0306 días/módulo, entonces para 1m² de mampostería se necesita:

$$R2 = 0,0306 \frac{\text{días}}{\text{modulo}} * 2.7778 \frac{\text{modulo}}{\text{m}^2} = 0.085 \frac{\text{días}}{\text{m}^2}$$

Para construir un metro cuadrado de mampostería se calcula que se requiere de 0.0462 días, es decir $R3 = 0,0462 \text{ días/m}^2$.

Entonces para elaborar un metro cuadrado de mampostería considerando desde la construcción del molde de encofrado se requiere de un rendimiento de:

$$Ra = R1 + R2 + R3 = 0.0143 + 0.085 + 0.04662 = 0.1455 \text{ días/m}^2$$

b) Rendimiento considerando desde la confección del módulo.

Presumiendo que se disponga en el mercado de proveedores de alquiler o venta de moldes para la confección de los elementos modulares. En consecuencia de ello ya no se requiere aplicar los esfuerzos necesarios para confeccionar los moldes, entonces el rendimiento para la construcción de un metro cuadrado de mampostería propuesta es:

$$Rb = R2 + R3 = 0.1316 \text{ días/m}^2$$

c) Rendimiento considerando únicamente la instalación de los módulos.

Presumiendo que se dispone de empresas que se dedican a confeccionar los elementos modulares, el rendimiento en obra para instalar un metro cuadrado de pared con el sistema propuesto es únicamente el obtenido en la prueba de ensayo, es decir:

$$R_c = 0.04662 \text{ días/m}^2$$

5.1.3 COMPARACION DE COSTOS Y RENDIMIENTOS ENTRE LA MAMPOSTERÍA PROPUESTA Y MAMPOSTERÍA TRADICIONAL

5.1.3.1 COSTO UNITARIO Y RENDIMIENTO DE MAMPOSTERIA TRADICIONAL

De los registros obtenidos en la construcción de mampostería por el método tradicional, se elaboran los análisis de costos unitarios para los rubros de Mampostería de bloque y Enlucido Recto, además del rendimiento necesario para construir y enlucir ambos lados de un metro cuadrado de mampostería tradicional. Estos análisis se presentan en los cuadros siguientes:

Rendimiento para instalar 1 m ² de pared = <i>1.23 días empleados para 9.61 m² instalados</i>	0.1275 días/m ²
Rendimiento para enlucir ambos lados de 1m ² de pared = <i>2.40 días empleados para enlucir 19.22 m²</i>	0.125 días/m ²
Rendimiento total para instalar y enlucir dos caras de 1 m ² de pared = <i>3.63 días empleados para instalar y enlucir 19.22m² de mampostería</i>	0.2525 días/m ²

Tabla. 27. Rendimientos para la mampostería tradicional.

CALCULO DE COSTO UNITARIO

RUBRO: MAMPOSTERIA TRADICIONAL				
AREA CONSTRUIDA		9,61 M2		
COSTO DE MATERIALES				
MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Cemento	saco	1,5	\$ 6,65	\$ 9,98
Arena	m3	0,165	\$ 17,86	\$ 2,95
Agua	lt	30	\$ 0,00	\$ 0,01
Bloque de pomez e=10cm	u	110,5104	\$ 0,38	\$ 41,44
A.- COSTO DE MATERIAL:				\$ 54,38
COSTO DE MANO DE OBRA				
OBRAERO	JORNAL DIARIO	DIAS	COSTO TOTAL	
Albañil	\$ 30,14	1,23	\$ 37,00	
Ayudante de albañil	\$ 21,70	1,23	\$ 26,64	
B.- COSTO DE MANO DE OBRA				\$ 63,64
COSTO DE HERRAMIENTA Y EQUIPO				
OBRAERO	ALQUILER	DIAS / ELEMENTOS	COSTO TOTAL	
Herramienta menor (5% de Mano de Obra)			\$ 3,18	
C.- COSTO DE HERRAMIENTA Y EQUIPO				\$ 3,18
D.- COSTO TOTAL (A + B + C)				\$ 121,20
E.- COSTO POR M2 (D/ Número de M2)				\$ 12,61

Tabla. 28. Costo unitario de la mampostería tradicional.

CALCULO DE COSTO UNITARIO

RUBRO: ENLUCIDO RECTO				
AREA CONSTRUIDA		19,22 M2		
COSTO DE MATERIALES				
MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Cemento	saco	4,900896	\$ 6,65	\$ 32,59
Arena	m3	0,540	\$ 17,86	\$ 9,64
A.- COSTO DE MATERIAL:				\$ 42,23
COSTO DE MANO DE OBRA				
OBRERO	JORNAL DIARIO	DIAS	COSTO TOTAL	
Albañil	\$ 30,14	1,20	\$ 36,20	
Ayudate de albañil	\$ 21,70	1,20	\$ 26,06	
B.- COSTO DE MANO DE OBRA			\$ 62,26	
COSTO DE HERRAMIENTA Y EQUIPO				
OBRERO	ALQUILER	DIAS / ELEMENTOS	COSTO TOTAL	
Herramienta menor (5% de Mano de Obra)			\$ 3,11	
C.- COSTO DE HERRAMIENTA Y EQUIPO			\$ 3,11	
D.- COSTO TOTAL (A + B + C)				\$ 107,61
E.- COSTO POR M2 (D/ Número de M2)				\$ 5,60

Tabla. 29. Costo unitario del enlucido recto.

5.1.3.2 COMPARACION DE COSTOS

Teniendo en cuenta que la mampostería propuesta ya incluye el enlucido, se debe calcular el costo de la mampostería tradicional más el enlucido de las dos caras como se muestra en el análisis siguiente:

RUBRO	COSTO UNITARIO	CANTIDAD PARA 1 M2 DE MAMPOSTERÍA	COSTO UNITARIO PARA 1 M2 DE MAMPOSTERIA
Mampostería de bloque	12,61 usd / m2	1 m2 de mampostería / mampostería	12,61 usd / m2
Enlucido Recto	5,60 usd / m2	2 m2 de enlucido / mampostería	11,20 usd / m2
COSTO TOTAL PARA 1m2 DE MAMPOSTERÍA			23,81 usd / m2

COSTO TOTAL PARA 1m2 DE MAMPOSTERÍA PROPUESTA	21,19 usd / m2
---	----------------

DIFERENCIA DE COSTOS	2.62 usd / m2
-----------------------------	----------------------

Tabla. 30. Comparación de costo entre mampostería propuesta y mampostería tradicional.

