

1. CAPITULO I. ANTECEDENTES.

1.1. Introducción.

Desde hace algunas décadas existe la preocupación de que la mampostería recupere sus funciones estructurales, adaptándose a las concepciones de las construcciones modernas. Siempre las tuvo, porque es innata a su naturaleza, pero el proyectista de la construcción le ha asignado funciones más simples y primarias, considerándola, casi exclusivamente, un material de cerramiento sin capacidad soporte, es decir no se considera su capacidad de resistir cargas de los muros, por lo que las mismas son sostenidas por elementos estructurales de otra naturaleza como losas, vigas y columnas de hormigón armado o metálicas. No parece sensato, sin embargo, despreciar sus características resistentes que exceden considerablemente las requeridas en su función dominante actualmente.

Hoy en día la producción de ladrillos es muy importante, debido a su alta demanda como material de construcción. Por ejemplo en la ciudad de La Paz, la producción mensual de ladrillos se estima cerca de los 3 millones de unidades, cantidades similares se fabrican en los departamentos de Cochabamba y Tarija por lo cual se considera que tanto el mampuesto y el mortero de las juntas como la mano de obra de su ejecución tienen características locales que justifican plenamente la necesidad de ciertos estudios específicos también locales.

Nuestro país no cuenta con una Normativa en diseño de estructuras con mampostería, deficiencia que debe ser superada en beneficio de la calidad y la extensión de esta modalidad de construcción. De esta manera se utilizaran tecnologías apropiadas acordes a las características de los materiales y a la mano de obra local.

1.2. El problema.

El desaprovechamiento de la mampostería estructural simple en la construcción se debe principalmente a:

- Insuficiente conocimiento para la correcta utilización de los mampuestos.
- Falta de mano de obra especializada.

- Falta de conocimiento de los materiales de la construcción, sus resistencias características.

Además de los efectos técnicos se presentan consecuencias en la dinámica y salud familiar, así como en el nivel de vida y en la vulnerabilidad económica y social de los hogares. Se originan problemas familiares siendo uno de ellos el hacinamiento, ausentismo escolar y condiciones insalubres de la vivienda que se constituyen en elementos característicos de las viviendas en estado precario. Es por ello fundamental fomentar la participación y gestión comunitaria como eje esencial para el desarrollo de los asentamientos humanos y sobre todo desarrollar las capacidades de las familias de escasos recursos para la construcción de viviendas con el uso de tecnologías adecuadas; siendo una de ellas el uso de mampostería estructural simple, debido a que contribuye de manera significativa en la economía de la construcción eliminando el encofrado de columnas (madera u otro material) y acero de los elementos estructurales, de manera que se aprovechan materiales y mano de obra nacionales muy adecuados a esta modalidad constructiva.

Algunas de las soluciones posibles para enmendar el problema serían:

- Analizar el comportamiento mecánico de la mampostería estructural simple de cerámica roja y difundir los resultados, para el uso de las estructuras de fábrica de manera adecuada.
- Plantear y regular normativas que tomen en cuenta las propiedades de los materiales y la mano de obra local.
- Normalizar los procesos industriales para la elaboración de mampuestos y cementos.

1.3. Objetivos.

El presente trabajo de investigación tiene los siguientes objetivos:

1.3.1. General.

Determinar las propiedades geométricas y el comportamiento mecánico de la cerámica regional (ladrillo de 21 huecos) mediante ensayos a compresión y corte, resultados obtenidos en laboratorio.

1.3.2. Específicos.

- Analizar las características geométricas principales de la cerámica roja (ladrillo).
- Seleccionar las muestras a ser ensayadas (ladrillo de primera calidad).
- Realizar un control riguroso en cuanto a la superficie de contacto, alineado al apilar y curado de la muestra.
- Determinar la resistencia a compresión y corte de los muretes ensayados.

1.4. Justificación.

Las razones por las cuales se elabora el estudio de investigación son las siguientes.

1.4.1. Teórica.

La investigación propuesta busca mediante el análisis del comportamiento mecánico de la mampostería estructural simple de cerámica roja encontrar nuevas alternativas para la construcción, buscar tecnologías apropiadas y así evitar el uso de columnas aprovechando al máximo las características de los mampuestos como elemento de sustentación estructural.

1.4.2. Metodológica.

El resultado de la investigación permitirá establecer un método constructivo nuevo para aprovechar resistencia y características de la mampostería estructural simple de cerámica roja, realizando ensayos de laboratorio de manera que sea posible cuantificar la resistencia de los mampuestos, comparar costos y verificar su buen funcionamiento frente a las cargas en una estructura e introducir una cultura en el uso de estructuras de fábrica.

1.4.3. Práctica.

Al obtener resultados del comportamiento mecánico de la mampostería estructural simple de cerámica roja se solucionará efectivamente el desaprovechamiento de la misma y se sugerirá la implementación o no en la construcción buscando ahorrar significativamente en costos.

1.5. Hipótesis.

Como parte del método de este trabajo se planteará la siguiente hipótesis:

La mampostería estructural simple elaborada con ladrillo de veintiún huecos regional es capaz de servir como muros portantes en estructuras de una planta.

1.6. Alcance del estudio.

El campo del trabajo de investigación está delimitado a estudiar las características mecánicas de resistencia a compresión y corte de la mampostería estructural simple de ladrillo de veintiún huecos, a través del análisis y diseño de una muestra sometida a ensayos que determinen su capacidad portante.

Las propiedades geométricas que se determinarán son las dimensiones de largo ancho y alto del ladrillo cerámico, como también el espesor de paredes de sus orificios para determinar el porcentaje de huecos del mismo.

Para el desarrollo del presente trabajo se utilizará la Normativa Británica BS 5628; en caso de ser necesario en situaciones específicas se podrá recurrir a las Normas detalladas posteriormente pues se cuenta con que las mismas están sustentadas en la Norma BS 5628 y enriquecidas con experiencias regionales, que es lo que se pretende hacer con el presente trabajo de investigación.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.

Introducción a la Mampostería estructural.

En la mayoría de las estructuras de hormigón armado, los muros tienen simplemente una función de cerramiento. Al diseñar una estructura no se considera la capacidad que tienen los muros de soportar cargas, pues las estructuras de esqueleto se analizan como un conjunto de elementos lineales y de superficie (losas, vigas y columnas), de esta forma se desaprovecha la capacidad portante de los muros.

En este trabajo de investigación se estudiará la mampostería estructural a fin de brindar los conceptos necesarios para el diseño de estructuras pequeñas considerando los muros como elementos portantes, o sea, como aquellos elementos que soportan las cargas.

El estudio de la mampostería abarca un campo bastante extenso, desde la mampostería estructural simple, la armada o reforzada, la mampostería postensada y la mampostería confinada que es aquella que tiene elementos armados que le dan mayor rigidez a la mampostería, reducen la fisuración y permiten entonces trabajar con coeficientes de seguridad más bajos. El presente estudio se limitara únicamente al estudio de la mampostería estructural simple, o sea, aquella que no presenta armadura ni se encuentra confinada.

En la figura 1 se muestran algunos posibles arreglos de la mampostería. El más usual es el arreglo en Soga.

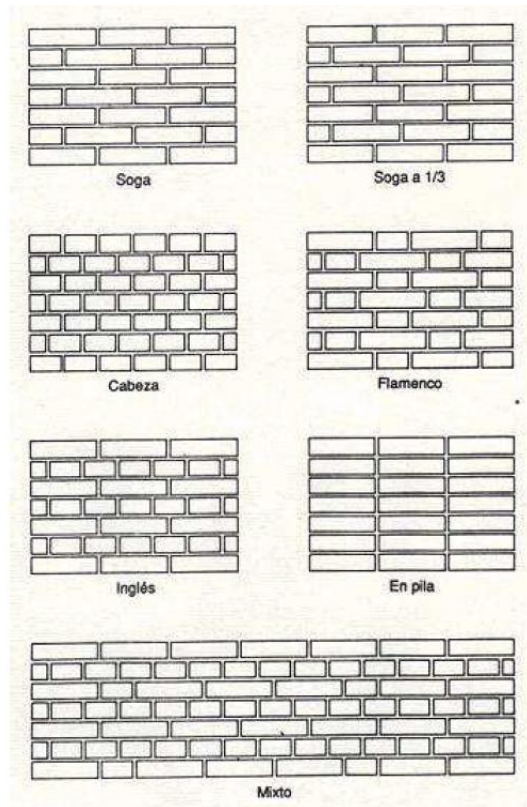


Figura 2.1. Posibles arreglos de mampostería.

Fuente: Apuntes IET

Desarrollo de la mampostería en la historia.

La historia de la humanidad va de la mano con su necesidad de tener un lugar en donde protegerse de las inclemencias de la naturaleza. Desde épocas remotas, el hombre ha buscado para ello, materiales accesibles que sean fáciles de utilizar y que proporcionen la mayor comodidad. Los tipos de materiales utilizados por las culturas de la antigüedad fueron determinados por las condiciones del terreno en donde se asentaron.

Inicio de la historia: Sumeria

En el cuarto milenio a.C. los sumerios, considerados como iniciadores de la civilización y de la ingeniería, inventaron la ciudad, la irrigación, la escritura, los números, la rueda y el molde. Este último constituido por un marco de madera elemental y rústico aún se emplea en algunos países. El molde es un avance

sustantivo en la construcción de mampostería y en otras actividades, pues posibilita la producción rápida de unidades prácticamente iguales.

Aquella masa de barro mezclada con paja a la cual se daba la forma de paralelepípedo recto colocándola a presión dentro de un molde de madera, para luego dejarla secar al sol, hizo posible la libertad de construcción y la arquitectura monumental.

Actualmente en algunas zonas rurales de nuestro departamento se siguen utilizando estos bloques llamados adobes para la construcción de viviendas, las mismas tienen un buen aislamiento acústico, sin embargo son vulnerables al deterioro y cuando no tienen el respectivo mantenimiento son invadidas de plagas de insectos perjudiciales para la salud del hombre.

Antiguamente el primer templo de forma sumeria fue edificado en la ciudad de Uruk (2 900 a.C.). En las excavaciones arqueológicas practicadas allí aparecen los cimientos de construcciones verdaderamente monumentales, una colina artificial y el prototipo del zigurat o torre escalonada, el cual era indispensable en un templo sumerio. Este primer zigurat está enteramente construido con adobes unidos con capas de betún.

El adobe fue llevado al horno a principios del tercer milenio antes de Cristo, para hacer ladrillos cerámicos.

Para la construcción de la mampostería, el ladrillo era asentado con mortero de betún o alquitrán, (sustancia abundante en el suelo del Medio Oriente) al cual se añadía arena. Esta mampostería se convirtió entonces en el material fundamental de las construcciones más importantes y permitió alturas crecientes de los zigurates. El de la ciudad de Ur (2 125 a.C.), con una base de 62 m por 43 m y una altura de 21 m, tenían un núcleo de adobe y un forro de mampostería de 2,4 m de espesor, hecho de ladrillos cerámicos asentados con mortero de betún, en el que se incorporó tejidos de caña.

Mesoamérica

Progresivamente dominaron nuevas técnicas constructivas apoyadas en el desarrollo de materiales cada vez más durables y resistentes. Descubrieron la actividad puzolánica de diferentes materiales como el nejayote (Rivera 2000),

residuo del proceso de nixtamalización del maíz, las cenizas volcánicas y las arcillas calcinadas y finamente molidas. Con ello pudieron producir materiales cementantes de mejor calidad para realizar obras cada vez más sofisticadas.

Algunas culturas como los mayas y los totonacas dominaron la tecnología del concreto de forma similar e independiente al hormigón de los romanos.

Entre los rasgos que caracterizan la civilización maya, se incluye, en primer lugar, la arquitectura monumental en los centros ceremoniales con el uso de bóvedas a base de piedras saledizas y de cresterías que aumentan de manera impresionante la altura de los edificios.

La importancia de los materiales constructivos, como el mortero y el concreto, en el desarrollo de la arquitectura maya se enfatiza señalando a la bóveda como uno de los tres rasgos distintivos de la tradición maya clásica.

Además, en el aspecto estructural, la arquitectura maya se basa en cuatro elementos: las piedras, los materiales cementantes (estucos, morteros y concretos), los soportes y la bóveda. Se ha propuesto que a fines del Preclásico tardío (300 a.C.) el techo de palma fue sustituido por la bóveda en saledizo, también llamada erróneamente arco falso, la cual parece haber sido utilizada primeramente para techar las tumbas; también principia el uso de la crestería.

Esta nueva modalidad tecnológica produce un cambio radical al aspecto de las construcciones ya que se incluyó el uso de morteros de pega que con el tiempo se fueron modernizando hasta constituir en definitiva el nuevo sistema constructivo.

Ante la carencia de canteras próximas, se desarrolló toda una tecnología de la mampostería de tabique de arcilla cocida, muy similar a la usada en la actualidad. De esta manera se construyeron grandes edificios que sugieren estar en presencia de una construcción moderna, con sus hiladas bien logradas con juntas de mortero uniformes y el cuatrapeo necesario para lograr mayor estabilidad.

Egipto y Grecia

En Egipto, por la misma época, se pudo escoger y se prefirió para las grandes obras la roca traída de las montañas a lo largo del Nilo. Calizas, areniscas, granitos, basaltos y alabastros fueron explotados en las canteras estatales; allí, los bloques eran desprendidos perforando agujeros en los que luego introducían cuñas

metálicas. Una vez separados, estos bloques eran desbastados con ayuda de bolas y martillos de diorita para formar grandes monolitos que pesaban cientos de toneladas, como los usados en los núcleos de las pirámides (Fig 2.2) o incluso tallados directamente en la forma de columnas, vigas y losas, como en los templos de Luxor. Estas "unidades de mampostería" ciclópea eran asentadas con morteros de yeso y cal.



Figura 2.2 Bloques de rocas.

Grecia adoptó una arquitectura de lujo y de exteriores y, si bien carecía de las ricas canteras egipcias, poseía los mejores mármoles para llevarla a cabo.

Ellos sirvieron para revestir su gruesa mampostería de piedra caliza asentada con morteros de cal.

En Egipto y en Grecia la construcción importante es de piedra, rectilínea; el arco era inexistente. Consecuentemente la arquitectura estaba limitada en sus posibilidades espaciales interiores por la escasa resistencia del material a la tensión. La piedra exigía claros pequeños para las vigas, y las losas y los espacios entre columnas tenían que ser reducidos.

En la actualidad en nuestro medio se utiliza mampostería de piedra especialmente en los cimientos, colocada acomodada con el cuatrapeo necesario o bien con algún aglutinante, pudiendo tener mamposterías secas comunes o cementadas para mayor resistencia; dichas cimentaciones se utilizan cuando las cargas no son muy fuertes y la construcción es permanente, pero si el peso es excesivo y la fatiga es baja su utilización no es conveniente. Para la cimentación de piedra esta deberá ser sana y

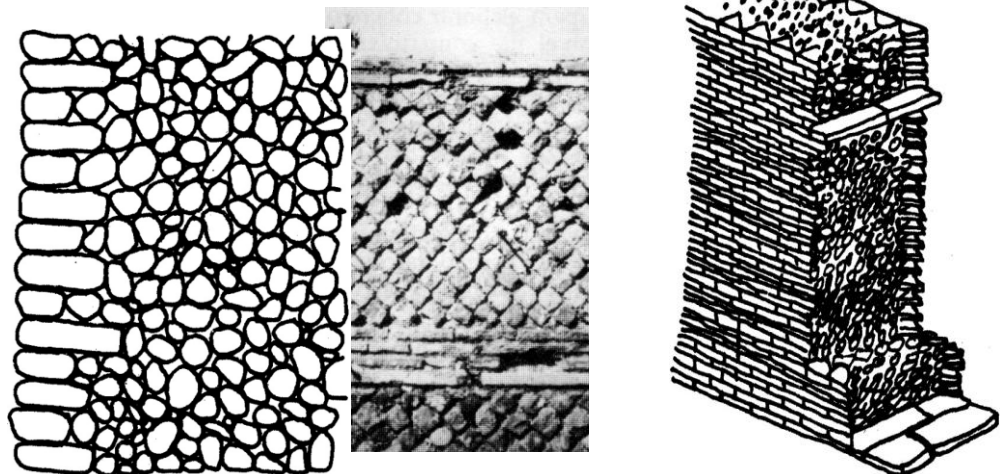
no intemperizada; no se aceptan pedruscos que presenten grietas, huecos o algún defecto similar.

Roma

En algunas obras, los romanos utilizaron piedra importada de las mejores canteras egipcias y mármol griego; en la mayoría de los casos emplearon la piedra de sus depósitos de caliza, travertino y tufa volcánica, y la tecnología sumeria de la mampostería de ladrillos de arcilla. A esta tecnología aportaron una nueva racionalidad constructiva y la invención del mortero de cemento y del concreto.

La nueva racionalidad consistió principalmente en el desarrollo de diferentes sistemas para la construcción de muros (Fig. 6), las cuales eran más económicos y fáciles de levantar, particularmente empleando el nuevo mortero de cal al cual incorporaron de acuerdo con el relato de Vitruvio (25 a.C.): "una clase de polvo que por causas naturales produce resultados asombrosos. Se le encuentra en la vecindad de Baia y Putuoli y en los alrededores del monte

Vesubio. Esta sustancia, cuando es mezclada con cal o piedras, no solamente provee resistencias a construcciones, sino que cuando se construye pilares en el mar, endurece bajo el agua".



a) Opus incertum

b) Opus reticulatum

c) Opus testaceum

Figura 2.3. Tipos de muros romanos

Las invenciones e innovaciones romanas significaron una verdadera revolución tecnológica de la construcción y tuvieron los siguientes efectos sustanciales:

- a) Posibilitar la construcción de cimentaciones más competentes.
- b) Simplificar la construcción de los muros. El muro romano de las construcciones públicas era tradicionalmente de mampostería de piedra natural o de ladrillos cerámicos asentados con mortero de cal, y en los muros más gruesos (Fig. 6), el espacio entre dos muros delgados de mampostería era rellenado con pedacería de ladrillos o piedras acomodadas con mortero de arena y cal.
- c) Libertad para el desarrollo de la tecnología del arco, bóveda y la cúpula, que si bien eran formas estructurales conocidas desde los sumerios, 3 500 años antes, estaban aprisionadas por las ajustadas restricciones impuestas al constructor por la piedra y el ladrillo.
- d) Posibilitar aberturas totales o parciales en los muros usando arcos o bóvedas, proveyendo así una herramienta de gran potencial en el diseño de interiores.

