

UNIVERSIDAD DE CUENCA

MAESTRÍA EN CONSTRUCCIONES SEGUNDA COHORTE

ESTUDIO DEL MORTERO DE PEGA USADO EN EL CANTÓN CUENCA. PROPUESTA DE MEJORA, UTILIZANDO ADICIONES DE CAL.

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

AUTOR: ARQ. JOSÉ FERNANDO GONZÁLEZ DE LA CADENA
C.I. 010250567-4

DIRECTOR: ARQ. PHD. JUAN FELIPE QUESADA MOLINA
C.I. 010226014-8

Cuenca, marzo 2016

RESUMEN

Esta investigación trata sobre el mortero de pega de mampostería, se estudia los materiales que lo componen, luego las propiedades del mortero de cemento-arena con dosificaciones similares a las de obra y un similar en condiciones de laboratorio, seguido se definen diferentes morteros de cemento-cal-arena. Con todos los morteros se realizan los mismos ensayos, en estado plástico los de: plasticidad, contenido de aire, retención de agua, y en el estado endurecido la resistencia a compresión. Además se estudia el mampuesto usado en Cuenca. Se concluye la investigación con un análisis y valoración de los resultados obtenidos en la etapa de experimentación.

Palabras Clave: Mortero, cal, propiedades, Cuenca

ABSTRACT.

This research is about masonry mortar paste.

it is studied the materials that comprise, then the properties of the cement-sand mortar with similiar dosages to the work, and similar laboratory conditions, followed are defined different cement-lime-sand mortars. With all mortars the same tests are performed, in the in the plastic state of: plasticity, air content, water retention, and in the hardened state of compressive strength. Besides is studied the masonry used in Cuenca. This research concludes with an analysis and valoration of the results obtained in the experimentation stage.

KEYWORD: mortar, lime, properties, Cuenca.

Tabla de contenido

ESTUDIO DEL MORTERO DE PEGA USADO EN EL CANTON CUENCA. PROPUESTA DE MEJORA, UTILIZANDO ADICIONES DE CAL.....	1
CAPÍTULO 1.- LINEAMIENTOS.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2.1 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.3 JUSTIFICACION.....	5
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	6
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
1.5 HIPÓTESIS.....	8
CAPÍTULO 2.- MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 RESEÑA HISTÓRICA.....	9
2.2 ESTADO DEL ARTE.....	11
2.3 BASE TEÓRICA.....	16
2.3.1 MORTEROS.....	16
2.3.2 COMPONENTES DEL MORTERO, REQUISITOS.....	22
2.3.3 GENERALIDADES DE LOS MATERIALES QUE COMPONEN EL MORTERO.....	25
2.4 MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA.....	33
2.4.1 SELECCIÓN DEL TIPO DE MORTERO.....	33
2.4.2 MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA USADO EN EL CANTÓN CUENCA.....	33
2.4.3 MORTERO DE PEGA CON ADICIONES DE CAL.....	35
2.4.4 SELECCIÓN DE MORTERO DE CEMENTO-CAL-ARENA.....	36
2.4.5 ENSAYOS PARA MORTEROS DE PEGA DE MAMPOSTERÍA.....	37