Revisando los análisis de costos unitarios para cada ítem, se tienen las siguientes relaciones entre la mampostería tradicional y la mampostería propuesta:

Para la mampostería tradicional se consideran los materiales que se utilizan para la construcción de la pared y enlucido recto: arena, cemento y agua.

En los materiales de la mampostería propuesta se considera los materiales necesarios para la confección del elemento modular y el material para la elaboración del mortero de pega: arena, cemento, aditivo plastificante y agua.

En ambos casos se considera el personal y el equipo empleados para la construcción de la pared más el enlucido de la mampostería tradicional y la confección del módulo y la construcción de la mampostería propuesta.

COMPARACION DE COSTOS DE MATERIALES		
Tipo de Mampostería	Costo	Diferencia
Tradicional	10.053 usd / m ²	0,485 usd / m ²
Propuesta	9.568 usd / m ²	

Tabla. 31. Comparación de costos de mano de materiales

COMPARACION DE COSTOS DE MANO DE OBRA		
Mampostería Tipo	Costo	Diferencia
Tradicional	10.492 usd / m ²	3.728 usd / m ²
Propuesta	6.764 usd / m ²	

Tabla. 32. Comparación de costos de mano de obra.

COMPARACION DE COSTOS DE EQUIPO		
Mampostería Tipo	Costo	Diferencia
Tradicional	0,524usd / m2	- 1,994 usd / m2
Propuesta	2,518 usd / m2	

Tabla. 33. Comparación de costos de mano de equipo.

En resumen, de las comparaciones realizadas se tiene:

1. La mampostería propuesta es más económica en 2.62 usd por cada m2 de pared construida;
2. La mampostería propuesta economiza 0,485 usd de inversión en materiales por cada m2 de pared;
3. Se efectiviza la intervención de la mano de obra en la construcción de la mampostería en relación con la mampostería tradicional en 3.728 usd por cada m2.
4. Es necesario invertir 1,994 usd adicionales por cada m2 de construcción en la mampostería propuesta en relación al equipo utilizado en la mampostería tradicional, esto se debe a la construcción de los moldes.

El valor de inversión en equipo se obtiene en base de la metodología empleada en este proceso; esto implica que se puede reducir los costos por fabricación de moldes por alguna de estas razones:

- Uso de material con mayor durabilidad que la madera.
- Industrialización del proceso de confección de los elementos modulares.

5.1.3.3 COMPARACION DE RENDIMIENTOS

Con los registros obtenidos se elabora la siguiente tabla comparativa de rendimientos:

FORMA DE ORGANIZACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA MAMPOSTERIA PROPUESTA	RENDIMIENTO UNITARIO CALCULADO (días / m ²)	RENDIMIENTO UNITARIO PARA MAMPOSTERIA TRADICIONAL (días / m ²)	VARIACIÓN DE RENDIMIENTO (días / m ²)
a) desde la confección de molde	0.1455	0.2525	0.107 días / m ²
b) desde la confección de módulo	0.1316		0.1209 días / m ²
c) desde la construcción de mampostería	0.0466		0.2059 días / m ²

Tabla. 34. Comparación de rendimientos según la forma de organización de la construcción.

Para tener una mejor comprensión de los resultados obtenidos, se presenta el siguiente ejemplo: Se desean construir un cerramiento de 500m² de mampostería de bloque enlucida; calcular el tiempo que se requiere para construirla con el método tradicional y con el método propuesto.

Para el método tradicional:

$$\text{Tiempo} = 500 \text{ m}^2 \times 0.2525 \text{ días/m}^2 = 126 \text{ días}$$

Para el método propuesto:

a) Si se organiza la construcción de forma tal que se inicia desde la confección de los moldes:

$$\text{Tiempo} = 500 \text{ m}^2 \times 0.1455 \text{ días/m}^2 = 73 \text{ días}$$

Optimización de tiempo de ejecución: $126 - 73 = 53$ días

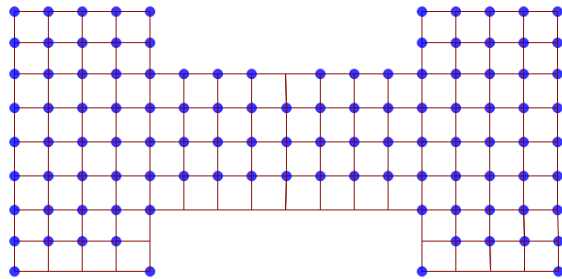


Fig. 41. Modulado con un elemento tipo placa.

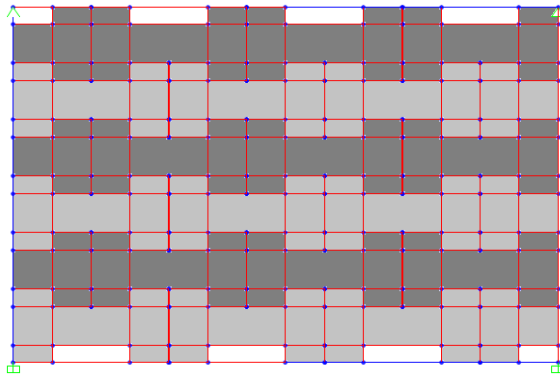


Fig. 42. Módulo estructural de mampostería propuesta.