Muchas grandes obras romanas son frutos de la revolución del mortero y del concreto. Una de las más notables es el Panteón (Fig. 2.4), porque reúne de manera coherente la totalidad de la creatividad arquitectónica y estructural y la refinada aplicación de la nueva tecnología constructiva.

La construcción del Panteón la inició 27 años antes de Cristo. Se trataba, en su versión primera, de un edificio clásico de planta rectangular soportado en columnas y construido en piedra. Su forma actual fue decidida por el emperador Adriano, quien modificó sustancialmente el edificio aprovechando las nuevas tecnologías del concreto y de la mampostería, terminando aproximadamente en el año 118 después de Cristo.

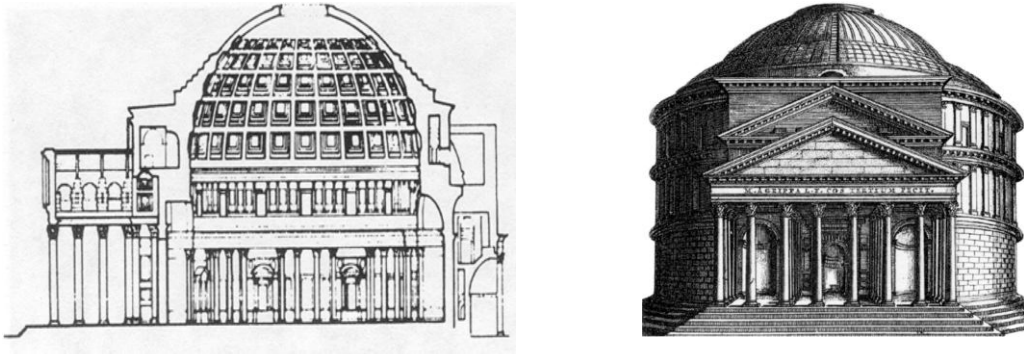


Figura 2.4. El Panteón, sección y Planta

El Panteón es un edificio circular de mampostería y concreto con acabado de ladrillo en las paredes exteriores y mármoles en el interior, cubierto con un gran domo de concreto.

Del siglo V al siglo XIX

Después de Roma, el avance de la tecnología de la mampostería en Europa se detiene por varios siglos ya que se dejan de fabricar ladrillos; los morteros de cemento y el concreto, desaparecen, perdiéndose su tecnología, siendo rescatada 13 siglos después por Smeaton, quien en 1756 reconoció la necesidad de usar en Inglaterra una mezcla de cal y puzolana italiana para la reconstrucción de partes de estructuras sumergidas o expuestas a la acción del mar.

En el siglo XII, los arcos sumerios y romanos de medio punto ceden el paso al arco apuntado gótico y a la bóveda de crucería que posibilitan cubrir grandes claros y transforman la estructuración tradicional de las obras de mampostería. Se sustituyen, así, gruesos muros laterales por muros esbeltos, y la pequeña ventana románica por grandes ventanas. Se alcanza una arquitectura de equilibrio, en donde el empleo de mampostería de arcilla o piedra con juntas gruesas de morteros de cal proveía la posibilidad de modificar su geometría inicial para acomodarse a las líneas resultantes de las fuerzas generadas por las cargas verticales y los empujes laterales, manteniendo al conjunto en una estabilidad de compresión en todas sus secciones y elementos.

La mampostería fue importante en Europa occidental para controlar desastrosos incendios que destruían a las ciudades medievales. Por ejemplo, después del gran incendio de 1666, Londres deja de ser una ciudad de madera para convertirse en una de mampostería. En 1620, el rey de Inglaterra Jacobo I, había proclamado el espesor mínimo de los muros en sótanos y primeros niveles en dos y medio espesores de ladrillo, ella fue seguida en 1625 por otra ordenanza que especificaba las dimensiones del ladrillo estándar.

La mampostería era aplicada también en otras partes del mundo. La gran muralla china de 9 m de altura tiene una gran parte de su longitud construida con ladrillos de arcilla unidos con mortero de cal.

Los árabes emplearon la mampostería en sus mezquitas y minaretes, desarrollando una construcción masiva en sus espesores, delicadísima en sus cierres y detallado y conteniendo muchas veces un increíble alarde geométrico.

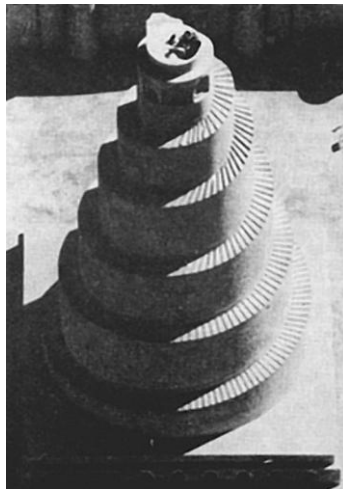


Figura 2.5. Minarete (siglo IX) de 60 m de altura en la gran mezquita de Samarra, actualmente Iraq

Con la revolución industrial (siglo XVIII), se extendió la aplicación de la mampostería de ladrillos de arcilla en Inglaterra. Desde un inicio las grandes plantas para fabricar ladrillos se ubicaron en la vecindad de las minas de carbón, combustible abundante y barato.

Un paso importante en el mejoramiento de la producción de las piezas lo constituyó el cambio de combustible, usualmente a gas y el salto más importante fue el rediseño de los hornos, emprendido en países como Dinamarca, donde era muy grande la necesidad de economizar combustible.

El perfeccionamiento del horno fue acompañado de maquinaria auxiliar: molinos, trituradoras y mezcladoras para las materias primas; extrusoras y prensas mecánicas para el formado de unidades (Fig. 2.6). El cambio más significativo durante la revolución industrial fue la gradual sustitución de la vía empírica por métodos científicos. Se realizó un análisis racional de las materias primas, una medición exacta de temperaturas del horno y una formulación de las normas para impedir el agrietamiento en ladrillos.

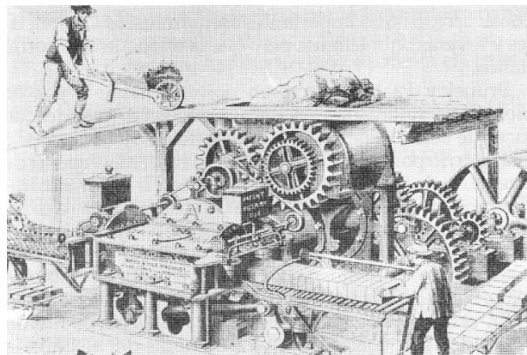


Figura 2.6. Máquina de Clayton (1863) para el proceso de extrusión. Incluía desde la molienda de la arcilla hasta el corte de las unidades

La mampostería de ladrillo llega al nuevo mundo traída por los europeos, aunque como se mencionó ya había sido utilizada esta tecnología por los mayas de Comalcalco. En las colonias de la costa Atlántica norteamericana se realizaron grandes producciones artesanales de ladrillos de arcilla empleando prácticamente los mismos moldes que miles de años atrás inventaron los sumerios. Los ladrillos fueron utilizados para construir con los mejores obreros de la colonia (los holandeses), edificios de mampostería dando formalidad inglesa a las partes antiguas de muchas ciudades norteamericanas y particularmente a las del estado de Virginia.

En Perú, el ladrillo no se fabricó localmente: se trajo como lastre en los barcos que en su viaje de vuelta trasladarían el botín a España. Por ello, la construcción es principalmente de adobe y caña hasta bien entrado el siglo XX. La gran Penitenciaría de Lima fue la excepción, ya que para su construcción en 1856 se instaló una fábrica donde se moldearon casi siete millones de ladrillos de cerámica. La mampostería se elaboró con mortero de cal.

Entre finales del siglo XVIII y el siglo XIX ocurrieron en Europa los siguientes avances:

En 1796, se patenta el "cemento romano" que era, estrictamente hablando, una cal hidráulica. En 1824 se inventa y patenta el cemento portland. Entre 1820 y 1840, se inventa la máquina para extruir ladrillos de arcilla, se usa por primera vez mampostería reforzada, y se inventa el horno de producción continua. Entre 1850 y 1870 se inventa y patenta el bloque de concreto, el ladrillo sílico-calcáreo y el concreto armado.

Entre los años 1889 - 1891 se construyó, en Chicago (Illinois, E.U.A.), el edificio Monadnock en el cual su diseñador empleó los criterios más modernos de la ingeniería alcanzados hasta ese momento que incluían la aplicación de fuerzas horizontales y la determinación, con criterios empíricos, del espesor de los muros de mampostería en función de la altura. El edificio de muros de carga exteriores de mampostería simple consta de 16 pisos y de muros de 1.80 m de espesor en la base dando lugar a un área de ocupación de la planta por la estructura de 25% del área total. Este fue el último edificio alto de su clase en Chicago y es hoy un monumento histórico.

El reglamento de construcción de la Ciudad en Nueva York de 1924 indicaba que, un edificio de 12 pisos de altura de muros exteriores de carga de mampostería requería por cada metro cuadrado de área bruta, un tercio de metro cúbico de mampostería. Obviamente, un material estructural con tan elevado consumo de material y tan grande ocupación de área no era competitivo y estaba llamado a desaparecer. Era claro que el problema no estaba en el material en sí sino en la falta

de conocimiento ingenieril del mismo, que imposibilitaba su análisis y dimensionamiento racionales. En los últimos 40 años, sobre la base de investigaciones analíticas y experimentales en diversas partes del mundo, incluyendo a México, el diseño y construcción de la mampostería se ha racionalizado y ha adquirido el apelativo redundante de mampostería estructural.

En 1954 se completó, en Zurich, el primer edificio de muros de carga de mampostería diseñada racionalmente. Su altura es de 20 pisos y los muros de mampostería simple tienen 320 mm de espesor, determinado prioritariamente por condiciones de aislamiento térmico. Por otra parte, la destrucción de edificaciones de mampostería simple por sismos en California, Colombia, China e Italia, y el buen comportamiento sísmico de la mampostería correctamente reforzada y construida en Nueva Zelanda, Chile, Perú y México han dado un fuerte impulso a la investigación, y a la determinación de configuraciones estructurales y a métodos de análisis, diseño y dimensionamiento racionales. En regiones sujetas a alto peligro sísmico, es usual la construcción de edificios de varios niveles con muros de carga de mampostería con diferentes modalidades de refuerzo, que son competitivos económicamente con otras formas y materiales estructurales.

Por otro lado en Tarija existen edificaciones de mampostería combinada de piedra y ladrillo gambote como el edificio picardo figura 10, que fue construido en 1930 y está conformado también por losas con vigas de madera.



Figura 2.7. Edificio picardo

Por su parte, en algunos países latinoamericanos y europeos, ubicados en zonas con alto y moderado peligro sísmico, se ha popularizado con mucho éxito el empleo de multifamiliares de altura media (hasta 5 ó 6 pisos) de muros de carga de 120 a 240 mm de espesor, de mampostería reforzada con elementos perimetrales de concreto reforzado (mampostería confinada) o de mampostería con refuerzo interior, diseñados y construidos con base a reglamentos propios que recogen las investigaciones y experiencias realizadas.

Proceso tecnológico.

Suelo cemento.-

El ladrillo de suelo-cemento es realizado mediante estabilización y prensado del suelo, utilizando la tierra no fértil como materia prima.

Sus principales características son:

-Se puede utilizar para la realización de mampostería de ladrillo con igual técnica que la mampostería tradicional de ladrillos de cerámica roja.

-En su composición no interviene tierra proveniente de la capa fértil (tierra negra), ya que ésta no resulta apta para la reacción con el cemento y posterior endurecimiento. Al contrario, son más adecuadas aquellas que, en su composición, contienen un alto porcentaje de arena, escasa cantidad de limo y nulo contenido de humus.

-Su fabricación es similar a la de bloques de cemento, ya que las etapas de producción se asemejan.

-El coste del ladrillo se limita al coste del cemento, por lo tanto no es muy económico.

-Cada ladrillo de suelo-cemento es ligeramente más pesado que un ladrillo cocido tradicional.

-Presentan menor capacidad higroscópica que un ladrillo común: un ladrillo de suelo-cemento absorbe 10 veces menos agua que un ladrillo cocido tradicional.

Componentes del suelo-cemento.- El conjunto de suelo, cemento y agua, dosificados y compactados, constituye el suelo-cemento.

Suelo: El suelo adecuado para ser estabilizado con cemento es el que da una resistencia elevada y poca contracción al secarse. Esto significa tener aptitud para ser compactado.

Éste suelo debe tener presencia de arena, limo y arcilla, aunque estos últimos en escasa proporción, a fin de que den la necesaria cohesión a la mezcla.

Si alguno de estos componentes estuviera ausente en la composición genuina de la muestra de suelo, o estando presentes no lo hicieran en la proporción deseada, éstos deben ser adicionados hasta acercarse a la composición óptima de trabajo de la tierra para suelo-cemento.

Debido a la sobrecarga de costes que provoca el traslado y acopio de grandes volúmenes de tierra, se debe considerar como condición óptima de producción el empleo de tierra local, donde debe ser extraída a una profundidad mayor, a 30 ó 40 cm de la superficie, o a una profundidad tal que no existan vestigios de capa vegetal.

Para reconocer la composición de la muestra de suelo existen pruebas de campo, de sencilla realización, que indicarán cuál es la más indicada para la realización de suelo-cemento.

Tendrán prioridad los suelos arenosos, en función de que producen mejores resultados de compactación y resistencia al ser estabilizados con cemento.

Cemento: Constituye el medio estabilizante. El agregado de cemento mejora las condiciones del suelo respecto a la acción de agentes como la humedad, dándole características de estabilidad y resistencia.

La dosificación del aglutinante debe ser realizada en unidades de peso en relación a la cantidad de suelo empleado para la mezcla. Ésta depende, en gran medida, del sistema de compactación adoptado:

- . A menor compactación, mayor presencia de cemento
- . A mayor compactación, menor presencia de cemento

Agua: La función del agua es hidratar el cemento y hacerlo "reaccionar" y contribuir a la máxima compactación del suelo.

Elaboración.- En función del producto a elaborar se organizan las etapas de producción en relación a la técnica seleccionada. Esto es, diseño de los métodos, disponibilidad de materiales, mano de obra y del equipamiento técnico necesario.

Para la elaboración de ladrillos de suelo-cemento las etapas generales del procedimiento de elaboración consisten en:

1. Selección del suelo.
2. Extracción del suelo.
3. Secado.
4. Tamizado.
5. Mezclado de componentes en seco
6. Adición de agua
7. Compactación y moldeo
8. Acopio y curado
9. Estiba y transporte.

Mampostería de suelo-cemento.- Respecto a la utilización de los ladrillos de suelo cemento en mamposterías, cabe aclarar que es básicamente similar a la realización del aparejo de una pared de ladrillos cocidos. Las dimensiones, trabas, espesores de pared, encuentros con carpintería, se realizan de igual manera.

La diferencia radica en el comportamiento monolítico de una pieza moldeada en suelo-cemento con la junta realizada con mortero de suelo.

Un mortero de asiento de ladrillos de suelo-cemento debe cumplir con las siguientes condiciones:

Que sea trabajable, para deslizar y ubicar el mampuesto con facilidad.

Que tenga un aspecto homogéneo y que no fisure.

Que tenga buen comportamiento frente a la erosión, esto es, que no se desgaste por envejecimiento.

Que sea impermeable. Tratándose de ladrillos de suelo-cemento, con muy bajo índice de permeabilidad, debe evitarse la penetración de humedad por las juntas del mampuesto.

Debido a problemas de fisuración es menester asegurarse de que los morteros de suelo a emplear contengan entre el 70% y el 80% de material granular (arena).

La desventaja de la mampostería de suelo cemento es que se producen grietas de contracción, las cuales pueden reflejarse en las capas bituminosas superiores, por lo cual tiene una reducida resistencia al desgaste

Ladrillo cerámico.-

El Ladrillo es el material de construcción más antiguo fabricado por el hombre. En los primeros tiempos se comenzó elaborándolo en su forma cruda, que es el adobe. Su difusión se debió a que el hombre le dio tamaño que se acomodaba a su mano y para hacerlo recurrió a materias primas accesibles, que se pueden encontrar casi en cualquier parte.

Proceso de fabricación del ladrillo:

a) Selección y preparación de tierras.

Las tierras a emplear en la fabricación de ladrillos, han de ser bastante arcillosas, las cuales se mezclan con agua añadiendo si es necesario algún material corrector, si son muy grasas o muy magras, esta masa es triturada mediante molinos de rulos o cilindros a fin de evitar la presencia de terrones.

En algunos casos se hace sufrir a las tierras cierta meteorización, exponiéndolas en capas de poco espesor a la acción de la intemperie y las lluvias para que sean lavadas de materiales extraños contenidos, es decir, se homogeniza la masa al disolver sales y podrir impurezas orgánicas como ser raíces.

Si bien existen varios métodos para purificar las tierras, el mas conocido es el de levigación, poniendo las tierras en suspensión en grandes depósitos de agua, agitando con una serie de rastrillos giratorios que logran una decantación en el fondo, de raíces, piedras, arenas, margas, etc. Dejando libre la masa.

b) Amasado.

Industrialmente el amasado se hace a maquina, mediante molinos de rulos o cilindros, a fin de obtener la misma consistencia y que todos sus granos estén perfectamente húmedos.

Las maquinas empleadas constan principalmente de un cilindro rotativo horizontal o ligeramente inclinado que en su interior lleva unas paletas o una hélice helicoidal que tiene por objeto batir o amasar la mezcla hasta que tome la consistencia y plasticidad corriente y a la vez impulsarla hacia una boquilla de salida. A estas maquinas amasadoras se las conoce generalmente con el nombre de malaxadoras o galleteras.



Figura 2.8 Malaxadora.

Como puede apreciarse cumplen doble propósito pulverizar el material y amasarlo, modernamente se añaden bombas especiales que producen al vacío, que influyen grandemente en evitar posteriores resquebrajamientos del ladrillo terminado, así como un ahorro en tiempo de secado y cocción.

c) Moldeado.