CAPÍTULO 3.- PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	43
3.1 ANÁLISIS DE COMPONENTES DEL MORTEROS.	43
3.1.1 CEMENTO.	43
3.1.2 CAL.	44
3.1.3 ARENA.	52
3.1.4 AGUA.	55
3.2 ANÁLISIS DE MORTEROS.	56
3.2.1 ESTUDIO DEL MORTEROS DE PEGA DE MAMPOSTERÍA USADO EN EL CANTÓN CUENCA.	56
3.2.2 NOMENCLATURA DE MORTEROS DE CEMENTO-ARENA, PARA ANÁLISIS.	57
3.2.3 MORTEROS CEMENTO-ADCICIONES DE CAL, PARA ANALISIS.	57
3.2.4 FLUIDEZ.	58
3.2.5 RETENCIÓN DE AGUA.	60
3.3 ENSAYOS EN ESTADO ENDURECIDO	62
3.3.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.	62
3.4 ANÁLISIS DE MAMPUESTOS.	65
CAPÍTULO 4.- ANÁLISIS DE RESULTADOS.	68
4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS AL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERIA.	68
4.1.1 ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS PARA EL ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS DE LAS DIFERENTES MUESTRAS DE MORTERO DE PEGA; DE CEMENTO-ARENA Y CEMENTO-CAL-ARENA, EN ESTADO PLÁSTICO.	68
4.1.2 ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS PARA ESTABLECER LAS PROPIEDADES, DE LAS DIFERENTES MUESTRAS DE MORTERO DE PEGA, DE CEMENTO- ARENA Y CEMENTO-CAL-ARENA, EN ESTADO ENDURECIDO.	69
4.1.3 ANÁLISIS DE MAMPUESTOS.	78
4.1.4 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS.	81

CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	83
ANEXOS	87
.....	87
.....	90
ÍNDICE DE TABLAS.....	98
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	100
BIBLIOGRAFÍA.....	102

Cláusula de Derechos de autor.

José Fernando González De la Cadena, autor de la tesis "ESTUDIO DEL MORTERO DE PEGA USADO EN EL CANTÓN CUENCA. PROPUESTA DE MEJORA, UTILIZANDO ADICIONES DE CAL", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de MAGISTER EN CONSTRUCCIONES. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, marzo del 2016.



José Fernando González De la Cadena
C.I.: 0102505674

Cláusula de propiedad intelectual.

José Fernando González De la Cadena, autor de la tesis "ESTUDIO DEL MORTERO DE PEGA USADO EN EL CANTÓN CUENCA. PROPUESTA DE MEJORA, UTILIZANDO ADICIONES DE CAL" Certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la siguiente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.



José Fernando González De la Cadena
C.I.: 0102505674

DEDICATORIA

Este trabajo es la culminación de una etapa, en la que toda mi familia ha sido el pilar fundamental y la motivación constante para todas las acciones en mi vida, un agradecimiento especial a mis hijos Ana Isabel, Amelia, Gael y a mi compañera, amiga y esposa Katty.



ESTUDIO DEL MORTERO DE PEGA USADO EN EL CANTON CUENCA. PROPUESTA DE MEJORA, UTILIZANDO ADICIONES DE CAL.

CAPÍTULO 1.- LINEAMIENTOS.

1.1 INTRODUCCIÓN.

El uso de cal y de cemento en la confección de morteros de pega para mampostería en nuestro medio han tenido sus épocas claramente definidas, en un principio cuando se empezó a trabajar con ladrillos de arcilla cocida en las construcciones en general, Iglesias, edificios públicos viviendas e incluso otras de infraestructura urbana como son los puentes, el principal aglutinante era el mortero de cal usado de manera general, pero con la aparición de las fábricas de cemento en nuestro medio como son la Guapán y luego en el mercado local el cemento Rocafuerte en las décadas de 1960 y 1970, poco a poco este nuevo producto industrial se introdujo en el mercado de la construcción tradicional desplazando por completo el uso de la Cal en los morteros para pega de mampostería, además el cemento por tratarse de un producto con nuevas características se usó desde un principio para la elaboración de: morteros, hormigón y en la fabricación de nuevos productos como bloques de pómez, bloques de hormigón, elementos prefabricados, convirtiéndose un producto de uso cotidiano y de presencia en forma universal en el sector de la construcción en nuestro medio.

Poco a poco la producción artesanal de la cal se perdió y las empresas productoras de cemento no tienen interés en producirla en forma industrial pese a tener esta capacidad, ya que esta se realiza con piedra caliza principal componente en su industria cementera, poco interés prestan a la producción y comercialización de este producto.