PARAMETROS MECÁNICOS DEL ELEMENTO		
Módulo Elástico en eje X	xEi	52485 kg/cm ²
Módulo Elástico en eje Y	yEi	55248 kg/cm ²
Módulo Elástico en eje Z	zEi	25837 kg/cm ²
Módulo Corte en plano XY	xyGi	21869 kg/cm ²
Módulo Corte en plano XZ	xzGi	23020 kg/cm ²
Módulo Corte en plano YZ	yzGi	10765 kg/cm ²

Tabla. 35. Resultado de la homogenización de materiales.

b) si la construcción se realiza con alquiler de moldes para la construcción de módulos:

$$\text{Tiempo} = 500 \text{ m}^2 \times 0.1316 \text{ días/m}^2 = 66 \text{ días}$$

Optimización de tiempo de ejecución: $126 - 66 = 60$ días.

c) si se realiza el subcontrato para la confección de módulos, es decir únicamente se instalan los módulos:

$$\text{Tiempo} = 500 \text{ m}^2 \times 0.0466 \text{ días / m}^2 = 23 \text{ días}$$

Optimización de tiempo de ejecución: $126 - 23 = 103$ días

5.2 COMPORTAMIENTO MECÁNICO

Además del ensayo realizado se realizan simulaciones en ordenador mediante elementos finitos para analizar y comparar la distribución de las tensiones a tracción debido a las deformaciones a las que estarán expuestas la mampostería propuesta y la mampostería tradicional, producto de la acción de la estructura.

5.2.1 MODELO ESTRUCTURAL

Las mamposterías se modelan estructuralmente como un elemento placa, compuesto por cada uno de los elementos modulares.

Teniendo presente que estos elementos no son isotrópicos, los parámetros mecánicos se obtienen homogeneizando los materiales constitutivos de la mampostería.

5.2.2 COMPORTAMIENTO DE LAS MAMPOSTERIAS ANTE DEFORMACIONES HORIZONTALES

Se simula en la mampostería un desplazamiento horizontal debido a las acciones del viento o sismo y se analizan los esfuerzos que se derivan de dicho desplazamiento.

La simulación se realiza para diferentes valores de desplazamiento horizontal (Δ_H), para los cuales se obtienen las siguientes tensiones máximas:

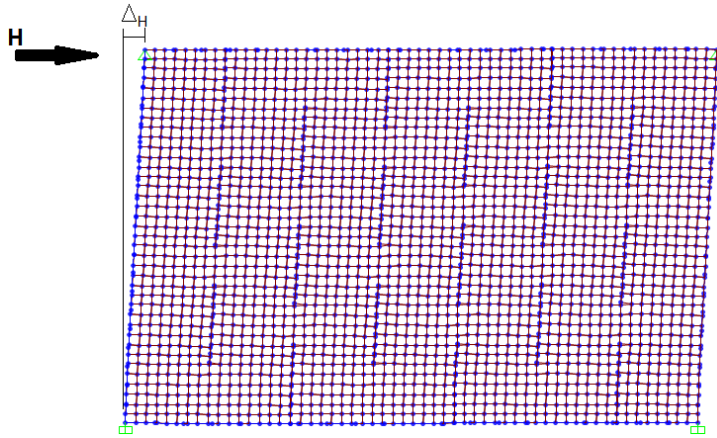


Fig. 43. Desplazamiento horizontal.

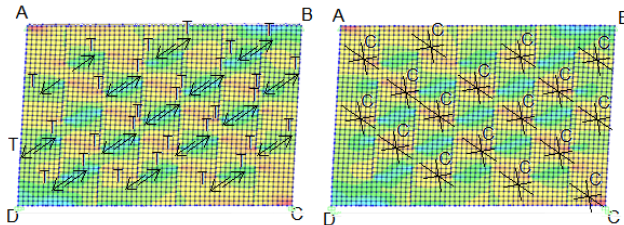


Fig. 44. Distribución de tensiones en la mampostería propuesta.

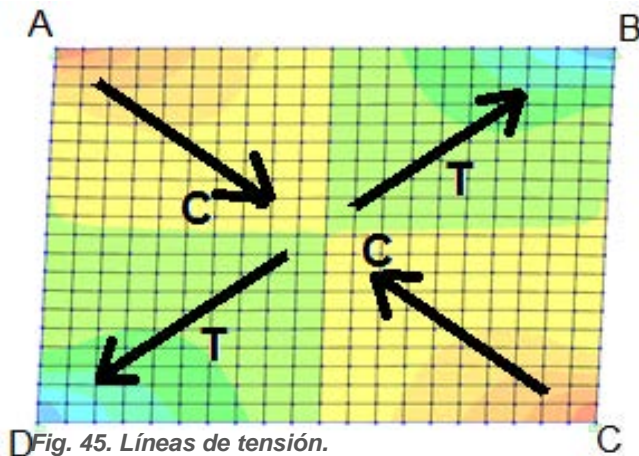


Fig. 45. Líneas de tensión.

Desplazamiento Δ_H	Tensión máxima (σ)		Relación σ_1 / σ_2
	Mampostería Tradicional σ_1	Mampostería Propuesta σ_2	
1 mm	8.0 kg/cm ²	9.0 kg/cm ²	88.8 %
2 mm	19.0 kg/cm ²	22.4 kg/cm ²	88.6%
5 mm	47.0 kg/cm ²	53.0 kg/cm ²	88.7%

Tabla. 36. Tensiones máximas. Deformación horizontal.

En la mampostería tradicional se generan dos líneas de tensión: Compresión sobre la línea AC y tracción sobre la línea BD; mientras que en la mampostería propuesta existe una distribución de tensiones que se asemeja a una malla, en la cual las líneas paralelas al eje AC están sometidas a compresión y en las líneas paralelas al eje BD se presentan tracciones.

Observando la tabla de resultados se tiene que en la mampostería tradicional los esfuerzos de tracción inducidos por la deformación lateral de la mampostería son el 88% menores a los esfuerzos inducidos en la mampostería propuesta.

5.2.3 COMPORTAMIENTO DE LAS MAMPOSTERIAS ANTE DEFORMACIONES VERTICALES

Se simula en la mampostería dos desplazamientos verticales debidos a posibles asentamientos en uno de los apoyos y a la flexión de la viga de apoyo; para estos desplazamientos se analizan los esfuerzos inducidos.

La simulación se realiza para diferentes valores de desplazamiento vertical (Δ_v), para los cuales se obtienen los siguientes resultados.