La masa preparada en el molino de rulos es expulsada a través de la boquilla, una abertura rectangular que origina un prisma también rectangular sin fin, esta masa va saliendo sobre una mesa transportadora y llega a un bastidor constituido por alambres muy finos, que al cerrarse sobre la masa, va cortándola y moldeando los ladrillos en este caso macizos; para obtener variedades, dependerá de utilizar diferentes tipos de boquillas, en el caso de ladrillos huecos, la boquilla lleva unos machos centrales que originan el numero de huecos de la pieza. Para algunos ladrillos que han de presentar cierto tipo de molduras en bajo relieve, que el sistema de boquilla no pueda realizarlo, se emplean moldes individuales que sometidos a

presiones determinadas (termino medio 200 atmosferas) logran el moldurado, inclusive se conoce maquinas como la revolver que realiza el moldeo de varias piezas a la vez. Toma ese nombre porque los moldes están dispuestos a manera de un tambor del arma citada.

d) Secado.

Esta etapa consiste en que las piezas ya moldeadas pierdan la humedad que contienen por evaporación de la misma. Esto se logra en forma rustica mediante el tendido de las piezas en canchas preparadas al efecto, que luego son levantadas en rejales.

Otra forma es la de almacenar los ladrillos en galpones, que llevan ventilaciones en los muros hastiales, para producir un cruce de aire, evitando su exposición a los rayos solares.

También se dispone de galpones herméticos en los cuales se deja penetrar aire caliente o vapor. Como también el aprovechamiento de los gases calientes de los hornos de cocción o el calor remanente de los mismos, colocando los ladrillos sobre los muros exteriores.

Lo importante en cualquiera de estos sistemas es lograr el secado en forma progresiva y lenta, pues de otra manera al producirse una rápida evaporación las piezas son susceptibles a deformarse o resquebrajarse.

e) Cocción.

Esta etapa, una de las mas importantes pues dependerá en gran parte de ella que los ladrillos adquieren la consistencia pétreo buscada.

La cocción de los ladrillos se la realiza en hornos y entre éstos podemos diferenciar: 1.- Hornos rústicos. 2.- Hornos intermitentes y 3.- Hornos continuos.

1.- Hornos rústicos o de mole. Son pirámides levantadas con los mismos ladrillos, colocados en rejales y alternados cada tres hiladas con una capa de carbón, rectangulares o circulares en planta, con un radio aproximado de 4 a 6 m. y una altura de 6 a 8 m. excavando o dejando sobre el terreno un espacio destinado al hogar, el que es abovedado con los mismos ladrillos a

cocer. Se cubre la mole con barro, dejando algunos agujeros para el escape de gases. Se inicia la combustión y la cocción dura de 24 a 36 horas, necesitando de un par de días para enfriarse y poder ser retirados los ladrillos. La cantidad de ladrillos variara de acuerdo a las dimensiones de la mole.

La desventaja de estos hornos esta en la desigual cocción que reciben las piezas, ya que los que están al centro en muchos casos salen recocidos y los de los bordes con una deficiente cocción, lo que supone seleccionar el material y en relación a la cantidad inicial, una menos para su venta. Para iniciar una nueva operación de cocido se ha de esperar el enfriamiento del horno, con una consiguiente pérdida de tiempo y producto.

2.- Hornos intermitentes.- Como ejemplos pueden tomarse: el horno de reverbero de Cassel. Con los anteriores su diferencia es que ya se trata de hornos perfeccionados y si bien es necesario para una nueva carga, esperar su enfriamiento se puede alrededor de la chimenea de expulsión de gases construir cámaras gemelas que permitan tener siempre en funcionamiento una de ellas.

Las partes esenciales de estos hornos son: el hogar, la conducción de los humos de la cámara de cocción y la evacuación de los gases por pequeños orificios en la bóveda, que cumple función de cubierta y la expulsión o tiraje de la mayor parte de los gases por una gran chimenea.

Las puertas de carga y descarga del combustible durante la cocción son tapiadas. En el horno de Cassel lo interesante es la separación del hogar y la cámara por medio de un muro perforado, que a tiempo de transmitir el calor del hogar, retiene cenizas provenientes de la construcción, la denominación de reverbero se origina en el diseño del techo del horno, que permite llegar el calor del hogar mediante radiación del material refractorio del que esta formado.

Todos estos hornos llevan paredes interiores con revestimiento refractorio y sus muros portantes son de gran espesor, para evitar la pérdida del calor interior.

3.- Hornos continuos.- Se denomina así porque su funcionamiento al poseer varias cámaras no necesita de un receso para enfriamiento, el mas representativo en este tipo es el horno Hoffman, ideado en 1858 por Frederik Hoffman, director y propietario de la fabrica de productos cerámicos de Siegersdorf.

Este horno construido con mampostería de gran espesor, para evitar la pérdida del calor, presenta una planta generalmente circular u ovalada. Las partes esenciales del horno son: canal de cocción o combustión que esta dividido en 24 o 36 cámaras separadas por paneles de papel, cartón o palastro, una cámara concéntrica, colectora de humos y una gran chimenea. Cada una de las cámaras de cocción tiene tres comunicaciones principales, una puerta al exterior para carga y descarga de los ladrillos, otra con la colectora de humos y las comunicaciones con las otras cámaras laterales, además como siempre las pequeñas aberturas en la bóveda de cubierta, cuya función ya conocemos.

El funcionamiento, de acuerdo al esquema indicado es el siguiente

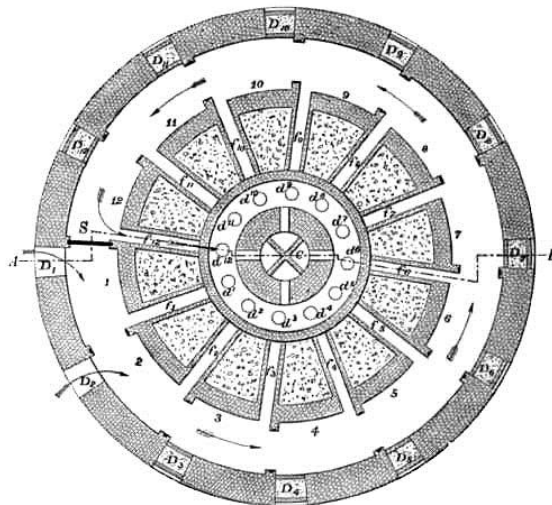


Figura 2.9 Esquema horno Hoffman.

El círculo interior se divide de 12 a 24 cámaras, que e encuentran conectadas interiormente y al mismo tiempo a un conducto que expulsa el aire hacia una chimenea. Las cámaras se cierran de forma temporal con una puerta o pared de ladrillo hasta que finaliza el proceso de cocción.

Considerando dos cámaras: la cámara de carga (1) y la opuesta que es la de combustión o fuego (7). Cuando la cámara (7) se halla en plena combustión en la cámara (1) se han retirado los ladrillos ya terminados y se carga con nuevos para su cocción.

Las grandes ventajas de este horno estriban en la continuidad y sencillez del proceso, en la excelente recuperación del calor almacenado por los ladrillos ya cocidos; en la economía del combustible y por ultimo que la cochura de las piezas resulta mas uniforme.

Aplicaciones

Los muros de mampostería de piezas artificiales están formados básicamente por dos elementos: por un lado, piezas que forman los ladrillos o bloques de arcilla cocida, y por otro, el mortero que se utiliza para unir dichas piezas; estos componentes se unen con el fin de actuar como un solo elemento.

En su variedad de tipos, la mampostería se ha utilizado en la construcción de múltiples estructuras; antiguamente eran habituales los muros empleados únicamente para resistir cargas verticales, y se ignoraban las cargas sísmicas; reconociendo esta condición, se empezaron a efectuar ideas a partir de investigaciones en torno a este tema a fin de implementar cambios en el método, de modo que los muros resistieran, simultáneamente a las cargas verticales, las cargas horizontales generadas. Algunos ejemplos de muros de mampostería son:

Muros portantes de mampostería simple

Mampostería simple es el tipo de mampostería estructural sin refuerzo. Los esfuerzos dominantes son de compresión los cuales deben contrarrestar los esfuerzos de tensión producidos por las fuerzas horizontales. En algunas normativas se prohíbe su aplicación explícitamente para las zonas de amenaza sísmica alta e intermedia.

En estos muros, predominan los refuerzos de compresión que se contrarrestan con los esfuerzos de tensión que producen las fuerzas horizontales.

Muros portantes de mampostería simple confinada

Es la mampostería con los elementos de concreto reforzado (vigas y columnas de amarre), en su perímetro, vaciados después de construir el muro de mampostería simple. En nuestro medio, la mampostería confinada es la más común y con ella se construye la mayor parte de viviendas de 1 y 2 pisos; se hace con bloques de arcilla cocidos, de huecos horizontales, de resistencia mediana o con bloques de mortero, contruidos artesanalmente, baja resistencia y poca estabilidad dimensional. Ya que se usan bloques de concreto, fabricados con tecnología adecuada y que permiten obtener buenas resistencias y durabilidad.



Figura 2.10 Mampostería simple confinada

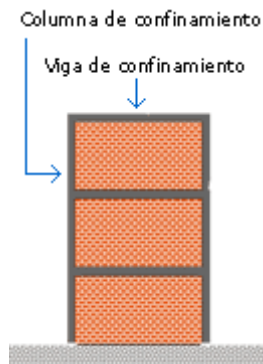


Figura 2.11 Esquema de mampostería confinada.

Muros portantes de mampostería armada

Es la mampostería con refuerzo embebido en celdas rellenas, conformando un sistema monolítico. También tiene refuerzo horizontal cada cierto número de hiladas. El refuerzo se usa para resistir la totalidad de las fuerzas de tensión y ocasionalmente, para resistir los esfuerzos de compresión y cortante que no pueda resistir la mampostería simple.



2.12 Mampostería Armada.

El refuerzo de muros de piezas huecas con barras verticales colocadas en los huecos de las piezas y con barras horizontales ubicadas en las juntas entre hiladas o en piezas especiales, es un procedimiento de construcción que se está empleando con frecuencia en diversos países aun en zonas sísmicas y edificios de cierta altura.

Existen diferentes formas de armar la mampostería:

- Mampostería reforzada totalmente inyectada
Es aquella que tiene todas las celdas inyectadas de mortero de relleno o grout y el refuerzo vertical es colocado en dichas celdas con espaciamientos menores a 1.20m.
- Mampostería reforzada parcialmente inyectada
Es similar a la anterior con la diferencia que no todas las celdas de las unidades van inyectadas. Todas las celdas donde se coloca refuerzo van inyectadas.
- Mampostería parcialmente reforzada
Se diferencia de la anterior en la cantidad de refuerzo colocado, el cual es aproximadamente la mitad y es espaciado hasta un máximo de 2.40m.

Tres tipos de mampostería:

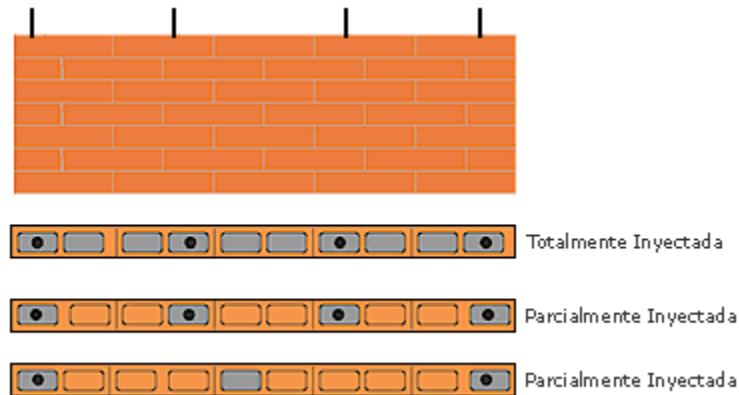


Figura 2.13 Tipos de mampostería reforzada.

Muros de cerramiento

Son aquellos cuya función principal es la de dividir espacios, sin tener una función expresa o tácita de soportar techos o niveles superiores. Este tipo de mampostería conforma las particiones o fachadas en edificios con sistemas portantes en pórticos de concreto, acero o, incluso, madera.

1.1. Ámbitos de utilización

1.1.1. Estructuras de edificación.

Las estructuras de edificación son el uso más común que se le brinda a la mampostería estructural. Se describen a continuación las ventajas de los edificios de mampostería estructural en arcilla. Algunas de estas ventajas corresponden a todos los edificios de muros, otras a los edificios en mampostería y otras a los de mampostería en arcilla:

- Mayor rigidez

Los edificios con sistema estructural de muros de carga, como la mampostería estructural en arcilla, poseen una alta rigidez al desplazamiento lateral

ocasionado por las fuerzas sísmicas, y como consecuencia de ello se genera un menor movimiento y un menor daño en los acabados.

Resuelve adecuadamente el problema de los elementos no estructurales

- Poca o ninguna tendencia a la fisuración

La tendencia a la fisuración es una limitación inherente a los edificios de muros de concreto y a los de muros de mampostería en concreto debido a su retracción por secado que no deja de ser molesta para la funcionalidad cuando no afecta la resistencia y la durabilidad que también pueden volverse preocupantes cuando no son adecuadamente resueltas.

Estos problemas no se presentan en los edificios de mampostería estructural en arcilla.

- Construcción más económica en baja altura

Es un hecho incontrovertible que las construcciones de uno y dos pisos en mampostería estructural en arcilla resultan más económicas que cualquier otro sistema estructural y por eso es el sistema más utilizado por la gente de los estratos socioeconómicos bajos. Sólo en zonas alejadas de los centros de producción de ladrillos de arcilla cocida pudieran resultar más económicos otros sistemas.

En edificios hasta de cinco pisos también resulta muy competitiva la mampostería estructural en arcilla.

- Uso intensivo de la mano de obra

Las construcciones de uno y dos pisos en mampostería estructural en arcilla resultan más económicas que cualquier otro sistema estructural.

Mampostería viene del término “mampuesto” que significa puesto con la mano. Esto implica que la mampostería necesita ser construida utilizando mucha “mano de obra” y por lo tanto permite dar empleo a muchas personas. La utilización de sistemas constructivos industrializados importados reducen el uso de la mano de obra.

- Mayor aceptación popular

Si se observan varias ciudades, en la mayoría de ellas se ven muchos edificios cuyas fachadas son en “ladrillo a la vista” las cuales son de excelente apariencia.

Los arquitectos manejan maravillosamente la mampostería a la vista obteniendo edificios de excepcional belleza que adornan hoy nuestras principales ciudades.

Otras estructuras

Existen otras estructuras conformadas por mampostería tales como:

Los estribos de puentes: son un tipo particular de muros de contención que sirven de apoyo a la superestructura del puente. Los estribos de gravedad son de mampostería.

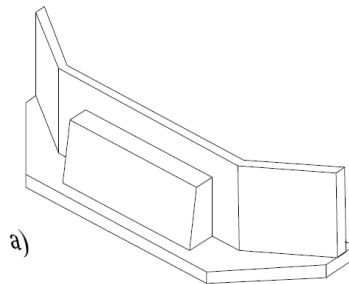


Figura 2.14 Forma de Estribo de un puente.

Acueductos: El acueducto es un sistema o conjunto de sistemas de irrigación que permite transportar agua en forma de flujo continuo desde un lugar en el que está accesible en la naturaleza hasta un punto de consumo distante. Por ejemplo El acueducto de Querétaro, es una monumental edificación de mampostería actualmente de 74 arcos que alcanzan una altura promedio de 28.5 m y una longitud de 1298 m.



Figura 2.15 Acueducto de Querétaro.

Características principales de la mampostería.

- Heterogeneidad.-

La mampostería es un material compuesto por dos materiales: Mampuesto y Mortero siguiendo alguno de los ordenamientos mostrados en la figura 1. Esto hace que las características no sean uniformes.

- Anisotropía.-

El hecho de que la mampostería se componga de los materiales antes mencionados no solo provoca heterogeneidad sino que también provoca anisotropía, o sea, el comportamiento del material depende de la dirección de aplicación de las cargas.

A modo de ejemplo, la mampostería no resistirá de igual manera una sollicitación que genere un momento flector paralelo a la junta como el mostrado en la figura 2.16, que otra con momento flector perpendicular a la junta mostrado en la figura 2.17.

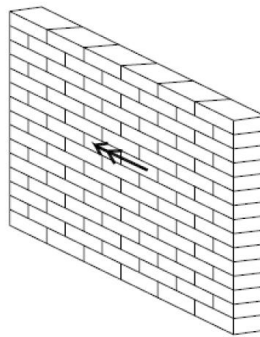


Figura 2.16. Vector momento paralelo a la junta.

Fuente: Apuntes IET

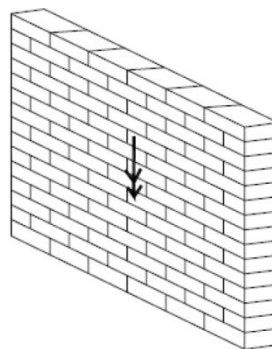


Figura 2.17. Vector momento perpendicular a la junta

Fuente: Apuntes IET

- Resistencia a la compresión vs Resistencia a la tracción.-

La mampostería es un material que presenta una buena resistencia a compresión, tiene un buen comportamiento frente a cargas verticales y horizontales paralelas a su plano, pero tiene muy poca resistencia a tracción por lo que no es muy resistente a cargas horizontales perpendiculares a su plano. Por lo tanto se debe aprovechar al máximo su resistencia a compresión para compensar la poca resistencia a tracción que posee.

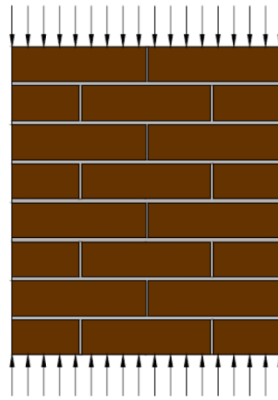


Figura 2.18. Compresión perpendicular a la junta.

Fuente: Apuntes IET.

- Variabilidad.-

La resistencia de los elementos de mampostería depende de varios factores. Entre ellos las características físicas y mecánicas de los materiales empleados y la técnica constructiva utilizada: resistencia del mampuesto; geometría de la unidad; resistencia del mortero; espesor de la junta; tasa de succión inicial del mampuesto; retentividad de agua del mortero; calidad de la mano de obra.

Todos estos factores hacen que la mampostería tenga una gran variabilidad. Por mayores que sean los controles en la fabricación de cada uno de los materiales con los que se forma la mampostería, el toque “artesanal” dado por la mano de quien levanta el muro de mampostería hace que el material tenga una variabilidad. Si a esto se le suma, el hecho de que las propiedades

de la misma dependen, como se verá mas adelante, de las condiciones de humedad ambiente, temperatura, etc. hace que sea muy dificultosa la caracterización de las propiedades de la mampostería.