En esta transición de uso de morteros de cal a cemento, no se desarrolló el uso de un mortero que combine estos dos materiales pese a que la cal proviene de la calcinación de la piedra caliza y el cemento tiene como uno de sus componentes principales también este material, lo que los hace compatibles, pero la cal como el cemento tienen características muy diferentes en sus estados plástico y endurecido, pero al combinarse aportan mutuamente con sus propiedades a obtener morteros de mejores condiciones en el momento de su elaboración, colocado y una vez endurecido en sus comportamiento física y mecánico.

El uso de morteros de cemento-arena con adiciones o porcentajes de cal no es nuevo, incluso dentro de la Norma Técnica Ecuatoriana del Instituto Ecuatoriano de Normalización (NTE INEN) el capítulo NTE INEN 2518: Morteros para unidades de mampostería regula el uso de cal como componente en su fabricación.

Este trabajo de investigación lo que pretende es llegar a tener un conocimiento del mortero que actualmente se usa en nuestro medio, definir según norma ecuatoriana los morteros que se pueden utilizar en la confección de mamposterías, ya sea por el uso o propiedades que estos elementos tendrán dentro de la obra, estudiar su utilización a través de la historia no solo en nuestro medio sino a un nivel global ya que su uso ha sido practicado por muchas culturas alrededor del mundo, investigar el estado del arte sobre los morteros para llegar a tener una base teórica de conocimiento de este y de los materiales que lo componen; en una fase de experimentación poder evaluar a sus componentes de procedencia local, los mismos que se utilizarán en la fabricación de los diferentes morteros, desarrollar un diseño volumétrico de morteros de cemento-arena y de cemento-arena-cal con diferentes dosificaciones para poder conocer mediante experimentación las diferentes características y comportamientos de estos morteros tanto en un estado plástico como en estado endurecido. Los resultados obtenidos serán cuantificados y cualificados y nos darán los parámetros para poder concluir si se puede o no mejorar las características del mortero de cemento-arena al ser confeccionado con adiciones de cal, tema de este estudio, realizar un breve estudio de los mampuestos utilizados en la construcción de mamposterías en nuestra ciudad ya que al conocer las características de estos y las de los

morteros serán de gran ayuda al momento de la elección o aplicación del mortero de pega. Terminar este estudio con recomendaciones para futuros estudios relacionados con este tema.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El mortero que se utiliza en la pega de mampostería en la Ciudad de Cuenca y porque no decir en nuestro País el Ecuador, no ha tenido un desarrollo en la investigación y aplicación como otros materiales de construcción de similares características o composición como es el caso del Hormigón, el acero, la madera, etc. Debiendo suponer que esta falta de interés en este material podría darse principalmente a que su aplicación no forma parte del sistema estructural en las edificaciones que actualmente desarrollamos en nuestro medio. El poco interés y desarrollo de investigación de este material de construcción, ha hecho que este se aplique generalizadamente de una manera empírica, por no decir un nulo control de calidad.

Sin embargo existen normas desarrolladas dentro de la Norma Ecuatoriana de la Construcción del 2011 (NEC 2011) que establecen parámetros y normas para el mortero de pega de mamposterías así como de sus componentes, dentro de estas, también consta el uso de cal para el diseño y fabricación de morteros de pega de mampostería.

El ingreso del cemento portland a los diferentes técnicas constructivas que se desarrollaban en nuestro entorno, desplazo completamente al uso de la cal, entre otros materiales, que se venían utilizando desde épocas muy anteriores incluso desde la época republicana. Si bien es cierto la introducción de este nuevo material (cemento portland) para la fabricación de morteros de pega y enlucido o empañetado, tiene como principal características ganar resistencias altas a la compresión, muchas otras características cualitativas y cuantitativas de los morteros de cal quedan a un lado, debido sobre, todo a esta característica de resistencia presentada en los morteros de cemento-arena.