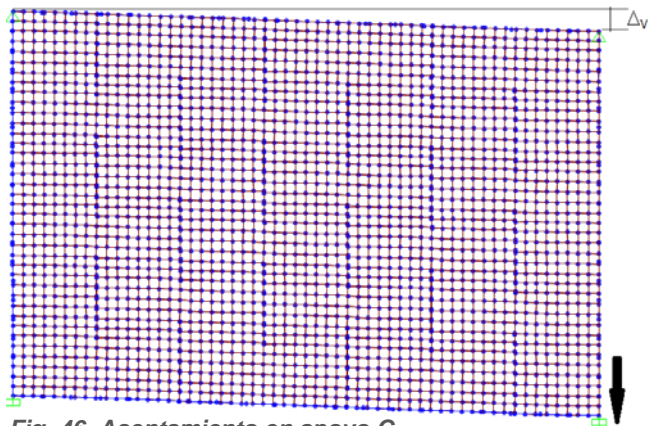


Fig. 46. Asentamiento en apoyo C.

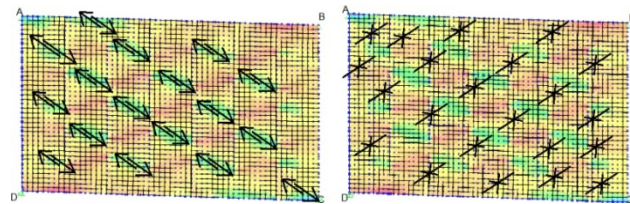


Fig. 47. Distribución de tensiones en la mampostería propuesta.

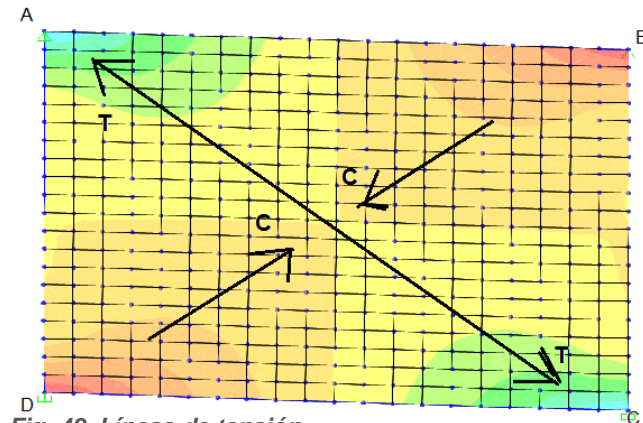


Fig. 48. Líneas de tensión.

5.2.3.1 DESPLAZAMIENTO DE UN APOYO

Si existe un asentamiento en el apoyo C, se tienen los siguientes valores de tracciones:

Desplazamiento Δ_v	Tensión máxima (σ)		Relación σ_1 / σ_2
	Mampostería Tradicional σ_1	Mampostería Propuesta σ_2	
1 mm	4.1kg/cm ²	3.3kg/cm ²	121%
2 mm	10kg/cm ²	7.8kg/cm ²	128%
5 mm	25kg/cm ²	20kg/cm ²	125%

Tabla. 37. Tensiones máximas. Desplazamiento de un apoyo.

En la mampostería tradicional se generan dos líneas de tensión: Compresión sobre el línea BD y tracción sobre la línea AC; mientras que en la mampostería propuesta existe una distribución de tensiones que se asemeja a una malla, en la cual las líneas paralelas al eje BD

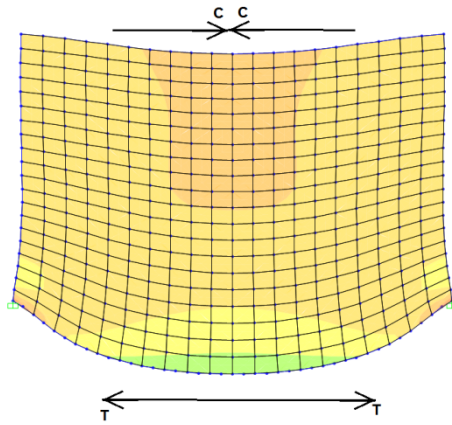


Fig. 49. Flexión de la viga de apoyo

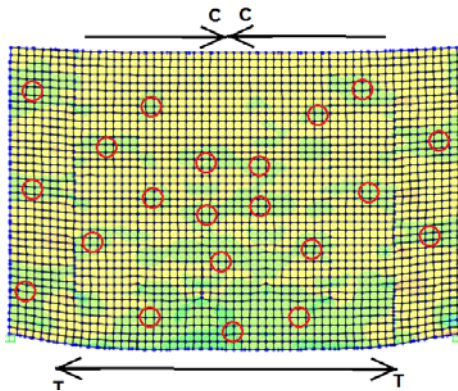


Fig. 50. Flexión de la viga de apoyo.

están sometidas a compresión y en las líneas paralelas al eje AC se presentan tracciones.

Observando la tabla de resultados se tiene que en la mampostería tradicional los esfuerzos de tracción inducidos por la deformación lateral de la mampostería son 25% mayores a los esfuerzos inducidos en la mampostería propuesta.

5.2.3.2 FLEXIÓN DE LA VIGA DE APOYO

Si existe una deformación inducida por la flexión de la viga de apoyo se tienen los siguientes resultados:

Desplazamiento Δ_v	Tensión máxima (σ)		Relación σ_1 / σ_2
	Mampostería Tradicional σ_1	Mampostería Propuesta σ_2	
1 mm	5.1kg/cm ²	7.5kg/cm ²	68%
2 mm	10.25kg/cm ²	14.4kg/cm ²	71%
5 mm	24.4kg/cm ²	35.3kg/cm ²	69%

Tabla. 38. Tensiones máximas. Flexión de la viga de apoyo.

En ambos casos se generan dos líneas de tensión: Compresión en la parte superior y tracción en la parte inferior; con la diferencia que en la mampostería propuesta existen concentraciones de tracciones, esto se debe a la forma de los módulos.