Si se desea hacer un hormigón de 250 kg/cm², luego de dosificarlo y hacer algunas pruebas se podrá obtener en una planta hormigonera un material que asegure que se alcanza este valor de resistencia a la compresión, esto resulta más difícil de alcanzar en la mampostería, lo cual trae aparejado mayores coeficientes de seguridad en cuanto a las propiedades resistentes de dicho material.

Ventajas de la mampostería.

Algunas de las ventajas del uso de mampostería estructural son:

- Menores costos: se optimizan los costos al utilizar los muros como portantes.
- Se eliminan vigas y columnas: esto trae como consecuencia que las cargas lleguen a las fundaciones mas distribuidas (en los muros) por lo que las tensiones van a ser menores.
- Baja especialización: los trabajos de mampostería en general no requieren personal altamente calificado lo cual resulta económico.
- Aislamiento: la mampostería brinda un buen aislamiento térmico y acústico.
- Estética: las obras realizadas en mampostería son de buena calidad estética.
- Durabilidad: la mampostería (no armada) no presenta problemas de corrosión como las estructuras de hormigón armado, por lo cual se obtiene mayor durabilidad.
- Resistencia al fuego: la resistencia al fuego es mayor que con otros tipos de estructuras, tanto de hormigón como de madera.
- Reparación y mantenimiento: ambos resultan simples.
- Se dispone de mampuestos de diversas dimensiones.

Normativas existentes.

Actualmente existen una variedad de normas y reglamentos referidos al comportamiento y diseño de la mampostería estructural, teniendo muchas de ellas varias similitudes.

Algunas de las normativas existentes son:

Reglamento argentino de estructuras de mampostería CIRSOC 501: Este Reglamento establece los requerimientos mínimos para el diseño y construcción de estructuras de mampostería compuestas por mampuestos asentados con mortero. Las prescripciones contenidas son de aplicación directa en la zona sísmica 0 (cero) del territorio nacional y se deberán complementar con las contenidas en la Parte III del Reglamento INPRES-CIRSOC 103 para su aplicación a las otras zonas sísmicas del país.

Este Reglamento es válido sólo si se utilizan los materiales en él contemplados.

Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11 (capítulo 6): Los requisitos indicados en estas normas, están dirigidos a lograr un comportamiento apropiado de las construcciones en mampostería estructural bajo condiciones de carga vertical permanente o transitoria, bajo condiciones de fuerzas laterales de viento o sismo y bajo estados ocasionales de fuerzas atípicas. Indica también que las estructuras de mampostería deben diseñarse por el método del estado límite de resistencia; sin embargo, también se permite el diseño de estas estructuras por el método de los esfuerzos admisibles.

Diseño y construcción de estructuras de mampostería (Instituto de ingeniería UNAM México): Consta de Normas Técnicas para diseño construcción de estructuras de mampostería. En el capítulo tres se explica el método simplificado de diseño, en el capítulo 4 el método detallado de diseño y en el capítulo 5 nos habla de los materiales y procedimientos de construcción. Esta normativa es similar a la británica BS5628.

CÓDIGO BS 5628: Es un Código de prácticas para el uso de la albañilería, es el estándar británico actual para el diseño de estructuras de mampostería no reforzada y reforzada de todo tipo. Son tres las partes de la Norma británica:

Parte 1: El uso estructural de mampostería no reforzada

Parte 2: El uso estructural de mampostería armado y pretensado

Parte 3: Materiales y componentes, diseño y mano de obra

La Norma establece los requisitos mínimos para el diseño y construcción de albañilería, incluyendo sin refuerzo, armada y pretensada, con unidades fabricadas de arcilla, silicato de calcio, hormigón, unidades de mampostería de piedra natural y ladrillos de formas y tamaños especiales. En Sudamérica tanto la Normativa guatemalteca como la uruguaya tienen como referencia a la BS 5628.

Por otra parte en México se han desarrollado estudios sobre mampostería, y basados tanto en experiencias como en la Norma Británica se han redactado las “Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería” las cuales contienen requisitos mínimos para el análisis, diseño y construcción de estructuras de mampostería; los Capítulos 2 a 10 de estas disposiciones se aplican al análisis, diseño, construcción e inspección de estructuras de mampostería con muros constituidos por piezas prismáticas de piedra artificial, macizas o huecas, o por piedras naturales unidas por un mortero aglutinante.

Por lo tanto para el desarrollo del presente trabajo se utilizará la Normativa Británica BS 5628, sin embargo su utilización se restringirá a la primera parte de la misma ya que la investigación contemplará únicamente el comportamiento mecánico de la mampostería estructural simple (sin refuerzo). En caso de ser necesario en situaciones específicas se podrá recurrir a las Normas detalladas previamente pues se cuenta con que las mismas se encuentran sustentadas en la Norma BS 5628 y enriquecidas con experiencias regionales, que es lo que se pretende hacer con el presente trabajo de investigación.

Clasificación de los mampuestos.

Cuando hablamos de Mampuestos, nos referimos a “elementos que se colocan con la mano” su denominación es acorde al método constructivo. Dentro de las diferentes unidades de mampostería podemos encontrar ladrillos cerámicos macizos, ladrillos huecos portantes cerámicos, bloques huecos portantes de hormigón y otros.

Ladrillos cerámicos macizos.-

Independientemente de que tengan orificios o no, para denominarlos “macizos”, deben cumplir los siguientes requisitos:

- El área neta debe ser mayor que el 80% del área bruta.
- Cada agujero debe ser menor que 4% del área bruta.
- El espesor de las paredes debe ser al menos de 2,5 cm.

Ladrillos huecos portantes cerámicos.-

Existen diversos tipos, sus características principales son:

- El área neta debe ser mayor que el 60% del área bruta para poder ser considerados como estructurales.
- La altura de los mampuestos tiene que ser menos que su longitud con excepción de los medio mampuestos.
- Se deberá tener especial cuidado en el llenado de las juntas horizontales para asegurar la correcta adherencia mampuesto-mortero.

Características de los componentes de la mampostería según criterios de las Normativas correspondientes.

Mampuestos.

Los mampuestos a utilizar en las paredes de mampostería deberán estar limpios, íntegros y sin rajaduras.

Según la NB1211001 las dimensiones nominales del ladrillo hueco portante cerámico son:

Tipo	Dimensiones Nominales en mm		
	Ancho (A)	Alto (H)	Largo (L)
Ladrillos	100	60	240
Huecos	120	60	240

Portantes	150	60	240
Cerámicos	120	70	250
	120	65	250

Tabla 2.1 Dimensiones nominales ladrillo hueco portante

Fuente: Anteproyecto NB1211001

Si el valor medio de cada una de las dimensiones varía poco de las dimensiones nominales dadas por el fabricante se tomarán como valor de cálculo las dimensiones nominales.

En la siguiente tabla se indica el porcentaje máximo de variación entre el promedio de los valores reales y el nominal:

Característica geométrica	Tolerancia	
Dimensiones Nominales	largo	±2%
	alto	±3%
	ancho	±2%

Tabla 2.2 Tolerancias para las características geométricas

Fuente: Norma BS 3921

A su vez también se debe cumplir que el ancho de todo mampuesto sea mayor que 11cm.

Para ladrillos cerámicos huecos usados en paredes resistentes la resistencia característica será mínimamente de 3 MPa y el área neta mayor que el 60% del área bruta. Las paredes internas y externas deben tener respectivamente 6 y 8mm como mínimo. Deben tener al menos una pared interna paralela al plano de la pared. La suma de los espesores de las paredes internas y externas deberá ser no menor que 1/5 del ancho del mampuesto.

Otro aspecto importante es el índice de absorción de agua del mampuesto que se deberá utilizar para reflejar ciertos aspectos de calidad y durabilidad del mismo, por tanto, se limita su valor máximo según los siguientes criterios:

- La absorción máxima admitida para los mampuestos de arcilla y sílice-cal será del 22% (ASTM C – 67).

La velocidad de succión del mampuesto (según ASTM C- 67), es una característica fundamental para definir la relación mortero-mampuesto en la superficie de

contacto y, por lo tanto, la adherencia entre ambos. La velocidad de succión se define como el grado de avidez de agua de la unidad de albañilería en la cara de contacto con el mortero. Si la velocidad de succión es muy alta, el mortero, debido a la rápida pérdida del agua que es absorbida por el mampuesto, se deforma y endurece, lo que impide un contacto completo e íntimo con la cara del mampuesto que está colocando en sitio sobre él. Si por el contrario, la velocidad de succión es muy baja, es decir el mampuesto tiene en su superficie excesiva cantidad de agua se debilita la resistencia de adherencia del mortero por un exceso en la relación agua-cemento.

La velocidad de succión recomendada toma valores de 10 a 30 gramos de agua por minuto en un área de 200 cm² de la cara de apoyo del mampuesto.

Para verificar experimentalmente si se cumple con los valores recomendados se puede realizar un método práctico, sumergir los mampuestos alrededor de 30 minutos (el mampuesto alcanza la saturación) y luego se lo deja orear durante 24 horas. Si bien este método no es exacto, pues depende de variables del entorno como porcentaje de humedad, temperatura, viento, etc, se puede determinar aproximadamente el comportamiento del mampuesto frente a la succión.

Para clasificar a los ladrillos cerámicos según su resistencia característica a compresión se determinará la misma mediante ensayos de laboratorio y se calculará mediante la siguiente ecuación:

$$f_{bk} = f_{bm}(1 - 1.7 * c_v) \quad (2 - 1)$$

Siendo:

fbk: Resistencia característica del mampuesto considerado

fbm: Promedio de las resistencias determinadas mediante los ensayos correspondientes

cv: Coeficiente de variación calculado como el cociente entre la desviación estándar y el promedio de las resistencias, se determina mediante los ensayos correspondientes. Este valor no podrá ser tomado menor a 0.12.

Fórmulas estadísticas a utilizar (2-2), (2-3) y (2-4):

x_1, x_2, \dots, x_n valores de resistencia a compresión resultantes de cada ensayo.

n : Número de mampuestos ensayados.

$$f_{bm} = \left(\frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \right) \quad (2 - 2)$$

$$s = \sqrt{\frac{(x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2) - \frac{(x_1 + x_2 + \dots + x_n)^2}{n}}{n - 1}} \quad (2 - 3)$$

$$c_v = \frac{s}{f_{bm}}, c_v \geq 0.12 \quad (2 - 4)$$

- Para que sean Clase A la resistencia debe ser mayor a 8MPa y el área neta mayor que el 60% del área bruta y se pueden utilizar para todo edificio.
- Para que sean Clase B la resistencia debe ser mayor a 3 MPa y el área neta mayor que el 60% del área bruta y se pueden utilizar para edificios de menos de 7m y menos de dos pisos de altura.

Esta clasificación según la Norma Británica se adoptó como referencia para hacer la clasificación de los ladrillos fabricados en la región, considerando que se seleccionará el material de primera calidad.

1.1.2. Mortero.

El IET (Instituto de ingeniería y tecnología) basado en la normativa ASTM-C109 utiliza la siguiente clasificación de morteros según su resistencia.

Tipo de Mortero	Resistencia Característica (MPa)
E (Elevada)	15
I (Intermedia)	10
N (Normal)	5

Tabla 2.3 Tipos de Morteros.

Fuente: I.E.T.

- El volumen de arena debe estar comprendido entre 2.25 y 3 veces la suma de cemento.
- La resistencia a compresión mínima a los 28 días debe ser de 5MPa.
- La cantidad de agua a utilizar será la mínima para lograr la trabajabilidad adecuada. La normativa indica usar una relación agua-cemento de 0.485 para todos los cementos Pórtland.

La cantidad de agua utilizada para elaborar los distintos tipos de mortero deberá ser tal que permita obtener adecuadas condiciones de consistencia y trabajabilidad.

El mortero deberá utilizarse antes de transcurridas dos horas y media contadas a partir del momento de su elaboración.

Si se comprueba que ha comenzado el proceso de endurecimiento, el mortero podrá remezclarse agregándole agua hasta que adquiera su consistencia inicial.

La retentividad o retención de agua del mortero, es una característica importante que influye en la adherencia entre mortero y mampuesto. La retentividad es un índice que mide el grado de fluidez que cuenta el mortero luego que fue colocado sobre el mampuesto inferior y este comienza a absorber el líquido del mortero. Si la retentividad es baja, el mortero, debido a la rápida pérdida del agua que es absorbida por el mampuesto, se deforma y endurece, lo que impide un contacto completo e íntimo con la cara del mampuesto que se está colocando en sitio sobre él. Si por el contrario, la retentividad es alta, el mortero conserva la misma consistencia para adherir correctamente, tanto a la unidad inferior como a la superior.

El mortero debe tener una retención de agua según norma ASTM C91, igual o superior al 70%.

Se utilizará, como agregado inerte, arena natural exenta de materias orgánicas.

La granulometría de la arena deberá cumplir con lo indicado en la siguiente tabla.

Malla		Porcentaje que pasa
9.5 mm	3/8"	100
4.75 mm	No. 4	95 a 100
2.36 mm	No. 8	80 a 100
1.18 mm	No. 16	50 a 85
600 µm	No. 30	25 a 60
300 µm	No. 50	10 a 30
150 µm	No. 100	2 a 10

Tabla 2.4 granulometría de arena para mortero

Fuente: Norma ASTM C 33 – 90

Por otro lado el método de prueba a compresión que se realizará con la norma ASTM C-109 provee un medio de determinación de la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico y otros morteros y los resultados pueden ser usados para la determinación del cumplimiento con las especificaciones. Además, este método de prueba está referenciado por otras numerosas especificaciones y métodos de prueba. El uso de los resultados de este método de prueba para predecir la resistencia de concretos deberá hacerse con precaución.

Todos los especímenes de prueba para una edad de prueba dada deberán ser ensayados dentro de la tolerancia permisible prescrita como sigue:

Edad de prueba	Tolerancia permisible
24h	±1/2h
3días	±1h
7días	±3h
28días	±12h

Tabla 2.5 Tiempos de tolerancia para realizar la prueba a compresión.

Fuente: ASTM C-109

Se aplicará la carga a caras del espécimen que estén en contacto con superficies realmente planas del molde. Cuidadosamente se pondrá el espécimen en la máquina de prueba debajo del centro del bloque de apoyo superior.

De acuerdo a la Norma ASTM C109 se debe usar una carga inicial sin interrupción, hasta la falla de manera que la carga máxima se alcance en no menos de 20 s y no más de 80 s desde el momento en que se comenzó a aplicar la carga.

La resistencia a compresión se calcula con la siguiente fórmula:

$$f_m = \frac{P}{A} \quad (2 - 5)$$

Donde:

f_m = resistencia a la compresión en psi o [Mpa],

P = carga máxima total en lbf o [N], y

A = área de la superficie cargada en plg^2 o $[\text{mm}^2]$.

1.1.3. Aspectos constructivos.

Disposición de los mampuestos: Los mampuestos se deben disponer formando juntas horizontales continuas y juntas verticales discontinuas, de modo que la longitud de traba no sea menor que $\frac{1}{4}$ de la longitud del mampuesto utilizado.

En paredes resistentes ejecutadas con ladrillos cerámicos huecos, se recomienda que los tubos (huecos de ladrillos) se dispongan en posición vertical, debido a que es la dirección en que poseen mayor resistencia a compresión. Para evitar que el colado del mortero de junta se escape por los tubos verticales del mampuesto hueco, se podrá tapar la cara superior del mampuesto en forma previa a su colocación en la pared. Un procedimiento sencillo para tapar una de las caras del mampuesto hueco es ubicarlo en el piso, en posición invertida respecto a la ubicación que tendrá en la pared y colar, a través de los tubos verticales, una lechada líquida de mortero de 1 cm de espesor, que se dejará fraguar antes de dar vuelta el mampuesto para colocarlo en la pared. Esta capa de 1 cm de lechada que cubrirá el hueco del ladrillo

no tendrá ningún fin estructural y solo servirá para evitar que el mortero de junta se escape por los huecos.

Juntas: Tanto las juntas horizontales como verticales entre los mampuestos, deberán quedar completamente llenas de mortero.

El espesor de las juntas deberá ser el mínimo necesario para obtener uniformidad en la capa de mortero y una correcta disposición de los mampuestos. Las juntas tendrán un espesor máximo de 2cm, si bien los valores recomendados se sitúan en el orden de 1 cm.

El espesor de la junta necesita ajustarse a límites muy estrechos, no puede ser muy pequeña, pues eso pudiese permitir que por fallas en la ejecución, puntos de las superficies de los bloques acaben en contacto. Esa situación provocará una concentración de tensiones que perjudicaría la resistencia del muro. El espesor adecuado oscila alrededor de 1cm.

Francis (1971) comprobó que la resistencia del muro decrece con el incremento del espesor de la junta horizontal. Eso se explica porque a mayor espesor del mortero de junta, este disminuye su confinamiento y es susceptible a la rotura a cargas bajas, aun si la resistencia a compresión de probetas de mortero no sea baja como también la resistencia de los bloques.

Según Sahlin (1971) y Camacho (1995), a cada aumento de 0.3 cm en el grosor del mortero de junta hay una reducción de un 15% en la resistencia del muro. Implícitamente se delimita el grosor horizontal del mortero de junta a 1 cm, a menos que técnicamente se justifique la adopción de otro valor.

La resistencia a compresión del mortero de junta no influye significativamente en la resistencia a compresión del muro. Si la resistencia del mortero de junta fuese menor que el 30% o 40% de la resistencia del bloque, esta influencia puede considerarse importante. Por, ejemplo, según los resultados obtenidos por Gomes (1983), para muros construidos con bloques de 7.5 MPa, variando la resistencia del mortero de junta alrededor del 135%, se verificó que el incremento de la resistencia

en los muros fue solo del 11.5%. La norma británica BS5628 corrobora ese dato cuando indica que, para bloques de 7.0 MPa, al aumentar la resistencia del mortero de junta de 6.5 MPa hasta 16.6 MPa, la resistencia a compresión del muro solo se incrementa en 6%. Los morteros de junta exageradamente resistentes pueden presentar un efecto contrario al deseado, reduciendo la resistencia final del muro. De esa forma parece interesante la recomendación de Gomes (1983), que concluye que el mortero de junta debe tener como resistencia entre 70% a 100% de la resistencia del mampuesto. Se puede afirmar, sin embargo, que para resistencias de morteros de juntas alrededor del 50% de la resistencia de la mampostería, difícilmente habrá un decremento en la resistencia del muro.

Estabilidad de las paredes durante su construcción: Deberán adoptarse las precauciones necesarias para asegurar la estabilidad de las paredes durante el proceso constructivo, especialmente ante las acciones perpendiculares a su plano ejercidas por el viento u otro efecto.