Sin embargo, lo que pretende esta tesis es el estudio del mortero común, así llamado en nuestro medio, el mortero 1 a 3, elaborado por dosificación de cemento, arena y agua para estudiar sus

características según normativa y poder mejorar algunas de sus características, tanto en su estado líquido como en su estado endurecido con adiciones de cal en su composición.

La cal como material no se encuentra del todo perdida en nuestro medio; existe todavía un mercado que lo utiliza en la fabricación artesanal de elementos como molduras elaboradas con yeso, poco en restauración de elementos o edificaciones que están construidas principalmente con estos morteros y más su uso está centrado a la agricultura, sobre todo en la zona de la costera en donde es utilizado para mejorar los suelos para actividades de agricultura, se usa también en el tratamiento y purificación de agua.

Teniendo como principal efecto la falta de conocimiento para poder identificar correctamente morteros especializados según su composición o por características físicas según el uso o aplicación que el elemento en el que se necesita construir. La falta de desarrollo e investigación conjuntamente con la falta de introducción de nuevas tecnologías constructivas como la de la mampostería estructural por ejemplo, en donde el mortero de pega juega un papel importante, han limitado totalmente el interés por el desarrollo de los morteros en general. Siendo la principal característica para aplicar mortero en la construcción de mamposterías es la alta resistencia a la compresión que pueden dar los morteros de cemento-arena.

El problema no solo radica en la falta conocimiento al momento de diseñar o seleccionar el tipo de mortero, ya sea por su composición o por el uso que tendrá el elemento en el que va a aplicarse, la falta de control de calidad sumándole la falta de un conocimiento mínimo de las características de los mampuestos utilizados en nuestro medio, hacen que el mortero se use de manera generalizada en nuestras obras con una dosificación universal para los morteros de pega de mampostería con una relación 1:3 (cemento-arena).

La tendencia actual en nuestro medio y contexto incluso de País y de Región, es la de poder presentar viviendas con materiales autosustentables, reciclados, fabricados en obra, incluso por el usuario final. La propuesta de nuevos mampuestos o piezas para mampostería, tabiques, etc., hace que se necesite conocer a los materiales ligantes que puedan ser usados en los sistemas antes

mencionados, sin embargo, tenemos: Normativa Nacional, Normas Técnicas Ecuatorianas que se basan en lo que ha morteros comprende a la norma ASTM que responde a países industrializados, cuyas normas para el mortero y mampostería tienen otras realidades en cuanto a producción y calidad. Su interés está centrado incluso en otros sistemas constructivos que se alejan de una investigación y desarrollo de un sistema tradicional como los que utilizan morteros para mamposterías.

1.2.1 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.

Estudio del mortero de cemento utilizado en la práctica de construcción en el Cantón Cuenca, fabricado o elaborado por una mezcla volumétrica de cemento-arena en la proporción 1-3, más conocido como mortero común.

Estudio de las características y condiciones del mortero según norma NEC-2011, para pega de mampostería Tipo N (muro portante exterior sobre el nivel de suelo y muro interior).

Propuesta de Mejora de las características físicas y mecánicas del mortero de cemento con adiciones de CAL en cuanto a: consistencia, manejabilidad, retención de agua y tiempo de fraguado.

1.3 JUSTIFICACION.

Es necesario investigar sobre el uso, características, propiedades físicas y mecánicas del mortero con cal en sus dos estados: plástico y endurecido. En nuestro medio se utiliza únicamente el mortero de cemento-arena y no se confecciona o elabora el mortero de cemento-cal-arena, pese a estar su uso normado por la INEN. Además por sus características físicas; tanto en estado plástico como endurecido, le hacen completamente compatible con los mampuestos utilizados en la elaboración de mamposterías en nuestro medio. Consideración que deberían ser tomadas en cuenta a la hora de la selección y aplicación del mortero de pega de mampostería. Es justamente lo que busca esta investigación, tener conocimiento del mortero usado actualmente en obra, de las características del mortero de cemento-cal-arena, identificar el tipo de mortero que se aplicará según el uso del elemento

a construirse relacionándolo con el tipo de mampuesto que se utilizará en la construcción de mamposterías.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

1.4.1 OBJETIVO GENERAL.

Caracterizar de las propiedades en sus estados plástico y endurecido, para morteros adicionados con cal y su comparación con mortero de cemento y arena bajo la norma ecuatoriana INEN 2518_2010 de “morteros para unidades de mampostería” y con el mortero utilizado comúnmente en nuestro medio.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

a) Investigar y analizar los requisitos mínimos de los materiales utilizados en la fabricación del mortero de pega de mampostería:

-Cemento.