Observando la tabla de resultados se tiene que en la mampostería tradicional los esfuerzos de tracción inducidos por la flexión de la viga de apoyo son el 70% de los esfuerzos inducidos en la mampostería propuesta.

5.2.4 SIMULACION DEL ENSAYO DE DEFORMACIÓN

Se realiza la simulación del ensayo de deformación aplicado a las mamposterías (*Item 4.3.3*), para comprobar que los resultados obtenidos en las simulaciones anteriores son acordes con la realidad.

Para este caso se simulan los desplazamientos registrados para los cuales apareció la primera fisura en cada una de las mamposterías.

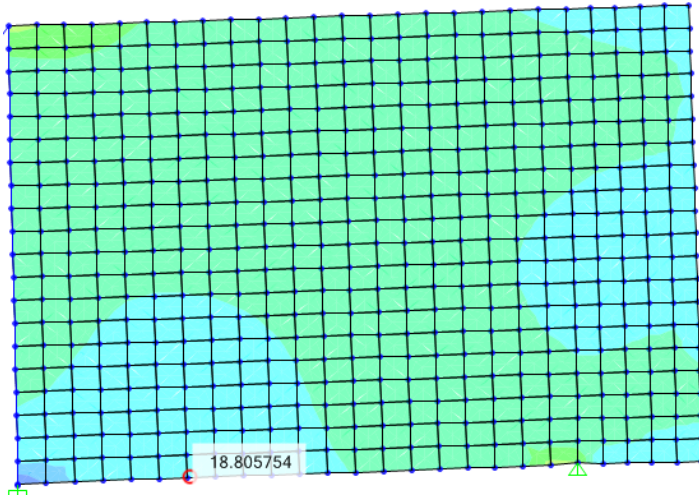


Fig. 51. Simulación del ensayo de la mampostería tradicional.

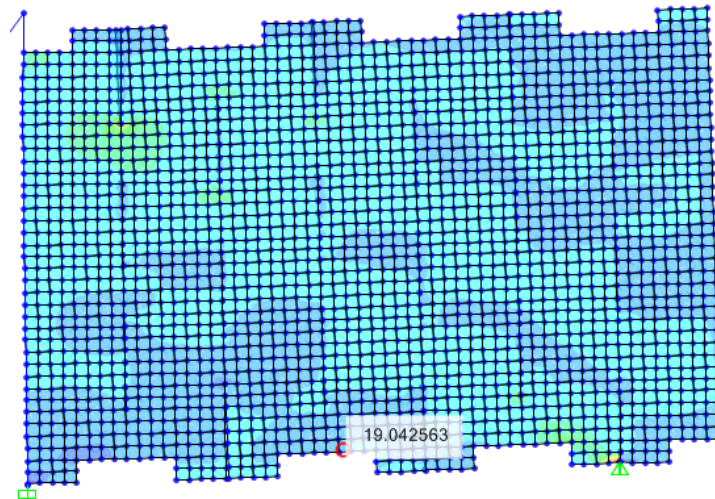


Fig. 52. Simulación del ensayo ante deformación vertical.

SIMULACION	DESPLAZAMIENTO REGISTRADO PARA LA PRIMERA FISURA	ESFUERZO DE TRACCION CALCULADO
Mampostería Tradicional	13mm	18.8 kg/cm ²
Mampostería Propuesta	30mm	19,0 kg/cm ²

Tabla. 39. Simulación del ensayo. Mampostería propuesta.

Se puede observar que el esfuerzo de tracción en el que se genera la primera fisura, es similar para ambos casos.

6. CONCLUSIONES

6.1.1 Generales

La presente investigación se centra en la modificación del método constructivo para la construcción de mampostería de bloque de pómez, con el fin de reducir tiempo y costo de construcción.

Inicialmente se recopila y analiza información con sustento científico que sirva de soporte a la propuesta. Se toma como referencia principal la normativa ecuatoriana, y la extranjera cuando no se encuentran datos nacionales. Como referente y sustento además de la norma, se analizan ejemplos actuales que motivan y aportan la investigación.

Se establecen los materiales idóneos para la propuesta constructiva, mediante investigaciones bibliográficas y de campo, determinándose que: el bloque de pómez de 7cm de espesor, por su peso y características físicas cumple los requerimientos; el mortero de cemento tipos S cumple con la resistencia necesaria; y que el aditivo SikaTop 77 es el que, por sus características químicas y por disponibilidad en el mercado se escoge.

Para el planteamiento de la propuesta constructiva, se analizan diferentes posibilidades de trama para armar la mampostería, descartando posibilidades según las ventajas que ofrece cada una. Una vez clara la trama, se diseña el macro elemento prefabricado, este diseño involucra un análisis de resistencia sustentado en la teoría de la elasticidad.

CONCLUSIONES

Se comprueba la factibilidad constructiva y la de desempeño del macro elemento prefabricado al ejecutar su construcción y ensayo, experimentando diferentes posibilidades hasta determinar la que mejor responde a los requerimientos de manejabilidad y resistencia.

Con el macro elemento determinado, se construyen dos muestras de mampostería utilizando el método propuesto y dos muestras utilizando el método tradicional, en donde se registra el uso de recursos y el rendimiento de obra.

Con los datos recopilados durante la construcción de las muestras de mampostería se realizan cálculos de costos unitarios y rendimientos de cada tipo de método constructivo.

Se comprueba la hipótesis planteada al demostrar que la mampostería propuesta genera un ahorro económico y sobre todo una reducción significativa de tiempo en la construcción.

El trabajo investigativo realizado, representa un aporte a la investigación de la mampostería, pudiendo servir como referente para nuevas investigaciones.

6.1.2 Construcción

El método propuesto es fácilmente adoptado por la mano de obra, Su asimilación resulta rápida y despierta interés por conocer su funcionamiento.

La construcción a escala real de 3 testigos del macro elemento modular, permite determinar mediante ensayos cual responde de mejor manera a los requerimientos de la propuesta.

La construcción y ensayo de mamposterías, utilizando el método propuesto y el método tradicional, permite registrar datos cercanos

CONCLUSIONES

a la realidad, con los que se mide: el rendimiento, el costo y el desempeño.