Se recomienda que la velocidad de avance en altura para la construcción de los elementos de mampostería no supere los 120 cm por día.

Sin embargo para la realización de los muretes y prismas de ensayo a corte y compresión no habrá problema alguno ya que la altura no supera los 50cm.

Verticalidad de paredes y columnas: Las caras de las paredes deben estar contenidas en un plano vertical. Las paredes y columnas no deben tener una desviación vertical mayor que el 2 por mil para alturas máximas de 3m.

Para alturas máximas de 6m. la desviación máxima permitida es de 1.5 por mil. Para alturas máximas superiores a 6m, la desviación máxima debe limitarse a 1 por mil de altura, con un tope máximo de 1.5cm.

Curado del mortero: Deberá efectuarse un eficiente curado de los morteros. La duración del proceso de curado dependerá de las condiciones climáticas, pero en general, deberá durar hasta que el mortero alcance el 70% de su resistencia final.

Para condiciones climáticas normales, el tiempo mínimo de curado será de 7 días.

Mortero hundido:

Si por razones estéticas, es necesario hundir el mortero de junta, la profundidad del hundimiento se limitara a 5mm como máximo, con respecto a la cara exterior de la pared. El hundimiento, cuando éste aún permita la deformación ante la presión de un dedo.

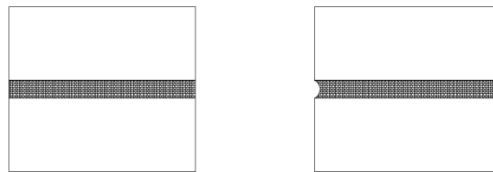


Figura 2.19.- Hundimiento de junta

Juntas de dilatación: Siempre que la deformación por efecto de la variación de la temperatura pudiera comprometer la integridad estructural, se recomienda el uso de la dilatación en los siguientes casos:

- a) En edificios a cada 20 m de la estructura en planta.
- b) Con la finalidad de evitar fisuras, debido a la variación brusca de esfuerzos verticales.

Juntas de control: La junta de control vertical tiene por finalidad básica permitir desfases o desalineamientos debidos a la retracción y, secundariamente a las variaciones de temperatura se recomienda este tipo de juntas para los siguientes casos:

- a) En lugares donde la altura o carga puede variar bruscamente.
- b) En puntos donde el grosor de la pared varia (no por causa de rigidizadores).
- c) En muros que cambian bruscamente de dirección y que en planta tienen la forma de L, T o U.

En lugares donde se ejecuten las juntas de control, se debe seguir las siguientes condiciones:

- a) La junta debe ser continua en toda la altura del muro.
- b) El lugar de la junta debe permitir los movimientos para los cuales fue proyectada; para eso debe ser rellena con material deformable.

1.1.4. Resistencia característica a compresión.

Se define como resistencia característica al valor que supera el 95% de las piezas ensayadas. El valor al no ser garantizado por el fabricante se determinara en forma experimental.

La resistencia característica a compresión se calcula según el área bruta de asiento. Se considera como edad de referencia los 28 días. La elección de f_k se realiza en la etapa de proyecto y se verifica en la etapa de construcción.

Se puede determinar según 3 procedimientos:

- A) Ensayos a compresión de prismas.
- B) Resistencia de mampuestos y morteros tipificados.
- C) Valores indicativos.

La realización de ensayos a compresión de prismas es el método más confiable, por lo que en caso de no realizarse este método, se tienen penalizaciones en los valores máximos admitidos que veremos más adelante.

A) Ensayo a compresión de prismas:

El valor de resistencia obtenido por este método no podrá ser mayor que dos veces los valores indicativos obtenidos en el procedimiento.

Los prismas a ensayar deben ser elaborados reflejando las condiciones y calidad de materiales, como también mano de obra que se tendrán en la construcción.

Los ensayos de prismas se realizarán según la norma Británica BS5628 la cual indica que deben estar formados, como mínimo por tres mampuestos superpuestos y no podrán tener una altura menor a 35cm.

La esbeltez, definida como la relación entre la altura y el espesor de la probeta:

$$\delta = \frac{h}{t} \quad (2 - 6)$$

Será no menos que 2.5 ni mayor que 5. Se recomienda utilizar una esbeltez de 4, si esto no fuera posible se multiplicará el valor de resistencia por los factores de corrección de la siguiente tabla.

Esbeltez	Factor de corrección
2,5	0,83
3	0,9
3,5	0,95
4	1
4,5	1,02
5	1,05

Tabla 2.6 Factores de corrección por esbeltez en prismas

Fuente: Norma BS5628

Se ensayarán como mínimo 5 prismas. Si se ensayaran a los 7 días el valor de resistencia se deberá corregir con un factor de 1.1

Las dimensiones de cada prisma se determinarán antes de realizar la prueba a compresión. Las juntas verticales y horizontales no sobrepasan los 1.5cm de esta manera se garantiza su uniformidad y buena obtención de resultados.

Para el cálculo de la resistencia f_k se utilizarán las siguientes fórmulas:

Sean:

x_1, x_2, \dots, x_n valores resultantes de cada ensayo.

y_1, y_2, \dots, y_n logaritmo de los valores resultantes de cada ensayo ($y_i = \log(x_i)$).

$$y_{medio} = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_n}{n} \quad (2 - 7)$$

$$S = \sqrt{\frac{(y_1 - y_{medio})^2 + (y_2 - y_{medio})^2 + \dots + (y_n - y_{medio})^2}{n - 1}} \quad (2 - 8)$$

Entonces:

$$y_k = y_{medio} - a * s \quad (2 - 9)$$

Siendo:

a: coeficiente en función del número de ensayos realizados (n) cuyo valor lo obtuvimos de la tabla 3.9.

Número de ensayos	Factor de corrección
5	2,34
6	2,18
7	2,08
8	2,01
9	1,96
10	1,92

Tabla 2.7 Factores de corrección en función al número de ensayos

Fuente: Norma BS5628

Por último, el valor de la resistencia característica a la compresión f_k se calculará como:

$$f_k = \text{antilog}(y_k) \quad (2 - 10)$$

Los parámetros que influyen en el valor obtenido de resistencia son:

- Características del mampuesto
- Características del mortero
- Esbeltez del prisma
- Edad del prisma
- Espesor de la junta
- Condiciones durante la elaboración

Deformabilidad de la mampostería

Para empezar a hablar de deformabilidad se debe tener claro que la mampostería es un material anisótropo, por lo tanto la deformabilidad de la mampostería va a depender no sólo del tipo de carga aplicada sino también de la dirección en la que se aplica la misma.

Para determinar el módulo de elasticidad de la mampostería sometida a compresión perpendicular a la junta, se debe implementar un sistema de medida de deformaciones para medirlas en el ensayo de compresión en prismas.

Existen diversas formas de realizar esto, ya sea con “puntos Demecs” o con “LVDT’s”. La desventaja que tiene el primer sistema es que es un sistema manual, por lo cual la carga se deberá aplicar en forma escalonada a fin de poder tomar las medidas. Por el contrario, el segundo sistema permite tomar medidas en forma continua, sin variar la velocidad de carga establecida en la norma británica BS 5628 [5] para el ensayo de compresión.

Este sistema presenta la potencialidad de adquirir los datos en tiempo real mediante el uso del software adecuado y así obtener un diagrama tensión-deformación continuo.

✓ Módulo de elasticidad en dirección perpendicular a la junta horizontal

El módulo de elasticidad en dirección a la junta horizontal (EM) de la mampostería podrá establecerse en forma aproximada según se indica a continuación.

En la siguiente ecuación se muestra una relación entre el modulo de elasticidad a compresión y la resistencia característica de la mampostería a compresión para el caso que se apliquen **cargas dinámicas**.

$$E_M = 800 * f_k \quad (2 - 11)$$

Para cargas de **larga duración** la relación es la de la siguiente ecuación:

$$E_M = 300 * f_k \quad (2 - 12)$$

Ambas correlaciones son conservadoras.

✓ **Módulo de corte.**

El modulo de corte GM de la mampostería se determinara mediante la siguiente expresión:

$$G_M = 0.30 * E_M \quad (2 - 13)$$

Siendo:

GM : Módulo de corte de la mampostería.

EM : Módulo de elasticidad en dirección perpendicular a la junta horizontal.

B) Resistencia de mampuestos y morteros tipificados.

En circunstancias donde no resulte posible la ejecución de ensayos sobre prismas se puede determinar la resistencia a compresión de la mampostería a partir de la resistencia característica a compresión de los mampuestos y el mortero utilizados.

En el presente trabajo se realizará una comparación de los resultados obtenidos en los diferentes métodos.

El valor de la resistencia obtenido por este método nunca es mayor a 1.5 del valor obtenido en el procedimiento de los valores indicativos.

La correlación entre la resistencia característica de la mampostería y de los mampuestos (d) depende del tipo de mampuesto y mortero utilizado.

$$f_k = d * f_{bk}$$

(2 – 14)

Tipo de mampuesto	Tipo de mortero		
	Resistencia elevada (E)	Resistencia intermedia (I)	Resistencia normal (N)
Ladrillos cerámicos macizos	0,45	0,4	0,35
Ladrillos huecos portantes cerámicos	0,45	0,4	0,35

Tabla 2.8 Factor “d” de corrección entre f_k y f_{bk}

Fuente: Norma BS5628 y I.E.T.

C) Valores indicativos

Tipo de mampuesto	Tipo de mortero		
	Resistencia elevada (E.)	Resistencia intermedia (I)	Resistencia normal (N)
Ladrillos cerámicos macizos Clase A	4	3,5	3
Ladrillos cerámicos macizos Clase B	2,5	2	1,5
Ladrillos huecos portantes cerámicos Clase A	3	2,5	2
Ladrillos huecos portantes cerámicos Clase B	2	1,5	1,2

Tabla 2.9 Valores indicativos de resistencia a compresión de la mampostería según tipo de mampuesto y mortero (MPa)

Fuente: Norma BS5628 y I.E.T.

Resistencia característica al corte de muretes.

El conocimiento del comportamiento de la mampostería sometido a solicitaciones de corte y compresión es importante para la resistencia de edificios sometidos a fuerzas laterales.

El tipo de ensayo a realizar para determinar la resistencia característica de la mampostería al corte (τ_{0k}) estará necesariamente relacionado con el modo en que se produce la falla.

Se puede determinar según dos procedimientos:

A) Ensayos a corte de muretes.

B) Valores indicativos.

La realización de ensayos a corte de muretes es el método más confiable, por lo que en caso de no realizarse este método, se tendrán penalizaciones en los valores máximos admitidos que veremos más adelante.

A) Ensayos a corte de muretes.-

La resistencia característica al corte τ_{0k} de la mampostería es calculada con relación al área bruta correspondiente y se utiliza para su diseño y control. Se considera como edad de referencia los 28 días. La elección de τ_{0k} se realiza en la etapa de proyecto y se verifica en la etapa de construcción.

Según las “Recomendaciones de Mampostería Estructural” del I.E.T., el valor de la resistencia obtenido por este método no debe ser mayor que 1.6 veces los valores indicativos obtenidos en el procedimiento de valores indicativos para ladrillos cerámicos macizos y 1.3 veces para ladrillos o bloques huecos portantes cerámicos.

La longitud r de repartición de la carga aplicada P será, como mínimo, igual a 9 cm. La relación r/l debe estar incluida en el siguiente rango:

$$0.125 \leq \frac{r}{l} \leq 0.185 \quad (2 - 15)$$

La resistencia al corte de cada murete ensayado τ_0 se determinará dividiendo la proyección de la carga de rotura según la dirección paralela a la junta horizontal, sobre el área bruta de la sección transversal del murete según la misma dirección, con las siguientes ecuaciones:

$$H = 0.7 * P \quad (2 - 16)$$

$$\tau_0 = \frac{H}{l * t} \quad (2 - 17)$$

Donde:

H: proyección de la carga de rotura sobre la dirección paralela a la junta horizontal

P: carga de rotura a compresión diagonal

τ_0 : resistencia al corte del murete ensayado

l : longitud del lado del murete ensayado

t : espesor del murete ensayado

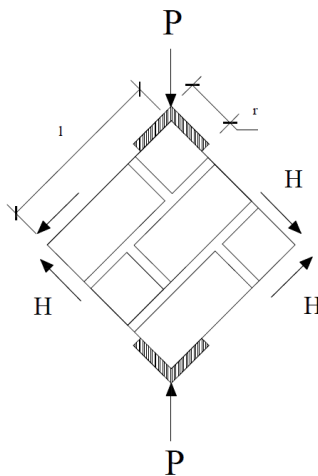


Figura 2.20 Ensayo para la determinación de la resistencia característica al corte τ_{0k} .

Los muretes a ensayar deberán ser elaborados reflejando las condiciones y calidad de materiales y mano de obra que se tendrán en la construcción.

Estarán formados, como mínimo por un mampuesto y medio en una dirección y un número adecuado de hiladas en la dirección perpendicular, de modo que el espécimen tenga forma aproximadamente cuadrada. Los lados del murete no podrán ser menores a 50cm.

Se ensayarán como mínimo 5 muretes. Si se ensayaran a los 7 días el valor de resistencia se deberá corregir con un factor de 1.1.

Para el cálculo de la resistencia τ_0 se utilizaran las mismas formulas que para el cálculo de f_k :

Sean:

x_1, x_2, \dots, x_n valores resultantes de cada ensayo.

y_1, y_2, \dots, y_n logaritmo de los valores resultantes de cada ensayo ($y_i = \log(x_i)$).

$$y_{medio} = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_n}{n} \quad (2 - 18)$$

$$S = \sqrt{\frac{(y_1 - y_{medio})^2 + (y_2 - y_{medio})^2 + \dots + (y_n - y_{medio})^2}{n - 1}} \quad (2 - 19)$$

Entonces:

$$y_k = y_{medio} - a * S \quad (2 - 20)$$

Siendo:

a: coeficiente en función del numero de ensayos realizados (n).

Número de ensayos	Factor de corrección
5	2,34
6	2,18
7	2,08
8	2,01
9	1,96
10	1,92

Tabla 2.10 factores de corrección en función al numero de ensayos

Fuente: Norma BS5628

Por último, el valor de la resistencia característica a la compresión f_k se calculará como:

$$f_k = \text{antilog}(y_k) \quad (2 - 21)$$

B) Valores indicativos.-

Tipo de mampuesto	Tipo de mortero		
	Resistencia elevada (E.)	Resistencia intermedia (I)	Resistencia normal (N)
Ladrillos cerámicos macizos Clase A	0,4	0,35	0,3
Ladrillos cerámicos macizos Clase B	0,35	0,3	0,25
Ladrillos huecos portantes cerámicos Clase A	0,35	0,3	0,25
Ladrillos huecos portantes cerámicos Clase B	0,3	0,25	0,2

Tabla 2.11 Valores indicativos de la resistencia de la Mampostería al corte (MPa)

Fuente: Norma BS5628 y I.E.T.

3. CAPITULO III. DESARROLLO DE LA INVESTIGACION.

3.1. Introducción.

En éste capítulo se describe el proceso de investigación desarrollado para la ejecución de ensayos de compresión y corte sobre muretes conformados por unidades de mampostería de ladrillo gambote de 21 huecos (cerámica roja) y mortero.

Se describirán los parámetros básicos y el proceso de fabricación a nivel de laboratorio de un murete constituido por un número finito de unidades. También se describirá el proceso de recolección y preparación de la materia prima para la obtención de las muestras requeridas de acuerdo a la Norma BS 5628.

3.2. Recolección y preparación de la materia prima.

El material que se utilizará para la conformación de los muretes serán propios de la región de manera que sea fácil la obtención para su utilización en la construcción de viviendas sociales.

LADRILLO:

El ladrillo fue obtenido de 3 fábricas de cerámica roja regionales tales como: INCERTAR, SICOMAC y SAN LUIS de manera que se compare el material a utilizar y se encuentren diferencias geométricas y mecánicas respectivamente.

Cerámica INCERTAR						
Tipo de ladrillo	Dimensiones (cm)	Área Neta mayor que el 40% del area bruta	Altura menor a longitud	Ancho mayor que 11 cm	Paredes internas mayor a 6mm	Paredes externas mayor a 8 mm
Ladrillo de 6 huecos	12*18*24	NO	SI	SI	SI	SI
Ladrillo de 9 huecos	18*18*24	NO	SI	SI	SI	SI
Ladrillo de 3 huecos	8*11*24	NO	SI	NO	SI	SI
Ladrillo de 8 huecos	8*18*24	NO	SI	NO	SI	SI
Ladrillo de 21 huecos	7,5*12*24	SI	SI	SI	SI	SI

Tabla 3.1 Ladrillos disponibles en Cerámica Incertar.

Fuente: Elaboración propia

Los ladrillos que cumplen con las especificaciones dadas por la Norma para ser considerados como estructurales son: ladrillo gambote de 21 huecos, el cual se utilizará para la realización de los muretes y prismas a ser ensayados.

Cerámica SAN LUIS						
Tipo de ladrillo	Dimensiones (cm)	Área Neta mayor que el 40% del area bruta	Altura menor a longitud	Ancho mayor que 11 cm	Paredes internas mayor a 6mm	Paredes externas mayor a 8 mm
Ladrillo de 4 huecos	8*18*24	NO	SI	SI	NO	SI
Ladrillo de 6 huecos	12*18*24	NO	SI	SI	NO	SI
Ladrillo de 9 huecos	18*18*24	NO	SI	SI	NO	SI
Ladrillo de 21 huecos	7*11*24,5	SI	SI	SI	SI	SI

Tabla 3.2 ladrillos disponibles en Cerámica San Luis.

Fuente: Elaboración propia

Los ladrillos que cumplen con las especificaciones dadas por la Norma para ser considerados como estructurales son: ladrillo gambote de 21 huecos, el cual se utilizará para la realización de los muretes y prismas a ser ensayados.

Cerámica SICOMAC						
Tipo de ladrillo	Dimensiones (cm)	Área Neta mayor que el 40% del area bruta	Altura menor a longitud	Ancho mayor que 11 cm	Paredes internas mayor a 6mm	Paredes externas mayor a 8 mm
Ladrillo de 4 huecos	8*18*24	NO	SI	SI	NO	SI
Ladrillo de 6 huecos	12*18*24	NO	SI	SI	NO	SI
Ladrillo de 9 huecos	18*18*24	NO	SI	SI	NO	SI
Ladrillo de 21 huecos	7*12*24	SI	SI	SI	SI	SI

Tabla 3.3 ladrillos disponibles en Cerámica Sicomac.