-Áridos.

-Agua.

-Cal: por lo menos de tres diferentes tipos o procedencia.

Según normas NTE INEN.

b) Definir y realizar los ensayos en laboratorio necesarios para el estudio del mortero de pega de mampostería común y con adiciones de cal. Norma INEN 2518 numeral 8.

- Retención de agua

- Resistencia a la compresión.

- Contenido de aire.

Estos como ensayos solicitados por la norma INEN, además se realizarán pruebas tanto en estado plástico como en estado endurecido, bajo normas ASTM y NTC.

Estado plástico.

-Fluidez que se acepta como medida de manejabilidad

-Velocidad de endurecimiento.

Estado endurecido.

-Retracción.

-Adherencia.

-Durabilidad.

c) Determinar y comparar las propiedades físicas y mecánicas del mortero de pega de mampostería con el mortero utilizado actualmente en nuestro medio, con el establecido por Norma ASTM y en la NTE INEN 2 518 para morteros de cemento y cal.

d) Estudiar y analizar el mortero de cemento y arena y experimentar con adiciones de cal, hasta obtener los mejores resultados en sus propiedades, tanto en estado plástico como en estado endurecido y cumpliendo con NTE.

e) Realizar ensayos con mampuestos utilizados en nuestra ciudad (ladrillo artesanal tipo panelón, bloque de hormigón, ladrillo de arcilla de confección industrial), para determinar la velocidad inicial de absorción de agua con los morteros estudiados, para poder cuantificar las mejoras con adiciones de cal.

f) Analizar de costos y comparación del mortero con adiciones de cal, el mortero de cemento con el que actualmente se utiliza en las construcciones de nuestra ciudad.

g) Estudiar e identificar los usos, para este mortero adicionado, en la construcción tradicional de mampostería y en nuevos sistemas como el de mampostería estructural por ejemplo. Según normas INEN y ASTM.

1.5 HIPÓTESIS.

Es posible mejorar las características físicas y mecánicas del mortero utilizado para pega de mampostería en nuestro medio, volviéndole un material más trabajable y con mejores características físicas y mecánicas, apegadas a normas nacionales o internacionales, mediante la adición de cal en su composición.

CAPÍTULO 2.- MARCO TEÓRICO.

2.1 RESEÑA HISTÓRICA.

Existen datos relevantes sobre el empleo de la cal desde tiempos muy remotos de la historia y a lo largo de toda la geografía, con excepción de Europa Central y Septentrional. El empleo de la cal como aglutinante, tiene su origen en el Neolítico, y su uso como mortero de cal se lo atribuye a los griegos y romanos. (Les motiers anciens. Histoire et essais d'analyse scientifique, 1975) esta cita tomada de (Callaza Vázquez, 2002) indica que la cal se utilizó en otros lugares como Bizancio, Creta y Rodas y su utilización casi en forma universal, sólo se indica que hay épocas en las que la utilización de la cal fue inexistente; debido, principalmente, a los sistemas constructivos de moda y a la geología local, además es una manera de explicar la escasa utilización de morteros de cal en la época egipcia, quizás debido, sobre todo, a la escases de materias primas para la elaboración de este material, como es la madera necesaria como combustible para calcinar la piedra caliza en esa época.