6.1.3 Tiempo

El rendimiento de la propuesta depende la organización de la construcción, en cuanto al origen del molde.

Si se fabrica el molde en obra, la variación del rendimiento en relación al método tradicional es de 0.107 días/m².

Si se alquila o compra el molde, la variación del rendimiento en relación al método tradicional es de 0.1209 días/m².

Si se compra el macro elemento prefabricado, la variación del rendimiento en relación al método tradicional es de 0.2059 días/m².

6.1.4 Costos

El análisis comparativo de costos de construcción arroja resultados favorables para la propuesta.

La mampostería propuesta es más económica en 2.62 usd por cada m² de pared construida;

La mampostería propuesta economiza 0,485 usd de inversión en materiales por cada m² de pared;

Se efectiviza la intervención de la mano de obra en la construcción de la mampostería en relación con la mampostería tradicional en 3.728 usd por cada m².

Es necesario invertir 1,994 usd adicionales por cada m² de construcción en la mampostería propuesta en relación a al equipo utilizado en la mampostería tradicional, esto se debe a que se debe

CONCLUSIONES

construir los moldes de los elementos modulares de la mampostería propuesta.

El proceso de fabricación y el material del molde influyen directamente en el costo total de construcción, mientras más industrializado sea, menor será el costo de producción.

7. BIBLIOGRAFÍA

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. INEC

INSTITUTO EUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. INEN.

Norma Ecuatoriana de la Construcción. NEC

Norma para rotura de prismas ASTM E 519-81 "Diagonal Tensión (shear) in Mansory Assemblages"

SÁNCHEZ ALVARRACÍN Carlos Mauricio: Maestría en Gestión Tecnológica. III Edición Ing. UNIVERSIDAD DE CUENCA. FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS.

MÁAS DÍAZ Adriana De La Luz. Dirección. Dra. Laura Patricia Rivas Vázquez: *DESARROLLO DE ELEMENTOS MODULARES UTILIZANDO MATERIALES ALTERNATIVOS CON APLICACIONES AL DISEÑO*. Tesis Profesional para la obtención del Título de Ingeniero en Diseño UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN. . ENERO, 2012.

PÉREZ Christian Escrig Ingeniero Industrial Departamento de Resistencia de Materiales y Estructuras a la Ingeniería: *EVOLUCIÓN DE*

BIBLIOGRAFIA

LOS SISTEMAS DE CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADOS A BASE DE ELEMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN"

GARCÍA Rodrigo –MARTÍNEZ Carlos. "Industrialización de la Vivienda y Desarrollo computacional de la Coordinación Modular".

HERNÁNDEZ RUIZ Joel. Instituto Politécnico Nacional. Oaxaca. México 2006.

CERVANTES ABARCA Alejandro. Arquitectura / cyad / administración para el diseño. La influencia de la prefabricación en el diseño de vivienda de interés social.

NASH, William: Resistencia de Materiales. Mc. GrawHill. 2006

MOTT, Robert: Resistencia de Materiales aplicada. Tercera edición, Pearson. 2010

SANJUÁN, Rubio: Compendio de Resistencia de Materiales. Su aplicación a órganos de máquinas y a la construcción, con una introducción al hormigón armado. Cuarta edición. 1950

SALAZAR, Suárez: Costo y tiempo en edificación, Tercera edición. Editorial Limusa, 2010.

CASTILO, Jorge Luis: Analíticas del Costo Total, INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y EL CONCRETO (IMCYC). 2009

BIBLIOGRAFIA

ECO Humberto: *CÓMO SE HACE UNA TESIS*. Versión castellana de LUCÍA BARANDA y ALBERTO CLAVERÍA IBÁÑEZ. Versión digital. Universidad de Salamanca.

COMPORTAMIENTO MECANICO DE LA MAMPOSTRIA.
www.capac.org/web/portals/0/biblioteca_virtual/doc002/Cap%C3%ADtulo%204.pdf

NCh. Manual del constructor grupo Polpaico.

MANUAL DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PARQUES Y ESCENARIOS PÚBLICOS DE BOGOTÁ D.C

ESPE. CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTIFICA. II Congreso CIENCIA Y TECNOLOGÍA PATOLOGÍA DE LOS MORTEROS EN QUITO. Gabriela Salomé Puente Cárdenas, Ing. Marcelo Romo Proaño, M.Sc, Ing. Ricardo Durán. www.espe.edu.ec/portal/files/congreso/articulo14.pdf

www.construyefacil2011.blogspot.com/2011/06/mamposteria-simple.html

www.bdigital.unal.edu.co/6167/17/9589322824_Parte5.pdf

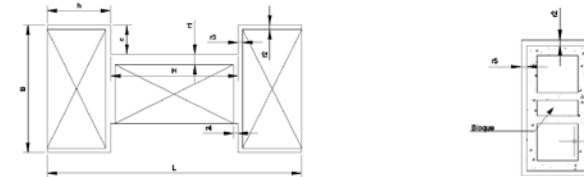
www.ecu.sika.com/es/solutions_products/productos-sika-construccion/repuracion-de-concreto/02a002sa01.html

www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6230/07CAPITULO6.pdf;jsessionid=D56F8F080DA0EA834DADA4A219D47037.tdx2?sequence=7