Fuente: Elaboración propia

Los ladrillos que cumplen con las especificaciones dadas por la Norma para ser considerados como estructurales son: ladrillo gambote de 21 huecos, el cual se utilizará para la realización de los muretes y prismas a ser ensayados.

Cabe recalcar que según la NB1211001 las dimensiones nominales del ladrillo hueco portante cerámico son como se indica en la tabla 2.1.

Como se puede observar ninguno de los ladrillos de las fábricas de Tarija cumplen con exactitud las dimensiones recomendadas por la el anteproyecto de Norma NB1211001, sin embargo la variación no es significativa, por lo cual se determinarán las características geométricas (dimensiones) y resistencias reales.

Los mampuestos a utilizar en las paredes de mampostería deberán estar limpios, íntegros y sin rajaduras.

Por otra parte para verificar experimentalmente si se cumple con los valores recomendados en porcentaje de absorción se sumergieron los mampuestos

alrededor de 30 minutos (el mampuesto alcanza la saturación) y luego se lo dejó orear durante 24 horas. Si bien este método no es exacto, pues depende de variables del entorno como porcentaje de humedad, temperatura, viento, etc, se puede determinar aproximadamente el comportamiento del mampuesto frente a la succión.

ARENA:

La arena fue extraída del río Guadalquivir Comunidad “La Ventolera” y ensayada para verificar que la misma cumpla con la granulometría establecida en la Norma ASTM C 33 – 90

La arena a ser utilizada cumple con la granulometría recomendada en la tabla 2.4, los resultados previos de laboratorio se encuentran en los anexos.

CEMENTO:

Se utilizará el cemento que más demanda regional tiene: Cemento IP 30.

Los cementos disponibles en SOBOCE a nivel nacional son:

Cemento Viacha
Cemento Warnes
Cemento Emisa
Cemento El Puente
Cemento Fancesa

Tabla 3.4 Cementos en Bolivia

Fuente: Elaboración propia

El cemento que se utilizará debido a la disponibilidad y a la mayor demanda departamental será Cemento El Puente IP 30. Otro trabajo de investigación podría realizarse cambiando el tipo de cemento.

3.3. Caracterización de la materia prima.

3.3.1. Resistencia característica a compresión de los mampuestos:

La resistencia a compresión de los mampuestos se determinó por medio de una compresión uniforme del mismo en sentido perpendicular a la cara de asiento.

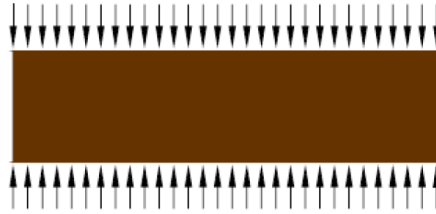


Figura3.1.- Resistencia a compresion de los mampuestos

El primer paso fue entonces determinar las propiedades geométricas de cada mampuesto y por consiguiente el área de asiento. Se realizaron al menos dos medidas del ancho y del largo del mampuesto para determinar los valores medios con los que se calcula el área.

Se verificó la condición de la tabla 2.2 y se tomó el valor adecuado en cada caso para la determinación del área que se necesita para el cálculo de la resistencia a compresión.

A su vez también se cumplió la condición de que el ancho de todo mampuesto sea mayor o igual a 11cm.

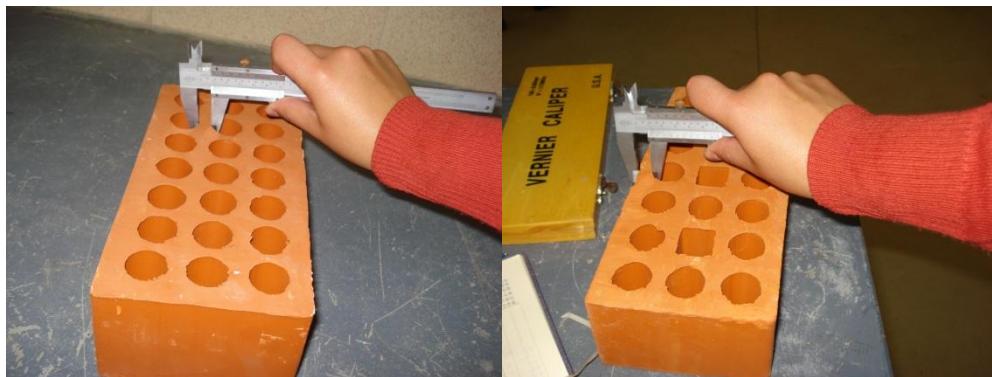


Figura3.2.- Medición de dimensiones del mampuesto

Posteriormente para determinar el porcentaje de vacíos se midió el diámetro de los huecos de un ladrillo y se determinó el promedio de los mismos para calcular el área de contacto.

Se verificó la condición indicada en la sección 2.10 donde se especifica que para ser considerado un mampuesto como estructural el área neta debe ser mayor al 40% del área bruta. Todos los datos y resultados obtenidos se encuentran en el anexo 2.

Se muestran fotografías de las mediciones en el anexo 1.1.

Con las propiedades geométricas correctas y dentro de los valores permisibles indicados en 2.10 se procedió a determinar la resistencia a compresión. Para el ensayo a compresión se encabezaron los mampuestos con tablas compensadas de 3mm de espesor. Se muestran fotografías en el anexo 1.2.



Figura3.3.- Mampuesto después del ensayo a compresión.

El ensayo se realizó hasta que el mampuesto no pueda soportar incremento de carga.



Figura3.4.- Ladrillo después de la ruptura, tipo de falla.

El ensayo para determinar la resistencia a compresión de los mampuestos se realizó de acuerdo con la Norma BS3921.

Para la determinación de la resistencia característica a compresión de los mampuestos se deberá tener una muestra representativa de no menos de 30 unidades. En la presente investigación se ensayaron 40 ladrillos de cada fábrica.

El análisis de resultados de las pruebas de los mampuestos de las tres fabricas se presentan en el capitulo IV, detallando previamente los cálculos en el anexo 4. Luego se calculó la resistencia característica de los mampuestos con las formulas (2-1) (2-2) (2-3) (2-4) y se clasificaron en Clase A y B respectivamente como se encuentra descrito en la sección 2.10.1.

Esta clasificación según la Norma Británica se adoptó como referencia para hacer la clasificación de los ladrillos fabricados en la región, considerando que fue seleccionado el material de primera.

Los ladrillos cerámicos de las cerámicas San Luis e Incertar se clasificaron por sus resistencias como mampuestos Clase B. Sin embargo los que corresponden a la Cerámica Sicomac no cumplieron con la resistencia mínima de 3 MPa y no se clasificaron como estructurales.

3.3.2. Condiciones de resistencia y utilización de los morteros.

Se utilizó una dosificación en volumen de 1:3, cemento y arena respectivamente, con la cantidad de agua necesaria para que la mezcla se encuentre trabajable. Dicha dosificación es la comúnmente utilizada para erigir muros, por lo cual fue la adoptada para reflejar las condiciones actuales de construcción.

El mortero se utilizó antes de transcurridas dos horas y media contadas a partir del momento de su elaboración.

Se pueden observar mas fotografías de los ensayos en el anexo 1.4.



Figura3.5 – Especímenes de mortero para ensayar a compresión.

Todos los especímenes de prueba para una edad de prueba dada deberán ser ensayados dentro de la tolerancia permisible prescrita en la tabla 2.5. Se aplicó la carga a caras del espécimen que estuvieron en contacto con superficies realmente planas del molde. Cuidadosamente se puso el espécimen en la máquina de prueba debajo del centro del bloque de apoyo superior.



Figura3.6 –Mortero luego de ser ensayado a compresión.

De acuerdo a la Norma ASTM C-109 se usó una carga inicial sin interrupción, hasta la falla de manera que la carga máxima se alcance en no menos de 20 s y no más de 80 s desde el momento en que se comenzó a aplicar la carga. Se registró la carga máxima total indicada por la máquina de prueba, y se calculó la resistencia a la compresión con la formula 2.5.

Los resultados del ensayo a compresión del mortero se analizarán en el siguiente capítulo. Se considera al mortero constante para la fabricación de los muretes y prismas a ser ensayados.

La resistencia característica del mortero está dentro de los valores permisibles y es igual a 6.04 MPa.

3.4. Elaboración de las muestras y otros aspectos constructivos.

Disposición de los mampuestos:

Los mampuestos se dispusieron formando juntas horizontales continuas y juntas verticales discontinuas, de modo que la longitud de traba no sea menor que $\frac{1}{4}$ de la longitud del mampuesto utilizado.

El espesor de la junta necesita ajustarse a límites muy estrechos, no puede ser muy pequeña, pues eso pudiese permitir que por fallas en la ejecución, puntos de las superficies de los bloques acaben en contacto. Esa situación provocará una concentración de tensiones que perjudicaría la resistencia del muro. El espesor adecuado oscila alrededor de 1cm.

Se recomienda que la velocidad de avance en altura para la construcción de los elementos de mampostería no supere los 120 cm por día.

Sin embargo para la realización de los muretes y prismas de ensayo a corte y compresión no habrá problema alguno ya que la altura no supera los 50cm.

Curado del mortero:

Se efectuó un eficiente curado de los morteros. La duración del proceso de curado dependerá de las condiciones climáticas, pero en general, deberá durar hasta que el mortero alcance el 70% de su resistencia final.

3.5. Resistencia característica a compresión.

Como ya se mencionó anteriormente resistencia característica es el valor que supera el 95% de las piezas ensayadas. El valor al no ser garantizado por el fabricante se determinó en forma experimental.

La resistencia característica a compresión se calculó según el área bruta de asiento. Se consideró como edad de referencia los 28 días.

Se puede determinar según 3 procedimientos:

A) Ensayos a compresión de prismas.

B) Resistencia de mampuestos y morteros tipificados.

C) Valores indicativos.

A) Ensayo a compresión de prismas:

Los prismas a ensayar fueron elaborados reflejando las condiciones y calidad de materiales, como también mano de obra que se tendrán en la construcción.

Se elaboraron según se especifica en la sección 2.10 y de acuerdo a la Norma Británica BS5628.



Figura3.7.- Prismas y muretes para ensayo según Norma BS5628.

Se ensayaron 5 prismas a la edad de 28 días. Están conformados por 5 mampuestos superpuestos; cada fila con un mampuesto y medio.

Las dimensiones de cada prisma se determinaron antes de realizar la prueba a compresión. Las juntas verticales y horizontales no sobrepasan los 1.5cm de esta manera se garantizó su uniformidad y buena obtención de resultados.

Se realizaron cinco prismas de cada fábrica y se compararon los valores obtenidos.

Las resistencias a compresión se calcularon de acuerdo a las formulas (2-6) (2-7) (2-8) (2-9) (2-10) y sus resultados fueron:

Procedencia del ladrillo	Resistencia a compresión (MPa)
Cerámica Sicomac	4,15
Cerámica San Luis	5,90
Cerámica Incertar	5,36

Tabla 3.5.- Resumen de resultados de resistencia característica a compresión



Figura3.8.- Prisma de ensayo a compresión

En el anexo 7 se muestran fotografías del ensayo de los prismas sometidos a compresión.

B) Resistencia de mampuestos y morteros tipificados.

En circunstancias donde no resulte posible la ejecución de ensayos sobre prismas se puede determinar la resistencia a compresión de la mampostería a partir de la resistencia característica a compresión de los mampuestos y el mortero utilizados.

Se determinó la resistencia de acuerdo a la formula (2-14) cuyos resultadosobtenidos fueron:

Procedencia del ladrillo	Resistencia a compresión (MPa)
Cerámica Sicomac	1,10
Cerámica San Luis	1,10
Cerámica Incertar	1,07

Tabla 3.6.- Resumen de resultados de resistencia característica a compresión

C) Valores indicativos

De acuerdo a los valores indicativos expuestos en la tabla 2.9 tenemos que la resistencia a compresión será de 1,2 MPa.

3.6. Resistencia característica al corte de muretes.

El tipo de ensayo a realizar para determinar la resistencia característica de la mampostería al corte (τ_{0k}) estará necesariamente relacionado con el modo en que se produce la falla.

La determinaremos por dos procedimientos:

- A) Ensayos a corte de muretes.
- B) Valores indicativos.

La realización de ensayos a corte de muretes es el método mas confiable, por lo que en caso de no realizarse este método, se tendrán penalizaciones en los valores máximos admitidos que veremos más adelante.

A) Ensayos a corte de muretes.-

La resistencia característica al corte τ_{0k} de la mampostería fue calculada con relación al área bruta correspondiente. Se consideró como edad de referencia los 28 días.

Los muretes a ensayar fueron elaborados reflejando las condiciones y calidad de materiales y mano de obra que se tendrán en la construcción.

Están formados, por dos mampuestos en una dirección y seis mampuestos en la dirección perpendicular, de modo que el espécimen tiene forma aproximadamente cuadrada. Los lados del murete no son menores a 50cm.

Se ensayaron 5 muretes con estas especificaciones tomando en cuenta que la junta debe estar entre 1 y 1,5 cm.



Figura3.9.- Murete de ensayo a corte.

Respecto al procedimiento del ensayo, se siguieron las mismas especificaciones que en el caso de ensayos a compresión de prismas, pero aplicando la carga según la diagonal del murete, hasta llegar a la rotura.

En la figura 3.10 se muestra el ensayo de determinación de la resistencia a corte.



Figura3.10.- Ensayo de resistencia al corte.

La rotura puede ser más o menos escalonada, en función de las características resistentes relativas entre el mortero, el mampuesto y la adherencia que exista entre los mismos. Cuanto mejor sea la calidad del mampuesto más posible es obtener una rotura escalonada.



Figura3.11.- Ensayo de resistencia al corte.

Se obtuvo la resistencia característica al corte según las fórmulas (2.18) (2.19) (2.20) (2.21) dando como resultado:

Procedencia del ladrillo	Resistencia característica al corte (MPa)
Cerámica Sicomac	1,04
Cerámica San Luis	1,54
Cerámica Incertar	1,29

Tabla 3.7.- Resumen de resultados de resistencia característica a compresión

Fuente :Elaboración propia

B) Valores indicativos.-

De acuerdo a los valores indicativos expuestos en la tabla 2.11 tenemos que la resistencia a compresión será de 0.2 MPa.

CAPITULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Datos obtenidos.

De acuerdo a los ensayos de laboratorio se obtuvieron los siguientes resultados en las diferentes pruebas que se realizaron a los componentes de la mampostería y a la misma.

Características geométricas del ladrillo

Procedencia: CERAMICA INCERTAR

Promedio de largo del ladrillo	24,079487	cm	
Tolerancia en largo del ladrillo máx= $\pm 2\%$	0,3311966	%	CUMPLE.
Promedio alto del ladrillo	7,43	cm	
Tolerancia en alto del ladrillo máx= $\pm 3\%$	-0,923077	%	CUMPLE.
Promedio ancho del ladrillo	12,020513	cm	
Tolerancia en ancho del ladrillo máx= $\pm 2\%$	0,1709402	%	CUMPLE.

Se utilizaron las dimensiones nominales para la determinación de la resistencia a compresión del mampuesto

ESPESOR DE PAREDES		
INTERNA	6 mm a 8 mm	> 6mm CUMPLE
EXTERNA	10 mm a 14mm	> 8mm CUMPLE

Promedio de diametro de orificios	2,47	cm	
Tolerancia en dimensiones de orificios máx= $\pm 2\%$	-1,067	%	CUMPLE.

Se tomó como valor el diámetro nominal de 2,5 cm

Porcentaje de vacíos: 35,79 %

Procedencia: CERAMICA SICOMAC.

Promedio de largo del ladrillo	23,9231	cm	
Tolerancia en largo del ladrillo máx= $\pm 2\%$	-0,3205	%	CUMPLE.
Promedio alto del ladrillo	7,15	cm	

Tolerancia en alto del ladrillo máx= $\pm 3\%$	2,16117	%	CUMPLE.
Promedio ancho del ladrillo	11,7744	cm	
Tolerancia en ancho del ladrillo máx= $\pm 2\%$	-1,8803	%	

Se utilizaron las dimensiones nominales para la determinación de la resistencia a compresión del mampuesto.

ESPEJOR DE PAREDES	
INTERNA	6 mm a 8 mm > 6mm CUMPLE
EXTERNA	8 mm a 12mm > 8mm CUMPLE

Promedio de diametro de orificios	2,25	cm	NO CUMPLE
Tolerancia en dimensiones de orificios máx= $\pm 2\%$	-2,3602	%	

Se tomó como valor el promedio de 2,25 cm

Porcentaje de vacíos: 28.88 %

Procedencia: CERAMICA SAN LUIS

Promedio de largo del ladrillo	24,4872	cm	CUMPLE.
Tolerancia en largo del ladrillo máx= $\pm 2\%$	-0,0523	%	
Promedio alto del ladrillo	7,02	cm	CUMPLE.
Tolerancia en alto del ladrillo máx= $\pm 3\%$	0,32967	%	
Promedio ancho del ladrillo	11,0333	cm	CUMPLE.
Tolerancia en ancho del ladrillo máx= $\pm 2\%$	0,30303	%	

Se utilizaron las dimensiones nominales para la determinación de la resistencia a compresión del mampuesto.

ESPEJOR DE PAREDES	
INTERNA	8mm a 9mm > 6mm CUMPLE
EXTERNA	10mm a 11mm > 8mm CUMPLE

Promedio de diametro de orificios	2,39	cm
Tolerancia en dimensiones de orificios máx= ±2%	-0,5952	%

CUMPLE.

Porcentaje de vacíos: 35,25 %

Determinación Porcentaje de absorción de ladrillo de 21 huecos.

Procedencia: CERAMICA INCERTAR

% de absorción= 10,60 % CUMPLE.

El porcentaje es menor al 22% indicado en la normativa como máximo permitido.

Procedencia: CERAMICA SICOMAC.

% de absorción= 11,05 % CUMPLE.

El porcentaje es menor al 22% indicado en la normativa como máximo permitido.

Procedencia: CERAMICA SAN LUIS

% de absorción= 8,33 % CUMPLE.

El porcentaje es menor al 22% indicado en la normativa como máximo permitido.

Ensayo a compresión de morteros de cemento hidráulico en especímenes cúbicos de 2" ASTM C-109.

Fueron realizados 9 especímenes pero se descartó uno debido a que presentaba cangrejas y el área de asiento no era uniforme.