http://www.unpa.edu.mx/tesis_Loma/tesis_digitales/Tesis_DEMAD_enero2012.pdf

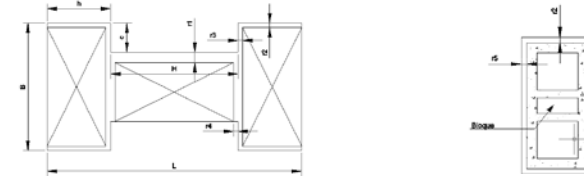
8. ANEXOS

ANEXO 1. DIMENSINAMIENTO DE LOS ELEMENTOS PROPUESTOS



CODIGO	BLOQUE TIPO	CALCULO DE LAS DIMENSIONES DEL ELEMENTO (mm)														
		DIMENSIONES DEL BLOQUE			RECUBRIMIENTOS					Holgura alma	DIMENSIONES DEL ELEMENTO					
		Longitud	Ancho	Espesor	r1	r2	r3	r4	r5		Ala		Alma			
									B	h	H	b	c	Espesor		
E7-001	BLOQUE e=7cm	400	200	70	20	20	20	20	20	200	440	220	640	220	110	110
E7-002	BLOQUE e=7cm	400	200	70	20	20	20	10	20	200	440	220	620	220	110	110
E7-003	BLOQUE e=7cm	400	200	70	20	10	10	20	20	100	420	210	540	220	100	110
E7-004	BLOQUE e=7cm	400	200	70	20	10	10	10	20	100	420	210	520	220	100	110
E7-005	BLOQUE e=7cm	400	200	70	10	20	20	20	20	200	440	220	640	210	115	110
E7-006	BLOQUE e=7cm	400	200	70	10	20	20	10	20	200	440	220	620	210	115	110
E7-007	BLOQUE e=7cm	400	200	70	10	10	10	20	20	100	420	210	540	210	105	110
E7-008	BLOQUE e=7cm	400	200	70	10	10	10	10	20	100	420	210	520	210	105	110
E10-001	BLOQUE e=10cm	400	200	100	20	20	20	20	20	200	440	220	640	220	110	140
E10-002	BLOQUE e=10cm	400	200	100	20	20	20	10	20	200	440	220	620	220	110	140
E10-003	BLOQUE e=10cm	400	200	100	20	10	10	20	20	100	420	210	540	220	100	140
E10-004	BLOQUE e=10cm	400	200	100	20	10	10	10	20	100	420	210	520	220	100	140
E10-005	BLOQUE e=10cm	400	200	100	10	20	20	20	20	200	440	220	640	210	115	140
E10-006	BLOQUE e=10cm	400	200	100	10	20	20	10	20	200	440	220	620	210	115	140
E10-007	BLOQUE e=10cm	400	200	100	10	10	10	20	20	100	420	210	540	210	105	140
E10-008	BLOQUE e=10cm	400	200	100	10	10	10	10	20	100	420	210	520	210	105	140
E12-001	BLOQUE e=12cm	400	200	120	20	20	20	20	20	200	440	220	640	220	110	160
E12-002	BLOQUE e=12cm	400	200	120	20	20	20	10	20	200	440	220	620	220	110	160
E12-003	BLOQUE e=12cm	400	200	120	20	10	10	20	20	100	420	210	540	220	100	160
E12-004	BLOQUE e=12cm	400	200	120	20	10	10	10	20	100	420	210	520	220	100	160
E12-005	BLOQUE e=12cm	400	200	120	10	20	20	20	20	200	440	220	640	210	115	160
E12-006	BLOQUE e=12cm	400	200	120	10	20	20	10	20	200	440	220	620	210	115	160
E12-007	BLOQUE e=12cm	400	200	120	10	10	10	20	20	100	420	210	540	210	105	160
E12-008	BLOQUE e=12cm	400	200	120	10	10	10	10	20	100	420	210	520	210	105	160

ANEXO 1. (continuación) DIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS PROPUESTOS.



CODIGO	BLOQUE TIPO	CALCULO DE LAS DIMENSIONES DEL ELEMENTO (mm)														
		DIMENSIONES DEL BLOQUE			RECUBRIMIENTOS					Holgura alma	DIMENSIONES DEL ELEMENTO					
		Longitud	Ancho	Espesor	r1	r2	r3	r4	r5		Ala		Alma		Espeor	
B	h	H	b	c												
E7-001	BLOQUE e=7cm	400	200	70	20	20	20	20	10	200	440	220	640	220	110	90
E7-002	BLOQUE e=7cm	400	200	70	20	20	20	10	10	200	440	220	620	220	110	90
E7-003	BLOQUE e=7cm	400	200	70	20	10	10	20	10	100	420	210	540	220	100	90
E7-004	BLOQUE e=7cm	400	200	70	20	10	10	10	10	100	420	210	520	220	100	90
E7-005	BLOQUE e=7cm	400	200	70	10	20	20	20	10	200	440	220	640	210	115	90
E7-006	BLOQUE e=7cm	400	200	70	10	20	20	10	10	200	440	220	620	210	115	90
E7-007	BLOQUE e=7cm	400	200	70	10	10	10	20	10	100	420	210	540	210	105	90
E7-008	BLOQUE e=7cm	400	200	70	10	10	10	10	10	100	420	210	520	210	105	90
E10-001	BLOQUE e=10cm	400	200	100	20	20	20	20	10	200	440	220	640	220	110	120
E10-002	BLOQUE e=10cm	400	200	100	20	20	20	10	10	200	440	220	620	220	110	120
E10-003	BLOQUE e=10cm	400	200	100	20	10	10	20	10	100	420	210	540	220	100	120
E10-004	BLOQUE e=10cm	400	200	100	20	10	10	10	10	100	420	210	520	220	100	120
E10-005	BLOQUE e=10cm	400	200	100	10	20	20	20	10	200	440	220	640	210	115	120
E10-006	BLOQUE e=10cm	400	200	100	10	20	20	10	10	200	440	220	620	210	115	120
E10-007	BLOQUE e=10cm	400	200	100	10	10	10	20	10	100	420	210	540	210	105	120
E10-008	BLOQUE e=10cm	400	200	100	10	10	10	10	10	100	420	210	520	210	105	120
E12-001	BLOQUE e=12cm	400	200	120	20	20	20	20	10	200	440	220	640	220	110	140
E12-002	BLOQUE e=12cm	400	200	120	20	20	20	10	10	200	440	220	620	220	110	140
E12-003	BLOQUE e=12cm	400	200	120	20	10	10	20	10	100	420	210	540	220	100	140
E12-004	BLOQUE e=12cm	400	200	120	20	10	10	10	10	100	420	210	520	220	100	140
E12-005	BLOQUE e=12cm	400	200	120	10	20	20	20	10	200	440	220	640	210	115	140
E12-006	BLOQUE e=12cm	400	200	120	10	20	20	10	10	200	440	220	620	210	115	140
E12-007	BLOQUE e=12cm	400	200	120	10	10	10	20	10	100	420	210	540	210	105	140
E12-008	BLOQUE e=12cm	400	200	120	10	10	10	10	10	100	420	210	520	210	105	140

ANEXO 2. PESOS DE LOS ELEMENTOS PROPUESTOS

CODIGO	PESO UNITARIO DEL MORTERO 2000 kg/m3							
	PESO UNITARIO DEL BLOQUE (kg/Unidad)	VOLUMEN BLOQUE (m3)	PESO DEL BLOQUE (kg)	VOLUMEN DE MORTERO (m3)	PESO DEL MORTERO (kg)	VOLUMEN DEL ELEMENTO (m3)	PESO DEL ELEMENTO (KG)	PESO UNITARIO DEL ELEMENTO (kg/m3)
E7-001	1,5	0,017	4,5	0,020	40,0	0,037	44,5	1208,9
E7-002	1,5	0,017	4,5	0,020	39,0	0,036	43,5	1198,3
E7-003	1,5	0,017	4,5	0,016	31,3	0,032	35,8	1103,8
E7-004	1,5	0,017	4,5	0,015	30,4	0,032	34,9	1090,3
E7-005	1,5	0,017	4,5	0,019	38,6	0,036	43,1	1193,5
E7-006	1,5	0,017	4,5	0,019	37,6	0,036	42,1	1183,0
E7-007	1,5	0,017	4,5	0,015	30,2	0,032	34,7	1087,1
E7-008	1,5	0,017	4,5	0,015	29,2	0,031	33,7	1073,7
E10-001	1,8	0,024	5,4	0,023	45,6	0,047	51,0	1090,1
E10-002	1,8	0,024	5,4	0,022	44,4	0,046	49,8	1077,9
E10-003	1,8	0,024	5,4	0,017	34,7	0,041	40,1	969,2
E10-004	1,8	0,024	5,4	0,017	33,4	0,041	38,8	953,6
E10-005	1,8	0,024	5,4	0,022	43,8	0,046	49,2	1072,3
E10-006	1,8	0,024	5,4	0,021	42,7	0,045	48,1	1060,3
E10-007	1,8	0,024	5,4	0,017	33,1	0,041	38,5	950,0
E10-008	1,8	0,024	5,4	0,016	32,0	0,040	37,4	934,6
E12-001	2,0	0,029	6,0	0,025	49,4	0,054	55,4	1035,6
E12-002	2,0	0,029	6,0	0,024	48,0	0,053	54,0	1022,7
E12-003	2,0	0,029	6,0	0,018	36,9	0,047	42,9	907,5
E12-004	2,0	0,029	6,0	0,018	35,5	0,047	41,5	891,0
E12-005	2,0	0,029	6,0	0,024	47,4	0,052	53,4	1016,8
E12-006	2,0	0,029	6,0	0,023	46,0	0,052	52,0	1004,0
E12-007	2,0	0,029	6,0	0,018	35,1	0,046	41,1	887,2
E12-008	2,0	0,029	6,0	0,017	33,8	0,046	39,8	870,8

ANEXO 2. (continuación) PESOS DE LOS ELEMENTOS PROPUESTOS

CODIGO	PESO UNITARIO DEL MORTERO 2000 kg/m ³							
	PESO UNITARIO DEL BLOQUE (kg/Unidad)	VOLUMEN BLOQUE (m ³)	PESO DEL BLOQUE (kg)	VOLUMEN DE MORTERO (m ³)	PESO DEL MORTERO (kg)	VOLUMEN DEL ELEMENTO (m ³)	PESO DEL ELEMENTO (KG)	PESO UNITARIO DEL ELEMENTO (kg/m ³)
E7-001	1,5	0,017	4,5	0,013	26,6	0,030	31,1	1033,1
E7-002	1,5	0,017	4,5	0,013	25,8	0,030	30,3	1020,2
E7-003	1,5	0,017	4,5	0,010	19,5	0,027	24,0	904,7
E7-004	1,5	0,017	4,5	0,009	18,7	0,026	23,2	888,1
E7-005	1,5	0,017	4,5	0,013	25,4	0,030	29,9	1014,2
E7-006	1,5	0,017	4,5	0,012	24,7	0,029	29,2	1001,4
E7-007	1,5	0,017	4,5	0,009	18,6	0,026	23,1	884,3
E7-008	1,5	0,017	4,5	0,009	17,8	0,026	22,3	867,9
E10-001	1,8	0,024	5,4	0,016	32,3	0,040	37,7	938,4
E10-002	1,8	0,024	5,4	0,016	31,2	0,040	36,6	924,2
E10-003	1,8	0,024	5,4	0,011	22,8	0,035	28,2	797,4
E10-004	1,8	0,024	5,4	0,011	21,8	0,035	27,2	779,2
E10-005	1,8	0,024	5,4	0,015	30,7	0,039	36,1	917,7
E10-006	1,8	0,024	5,4	0,015	29,7	0,039	35,1	903,6
E10-007	1,8	0,024	5,4	0,011	21,6	0,035	27,0	775,0
E10-008	1,8	0,024	5,4	0,010	20,5	0,034	25,9	757,0
E12-001	2,0	0,029	6,0	0,018	36,0	0,047	42,0	897,8
E12-002	2,0	0,029	6,0	0,017	34,8	0,046	40,8	883,1
E12-003	2,0	0,029	6,0	0,013	25,1	0,041	31,1	751,5
E12-004	2,0	0,029	6,0	0,012	23,8	0,041	29,8	732,6
E12-005	2,0	0,029	6,0	0,017	34,2	0,046	40,2	876,3
E12-006	2,0	0,029	6,0	0,017	33,1	0,045	39,1	861,7
E12-007	2,0	0,029	6,0	0,012	23,5	0,041	29,5	728,2
E12-008	2,0	0,029	6,0	0,011	22,4	0,040	28,4	709,5