N° Prueba	Edad	Lado 1 (cm)	Lado 2 (cm)	Alto (cm)	Carga de falla (KN)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Esfuerzo MPa
1	28	5	5	5	14,3	58,3078	5,72
2	28	5	5	5	15,2	61,9776	6,08
3	28	5	5	5	16,2	66,055	6,48
4	28	5	5	5	14,6	59,5311	5,84
5	28	5	5	5	14,8	60,3466	5,92
6	28	5	5	5	15	61,1621	6,00
7	28	5	5	5	14,5	59,1233	5,80
8	28	5	5	5	16,1	65,6473	6,44
Promedio						61,5189	6,04

Determinación de resistencia a compresión de ladrillo de 21 huecos.

Se ensayaron 40 piezas sometidas a compresión. Algunos de los resultados obtenidos (valores extremos) fueron eliminados para asegurar que se obtenga la resistencia característica del ladrillo sometido a compresión.

Los resultados de la resistencia característica a compresión de las tres cerámicas fueron los siguientes:

PROCEDENCIA	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f_{bk} (MPa)	CLASIFICACIÓN SEGÚN LA NORMA BRITÁNICA
CERÁMICA INCERTAR	3,066	CLASE B
CERÁMICA SAN LUIS	3,146	CLASE B
CERÁMICA SICOMAC	1,897	CLASE B

Ensayo a Compresión de prismas.

CERÁMICA SICOMAC

La esbeltez, definida como la relación entre la altura y el espesor de la probeta:

$$\delta = \frac{h}{t}$$

DENOMINACIÓN	ALTO (cm)	ANCHO (cm)	ESPESOR (cm)	AREA DE CONTACTO (cm ²)	CARGA DE ROTURA (KN)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (KN/cm ²)
SC-1	38,500	37,000	12,000	444,000	217,200	0,489
SC-2	38,500	37,000	12,000	444,000	208,500	0,470
SC-3	38,500	37,000	12,000	444,000	231,600	0,522
SC-4	38,500	37,000	12,000	444,000	208,500	0,470
SC-5	38,500	37,000	12,000	444,000	224,500	0,506

DENOMINACIÓN	ESBELTEZ	FACTOR DE CORRECCION DE ESBELTEZ	RESISTENCIA A COMPRESIÓN CORREGIDA
SC-1	3,208	0,902	0,441
SC-2	3,208	0,902	0,424
SC-3	3,208	0,902	0,471
SC-4	3,208	0,902	0,424
SC-5	3,208	0,902	0,456
		PROMEDIO	0,443

Para el cálculo de la resistencia f_k se utilizarán las siguientes fórmulas:

Sean:

x_1, x_2, \dots, x_n valores resultantes de cada ensayo.

y_1, y_2, \dots, y_n logaritmo de los valores resultantes de cada ensayo ($y_i = \log(x_i)$).

$$y_{medio} = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_n}{n} \quad (2-7)$$

$$S = \sqrt{\frac{(y_1 - y_{medio})^2 + (y_2 - y_{medio})^2 + \dots + (y_n - y_{medio})^2}{n - 1}} \quad (2-8)$$

y medio= 0,443

S= 0,021

Entonces:

$$y_k = y_{medio} - a * s \quad (2-9)$$

fk= 0,395 KN/cm **3,95 Mpa**

CERÁMICA SAN LUIS

La esbeltez, definida como la relación entre la altura y el espesor de la probeta:

$$\delta = \frac{h}{t}$$

DENOMINACIÓN	ALTO (cm)	ANCHO (cm)	ESPESOR (cm)	AREA DE CONTACTO	CARGA DE ROTURA (KN)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (KN/cm ²)
SC-1	41,000	38,000	11,000	418,000	265,500	0,635
SC-2	41,000	38,000	11,000	418,000	259,000	0,620
SC-3	41,000	38,000	11,000	418,000	249,000	0,596
SC-4	41,000	38,000	11,000	418,000	266,400	0,637
SC-5	41,000	38,000	11,000	418,000	258,400	0,618

DENOMINACIÓN	ESBELTEZ	FACTOR DE CORRECCION DE ESBELTEZ	RESISTENCIA A COMPRESIÓN CORREGIDA
SC-1	3,727	0,973	0,618
SC-2	3,727	0,973	0,603
SC-3	3,727	0,973	0,579
SC-4	3,727	0,973	0,620
SC-5	3,727	0,973	0,601
PROMEDIO			0,604

Para el cálculo de la resistencia f_k se utilizarán las siguientes fórmulas:

Sean:

x_1, x_2, \dots, x_n valores resultantes de cada ensayo.

y_1, y_2, \dots, y_n logaritmo de los valores resultantes de cada ensayo ($y_i = \log(x_i)$).

$$y_{medio} = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_n}{n} \quad (2-7)$$

$$S = \sqrt{\frac{(y_1 - y_{medio})^2 + (y_2 - y_{medio})^2 + \dots + (y_n - y_{medio})^2}{n - 1}} \quad (2-8)$$

$$y_{medio} = 0,604$$

$$S = 0,0160$$

Entonces:

$$y_k = y_{medio} - a * s \quad (2-9)$$

y_k=

0,566 KN/cm²

5,66 Mpa

CERÁMICA INCERTAR

La esbeltez, definida como la relación entre la altura y el espesor de la probeta:

$$\delta = \frac{h}{t}$$

DENOMINACIÓN	ALTO (cm)	ANCHO (cm)	ESPESOR (cm)	AREA DE CONTACTO	CARGA DE ROTURA (KN)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (KN/cm ²)
SC-1	45,500	38,000	12,000	456,000	261,300	0,573
SC-2	45,500	38,000	12,000	456,000	247,300	0,542
SC-3	45,500	38,000	12,000	456,000	263,000	0,577
SC-4	45,500	38,000	12,000	456,000	260,000	0,570
SC-5	45,500	38,000	12,000	456,000	268,000	0,588

DENOMINACIÓN	ESBELTEZ	FACTOR DE CORRECCION DE ESBELTEZ	RESISTENCIA A COMPRESIÓN CORREGIDA
SC-1	3,792	0,973	0,557
SC-2	3,792	0,973	0,528
SC-3	3,792	0,973	0,561
SC-4	3,792	0,973	0,555
SC-5	3,792	0,973	0,572
		PROMEDIO	0,554

Para el cálculo de la resistencia f_k se utilizarán las siguientes fórmulas:

Sean:

x_1, x_2, \dots, x_n valores resultantes de cada ensayo.

y_1, y_2, \dots, y_n logaritmo de los valores resultantes de cada ensayo ($y_i = \log(x_i)$).

$$y_{medio} = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_n}{n} \quad (2-7)$$

$$S = \sqrt{\frac{(y_1 - y_{medio})^2 + (y_2 - y_{medio})^2 + \dots + (y_n - y_{medio})^2}{n - 1}} \quad (2-8)$$

y medio= 0,554

S= 0,016

Entonces:

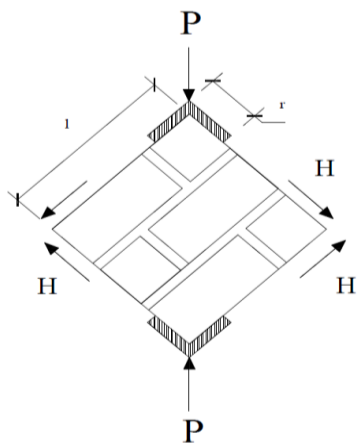
$$y_k = y_{medio} - a * s \quad (2-9)$$

$y_k = 0,516 \text{ KN/cm}^2$ 5,16 Mpa

Ensayo a Corte de prismas.

CERÁMICA SICOMAC

La resistencia al corte de cada murete ensayado τ_0 se determinará dividiendo la proyección de la carga de rotura según la dirección paralela a la junta horizontal, sobre el área bruta de la sección transversal del murete según la misma dirección, con las siguientes ecuaciones:



$$H = 0.7 * P \quad (2 - 16)$$

$$\tau_0 = \frac{H}{l * t} \quad (2 - 17)$$

DENOMINACIÓN	ALTO (cm)	ANCHO (cm)	ESPESOR (cm)	AREA DE CONTACTO (cm ²)	CARGA DE ROTURA P (KN)
SC-1	50,000	50,000	12,000	600,000	115,000
SC-2	50,000	50,000	12,000	600,000	109,000
SC-3	50,000	50,000	12,000	600,000	120,000
SC-4	50,000	50,000	12,000	600,000	100,000
SC-5	50,000	50,000	12,000	600,000	128,000

DENOMINACIÓN	H (KN)	τ (KN/cm ²)
SC-1	80,5	0,134167
SC-2	76,3	0,127167
SC-3	84	0,14
SC-4	70	0,116667
SC-5	89,6	0,149333
PROMEDIO		0,133467

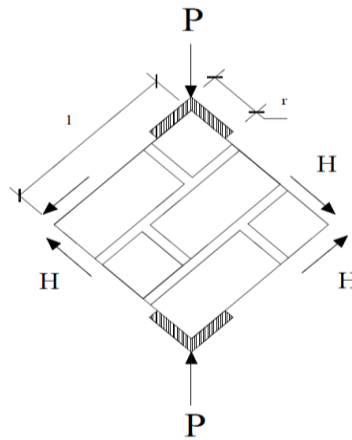
y medio= 0,13347

S= 0,0124
 a= 2,34
 Entonces:

fk= 0,1044 KN/cm2 **1,04407 Mpa**

CERÁMICA SAN LUIS

La resistencia al corte de cada murete ensayado τ_0 se determinará dividiendo la proyección de la carga de rotura según la dirección paralela a la junta horizontal, sobre el área bruta de la sección transversal del murete según la misma dirección, con las siguientes ecuaciones:



$$H = 0.7 * P \quad (2 - 16)$$

$$\tau_0 = \frac{H}{l * t} \quad (2 - 17)$$

DENOMINACIÓN	ALTO (cm)	ANCHO (cm)	ESPESOR (cm)	AREA DE CONTACTO (cm ²)	CARGA DE ROTURA P (KN)
SC-1	50,000	50,000	11,000	550,000	135,000
SC-2	50,000	50,000	11,000	550,000	139,000
SC-3	50,000	50,000	11,000	550,000	140,000
SC-4	50,000	50,000	11,000	550,000	145,500
SC-5	50,000	50,000	11,000	550,000	127,000

DENOMINACIÓN	H (KN)	τ (KN/cm ²)
SC-1	94,5	0,171818
SC-2	97,3	0,176909
SC-3	98	0,178182
SC-4	101,85	0,185182
SC-5	88,9	0,161636
PROMEDIO		0,174745

y medio= 0,17475

S= 0,0087

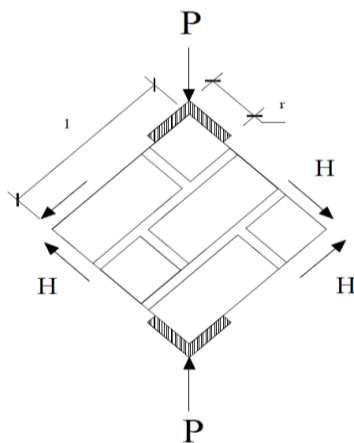
a= 2,34

Entonces:

fk= 0,1543 KN/cm² 1,5428 Mpa

CERÁMICA INCERTAR

La resistencia al corte de cada murete ensayado τ_0 se determinará dividiendo la proyección de la carga de rotura según la dirección paralela a la junta horizontal, sobre el área bruta de la sección transversal del murete según la misma dirección, con las siguientes ecuaciones:



$$H = 0.7 * P \quad (2 - 16)$$

$$\tau_0 = \frac{H}{l * t} \quad (2 - 17)$$

DENOMINACIÓN	ALTO (cm)	ANCHO (cm)	ESPESOR (cm)	AREA DE CONTACTO (cm ²)	CARGA DE ROTURA P (KN)
SC-1	50,000	50,000	12,000	600,000	130,000
SC-2	50,000	50,000	12,000	600,000	128,500
SC-3	50,000	50,000	12,000	600,000	132,500
SC-4	50,000	50,000	12,000	600,000	124,000
SC-5	50,000	50,000	12,000	600,000	115,500
DENOMINACIÓN	H (KN)	τ (KN/cm ²)			
SC-1	91	0,151667			
SC-2	89,95	0,149917			
SC-3	92,75	0,154583			
SC-4	86,8	0,144667			
SC-5	80,85	0,13475			
PROMEDIO		0,147117			

y medio= 0,14712

S= 0,0078

a= 2,34

Entonces:

fk= 0,1289 KN/cm² 1,2886 Mpa

1.1. Información generada.

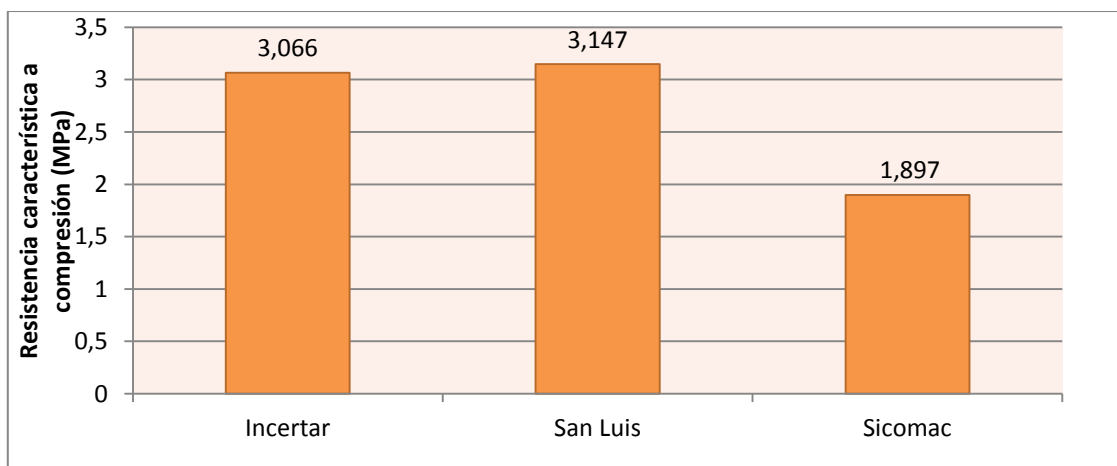
De acuerdo a los datos obtenidos se realizó un análisis de los resultados.

Se pudo observar que las dimensiones nominales tienen poca variación en comparación a las dimensiones reales y que cumplen con las especificaciones de tolerancia máxima y mínima dada para cada dimensión (tabla 2.2).

El único caso donde no se cumplía con la tolerancia especificada fue en el diámetro del orificio del mampuesto de la cerámica Sicomac; donde se tomó como dato para el cálculo del porcentaje de vacíos al valor promedio determinado en laboratorio.

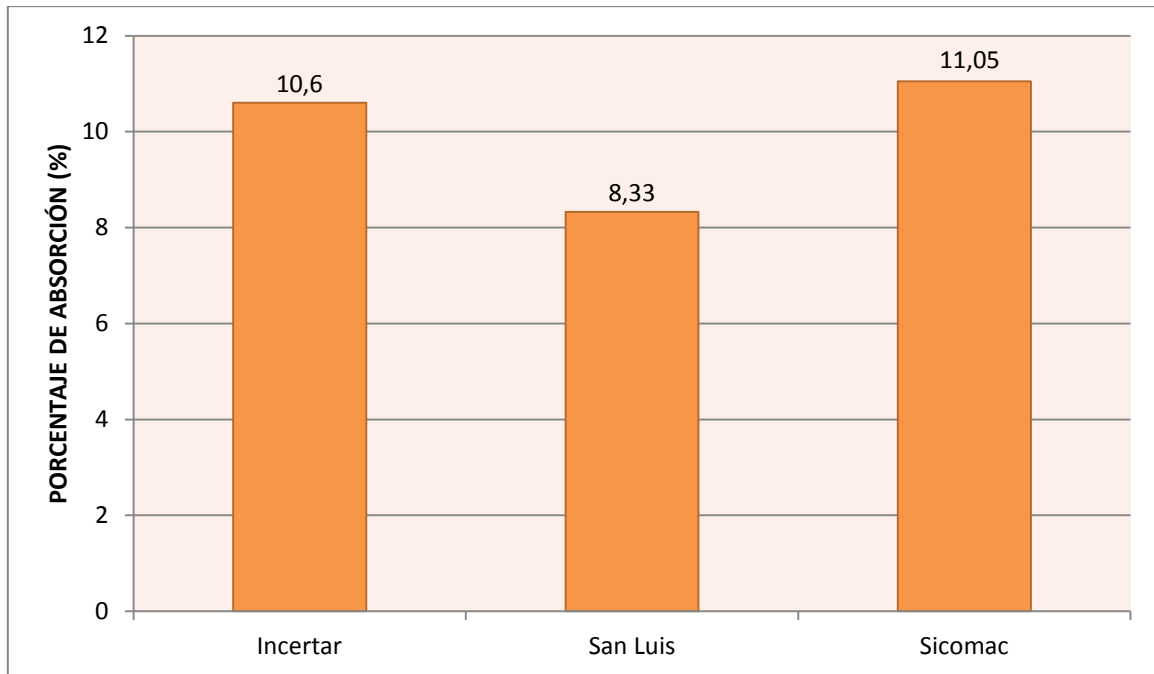
Al calcular el porcentaje de vacíos pudimos verificar que todos los mampuestos cumplen con este valor menor al 40% del área neta, lo cual es uno de los requisitos para clasificar al mampuesto como estructural.

Luego de obtener los resultados de la resistencia característica a compresión del mampuesto pudimos clasificarlos como estructurales de clase B si el valor era mayor a 3MPa. Los ladrillos de las cerámicas San Luis e Incertar cumplieron con esta especificación, sin embargo el ladrillo de la cerámica Sicomac dió como resultado un valor menor a 3 MPa y no se lo clasificó como tal.



Gráfica 4.1 Comparación de resistencias características a compresión de las tres cerámicas

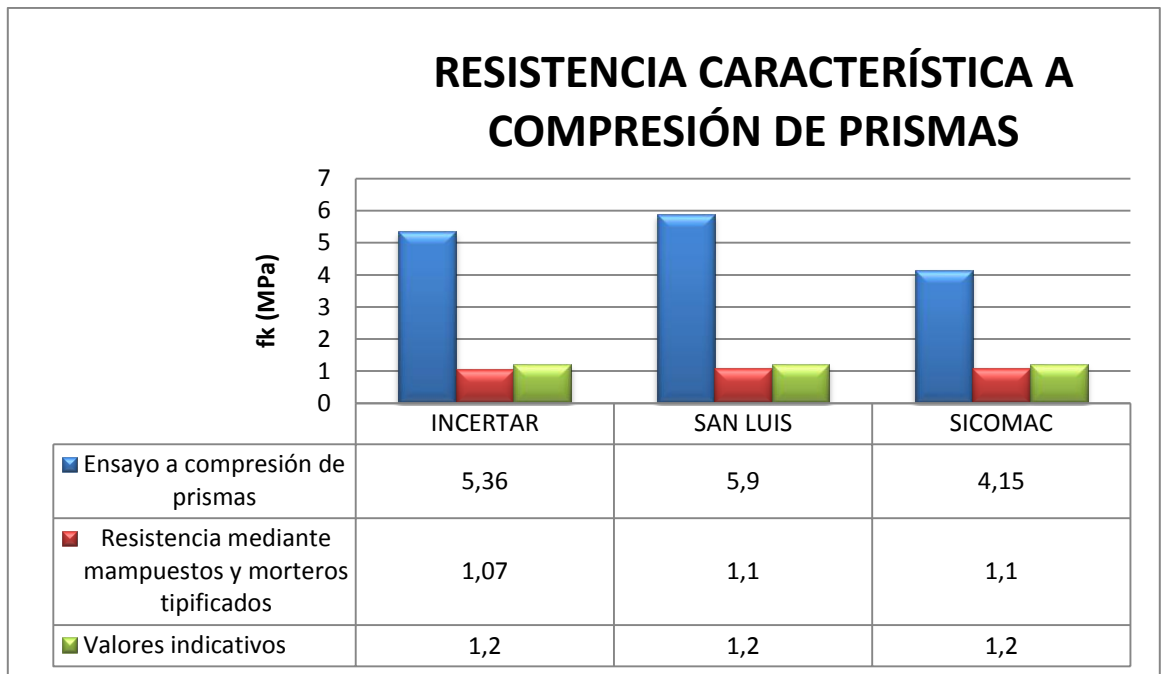
De igual manera al determinar el porcentaje de absorción se verificó que los ladrillos fabricados en las tres fábricas cumplen con valores menores al 22%. Se muestra una gráfica de los datos obtenidos.



Gráfica 4.2 Comparación de resistencias características a compresión de las tres cerámicas

Ésta característica es muy importante ya que los materiales cohesivos son susceptibles a los cambios volumétricos y a su vez se ven afectados con éstas variaciones en sus características físico mecánicas. Es una característica fundamental para definir la relación mortero-mampuesto en la superficie de contacto y, por lo tanto, la adherencia entre ambos. Si el porcentaje de absorción es muy alto, el mortero, debido a la rápida pérdida del agua que es absorbida por el mampuesto, se deforma y endurece, lo que impide un contacto completo e íntimo con la cara del mampuesto. Si por el contrario, el porcentaje de absorción es muy bajo, es decir el mampuesto tiene en su superficie excesiva cantidad de agua se debilita la resistencia de adherencia del mortero por un exceso en la relación agua-cemento.

Por otra parte la resistencia característica a compresión de la mampostería se la determinó por tres métodos obteniendo los siguientes valores.



Gráfica 4.3 Comparación de resistencias características a compresión determinada por tres métodos.

Se puede observar en la gráfica que los valores de resistencia característica obtenidos mediante ensayos a compresión son superiores a los resultados que proporcionan los otros dos métodos empíricos.

Por otra parte los resultados son mayores a los valores de resistencia característica del ladrillo, esto se debe a que el mortero se introdujo en los orificios del mampuesto creando una especie de confinamiento y dando aún mayor rigidez a la pieza.

En la elección del factor de esbeltez que afecta al valor de la resistencia característica, se eligió una relación altura a espesor del prisma de aproximadamente cuatro. Las razones de esta elección en la relación altura-espesor se encuentran en la relativa facilidad de construcción y ensaye del espécimen, en que se reproducen razonablemente los modos de falla observados en muros a escala natural y en que, para una pila de esas proporciones, las restricciones a las deformaciones transversales introducidas por las cabezas de la máquina de ensaye no influyen de manera importante en el comportamiento.

El comportamiento y los modos de falla de la mampostería ante cargas axiales dependió en forma importante de la interacción de piezas y mortero; ésta se interpretó en la forma siguiente: las piezas y el mortero tienen características esfuerzo-deformación diferentes; por tanto, al ser sometidos a un mismo esfuerzo se produce una interacción entre ambos que consiste en que el material menos deformable, las piezas en general, restringe las deformaciones transversales del material más deformable, introduciendo en él esfuerzos de compresión de dirección transversal (Fig. 3.13). Por lo contrario, en el material menos deformable se introducen esfuerzos transversales de tensión (Fig. 3.12) que disminuyen su resistencia respecto a la que se obtiene en el ensayo de compresión simple del material aislado.

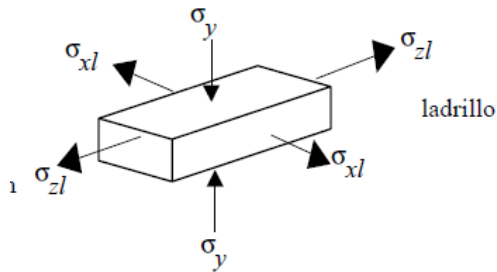


Figura 3.12 Esfuerzos actuantes en las piezas

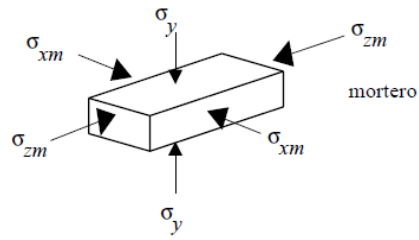


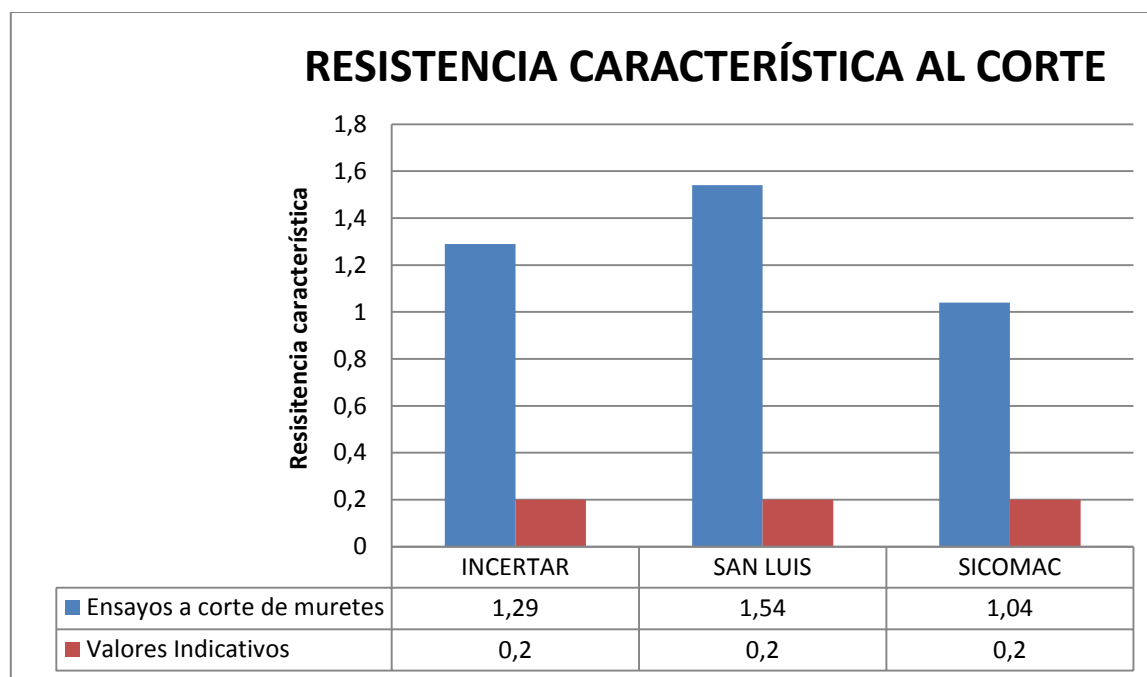
Figura 3.13 Esfuerzos actuantes en mortero

En el ensayo a compresión de pilas de mampostería el modo de falla más común es el conocido como falla por tracción lateral, es decir, a través de grietas verticales en las piezas producidas por las deformaciones transversales incrementadas por el efecto de las deformaciones del mortero en las juntas. Se observa este tipo de falla en el anexo 7.

Cuando este agrietamiento vertical se vuelve excesivo, se producen la inestabilidad del elemento y su falla. Para algunas piezas, la falla se presentó por aplastamiento en compresión de las piezas mismas. El aplastamiento del mortero generalmente no ocasiona la falla cuando los esfuerzos son puramente axiales, ya que éste, cuando se aplasta, es retenido por fricción por las piezas, y el conjunto puede soportar cargas mayores, salvo que

el mortero sea muy pobre en comparación con las piezas. Sin embargo, en elementos esbeltos, el aplastamiento del mortero puede provocar problemas de inestabilidad.

También se analizaron los resultados obtenidos de la resistencia característica al corte por dos métodos obteniendo los siguientes valores:



Gráfica 4.4 Comparación de resistencias características a corte determinada de las tres cerámicas

Se puede observar en la gráfica que los valores de resistencia característica obtenidos mediante ensayos a corte son superiores a los valores indicativos.

Los muros no tienen problemas para resistir esfuerzos de compresión, no ocurre lo mismo cuando tienen que soportar tracciones, siendo este el principal origen de la aparición de grietas y fisuras. Se pudo observar que la falla al momento de ruptura por corte se debía muy poco a la adherencia mortero-mampuesto. Para permitir la unión mecánica del mortero y la unidad, esta debe tener una absorción adecuada, compatible con el mortero y no permitir la hidratación del cemento en la superficie que los une. Por el contrario, unidades totalmente impermeables impiden la creación de una superficie de contacto. Es importante

también que el mortero tenga la suficiente plasticidad y la retención de agua necesaria para que no se debilite la unión con la unidad, que debe ser tan íntima como sea posible.

A veces puede resultar difícil determinar si la grieta se produjo por un movimiento excesivo de la estructura o por falta de resistencia de la mampostería.

La observación de las mismas nos dió indicios:

a) Si la grieta produjo una separación limpia entre el mortero y el ladrillo, ello es debido a una baja adherencia entre el mampuesto y el mortero posiblemente por falta de humectación del ladrillo o por problemas en la elaboración del mortero. Si todos los ladrillos que bordean a la grieta tienen mortero adherido se debe descartar esta causa.

b) Si el mortero está bien adherido al ladrillo el problema estará originado en movimientos que superan a la resistencia de la mampostería. Éste fue la causa de aparición de fisuras y consiguiente ruptura.

El criterio es el siguiente:

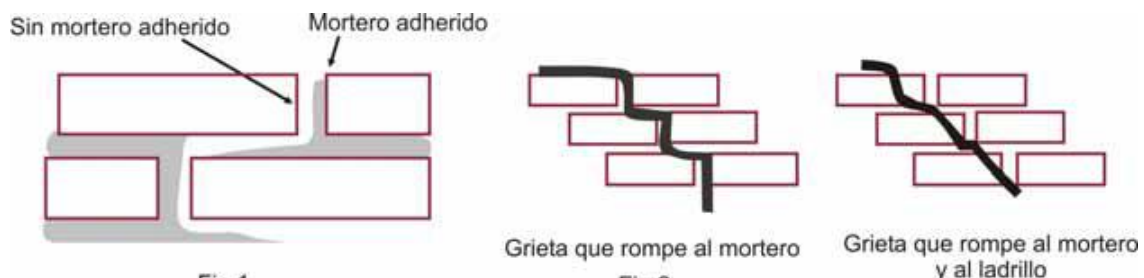


Figura3.14.- Tipos de falla

Si hay falta de adherencia fácilmente aparece la grieta

Si la adherencia es correcta se puede controlar el esfuerzo

Si el esfuerzo es demasiado grande y la adherencia es buena se rompe el mortero y/o el ladrillo.

Contrastación de hipótesis.

De acuerdo al análisis de resultados realizado se puede afirmar que los ladrillos de 21 huecos de las cerámicas San Luis e Incertar son ladrillos que se pueden utilizar para la conformación de muros portantes en edificaciones de máximo 7 m de altura, de acuerdo a la especificación en la Norma Británica BS-5628.

Ya que su resistencia característica a la compresión es mayor a 3MPa entrando así a la clasificación como mampuesto de Clase B.

Por otra parte el ladrillo de la cerámica Sicomac no entra en la clasificación como ladrillo estructural, sin embargo cuando éste forma parte del conjunto mampostería se observa que el valor de su resistencia a compresión es muy similar al de las otras dos cerámicas analizadas. Es decir supera a los valores indicativos dados, por lo cual su utilización en la construcción de edificaciones de una planta podría realizarse siempre y cuando se cumplan las especificaciones constructivas.

El valor de la resistencia característica a compresión de la mampostería cumple siendo mayor a los valores indicativos dados de acuerdo al tipo de mampuesto y mortero.

Se enfatiza la resistencia a compresión del mismo ya que para el diseño de edificaciones de una planta no influye de manera considerable la carga de viento, por lo que las demás cargas actuantes provocan esencialmente esfuerzos de compresión.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- Luego de los resultados obtenidos de la resistencia característica de los ladrillos de las tres fábricas de cerámica regional se concluye que esta propiedad físico-mecánica del mampuesto está íntimamente ligada con la procedencia de la arcilla que es utilizada para su fabricación. Ya que son diferentes los bancos de donde se adquiere dicha materia prima se puede afirmar que la arcilla utilizada por la cerámica San Luis tiene menor porcentaje de arena lo cual incrementa la plasticidad de la pasta y le confiere mayor compactación y resistencia mecánica. Se pudo observar además que los ladrillos procedentes de Sicomac tenían una superficie porosa lo cual significa no había suficiente compactado y por tanto menor área de contacto.
- Existe variabilidad en las dimensiones geométricas de los ladrillos, sin embargo no se considera muy significativa ya que está dentro de los rangos permitidos, lo cual hace posible la utilización de las dimensiones nominales para el cálculo.
- Los ladrillos de veintidós huecos de primera calidad procedentes de las cerámicas INCERTAR y San Luis se clasificaron como ladrillos de cerámica roja portantes Clase-B ya que se obtuvo un valor de resistencia característica a la compresión mayor a 3 MPa. Sin embargo, los ladrillos de la cerámica SICOMAC no cumplieron con este requisito, por lo cual no pueden ser considerados para su utilización como mampuestos de carga, si es que se utilizan las normativas estudiadas. Una posterior investigación podría adecuar la utilización de estos mampuestos bajo ciertas consideraciones y/o restricciones de uso.
- Los valores obtenidos en la resistencia característica a compresión y corte de la mampostería verificaron que son mayores a los prescritos por la Normativa Británica BS-5628, lo cual corrobora su aplicación para muros portantes.
- Se puede comprobar que la resistencia del muro decrece con el incremento del espesor de la junta horizontal. Eso se explica porque a mayor espesor del mortero de la junta, éste disminuye su confinamiento y es susceptible a la rotura a cargas bajas,

aun si la resistencia a compresión de probetas de mortero no sea baja como también la resistencia de los bloques.

- El curado del mortero durante los 28 días es de suma importancia ya que influye en la adherencia mortero-mampuesto convirtiéndose en una de las posibles causas de aparición de fisuras y por consiguiente la ruptura de la mampostería.
- La mampostería tiene como una de sus propiedades mas relevante la variabilidad ya que influyen varios factores en la determinación de la resistencia característica a compresión y corte (características físicas y mecánicas de los materiales empleados y la técnica utilizada); sin embargo es fácil la implementación de ésta en la construcción debido a que no se necesita mano de obra calificada una vez conocidos los parámetros mínimos de construcción expuestos en este trabajo de investigación.
- Se comprobó en un análisis de costos que la estructura conformada por mampostería estructural simple es más económica ya que se tiene un ahorro del 8.82 al 10.59 % aproximadamente.
- Para realizar en diseño con mampostería estructural se recomienda utilizar como f_k de diseño al 0,85 de la resistencia característica obtenida y así garantizar aún con mayor cuidado la seguridad estructural.

Recomendaciones:

- Debido a la influencia que tiene el espesor de la junta horizontal en la resistencia de la mampostería se recomienda que se encuentre entre los valores de 1 y 1.5cm
- Para que exista mayor adherencia entre mortero-mampuesto se recomienda realizar un buen curado durante los 28 días ya que la resistencia del mortero es muy importante para el buen funcionamiento del conjunto. En especial se enfatiza la importancia del curado los tres primeros días del fraguado ya que es el tiempo de mayor riesgo de aparición de fisuras.
- El control de calidad en las diferentes cerámicas estudiadas se limita a la verificación de la uniformidad, tanto en dimensiones como en color de la pieza; denominándose ladrillos de primera a aquellos que se encuentran mejor cocidos, segunda a aquellos menos cocidos y tercera a aquellos mampuestos que difieren

notoriamente en dimensiones como en coloración. Por estas razones se recomienda que a nivel de fabricantes de cerámica roja se elaboren reglamentos de control de calidad que vaya desde la selección de la materia prima hasta la garantía de que los mampuestos nos otorgarán las resistencias deseadas. Esta recomendación ocasionaría que inclusive INCERTAR, SICOMAC y otras, se vean obligados a fabricar mampuestos de mejor calidad.

- De los resultados de la presente investigación, se recomienda además, usar mampostería simple de ladrillo de 21 huecos para la construcción de edificaciones de hasta 2 pisos, pues se podrían realizar edificaciones sociales de manera corporativa sin recurrir a mano de obra especializada, especialmente en la elaboración de hormigones.
- La estabilidad en las diferentes estructuras se debe garantizar realizando muros portantes dispuestos ortogonalmente en planta. Esta recomendación obedece a que durante la vida útil de la estructura esta puede estar solicitado por cargas excéntricas y, mas desfavorablemente ante la acción de cargas laterales (viento o pequeñas vibraciones)
- El menor costo en este tipo de edificaciones (ausentes de la estructura esqueleto de hormigón armado) las posicionan en una alternativa bastante aconsejable para subsanar el déficit habitacional con que cuenta el país. Por lo tanto, se recomienda analizar esta alternativa en todas las urbanizaciones de interés social que se deseen encarar.