“A lo largo del tiempo, tanto el uso como la función de la cal han ido modificándose. Se ha utilizado en la construcción como mortero constituyendo la propia fábrica, como consolidante, y como capa protectora o como decoración, dado que proporciona numerosas posibilidades de acabado, textura y color. Desde 1900, tras el descubrimiento del cemento portland, la mayor parte de la cal fue usada en la industria como producto químico. En 1973 el 92 % de la cal producida se usaba en la industria química o como material para la agricultura (LIME, 1983). Actualmente se lo utiliza también para el control de la polución y en tratamientos de agua, en metalurgia, vidrios y como cargas minerales (Production and use of lime in the developing countries, 1975)” (Callaza Vázquez, 2002).

Analizando las construcciones en la ciudad de Cuenca, se pueden establecer claramente tres tipologías para la construcción de tabiquería; construcción en tierra, construcción con mamposterías de

ladrillo panelón de arcilla cocida, y la construcción moderna o contemporánea que utiliza todavía ladrillos de arcilla, bloques y nuevos elementos constructivos para la construcción de tabiquería como son planchas de: yeso, madera y de fibras minerales. Y siempre presente en la construcción de mampostería de Piedra.

Estos datos son corroborados en el texto de la norma ecuatoriana NTE 2518 (2010) que indica sobre la historia de los morteros lo siguiente *“La historia registra que el yeso calcinado y los morteros de arena fueron utilizados en Egipto por lo menos desde 2690 A.C. Más tarde, en la antigua Grecia y Roma, los morteros fueron producidos con diversos materiales como la cal calcinada, toba volcánica, y arena. Cuando se realizaron los primeros asentamientos en América, un producto relativamente débil seguía siendo fabricado con cal y arena. El uso común del cemento portland en morteros empezó a principios de siglo XX y condujo a un mortero altamente resistente, ya sea cuando se utilizaba cemento portland solo o en combinación con cal. El mortero moderno sigue siendo fabricado con cemento portland y cal hidratada, aparte de los morteros que son fabricados con cemento para mampostería o cemento para mortero”* (NTE INEN 2 518, 2010).

El uso de Cal no es desconocido en nuestro medio, se utilizaba de forma general como material aglutinante desde la época republicana hasta épocas resientes, cuando el cemento todavía no era introducido en la práctica de la construcción. Es así, que existen varias edificaciones representativas como son la Catedral Nueva, el colegio Benigno Malo, varias construcciones en el tramo de la Calle Larga, incluso en la construcción de Puentes como el Puente Roto y el Puente del Centenario, y de manera generalizada, en las viviendas hasta la década de los años ochenta, cuya tipología se podría definir como viviendas de una o dos plantas, las mismas que se construían con tabiquería portante en donde, la presencia de hormigón y acero de refuerzo no existía . Este mortero de cal no era sólo utilizado en la pega de mampostería sino que incluso se lo utilizaba en el revoque de paredes y su terminado era liso y muy parecido al que hoy conocemos como empastado.

Una vez introducido el uso del cemento portland en la metodología de construcción; éste se generalizó dejando a un lado el uso de la cal,

sobre todo en lo que respecta a la pega de mampostería. En nuestro medio, es muy común la elaboración de mortero para pega de mampostería en obra, el cual se le elabora mezclando volumétricamente cantidades de cemento y arena en una proporción de 1 a 3 y el agua en cantidades que permitan trabajabilidad de la mezcla, éste último componente se adiciona según la experiencia y criterio del obrero que colocará la mezcla en obra, poco es el conocimiento acerca de normas técnicas que debe cumplir este material y no se realiza o es casi nulo su control de calidad.

2.2 ESTADO DEL ARTE.

En el Ecuador y concretamente en la ciudad de Cuenca, poco interés e importancia se ha dado al MORTERO y sus diferentes aplicaciones en la construcción de viviendas, pese a ser un material que está presente de forma generalizada en nuestros sistemas constructivos, el mortero se utiliza en la fabricación de mamposterías de piedra, pero en mayor cantidad la de ladrillo de arcilla cocida sea de producción artesanal o industrial y de bloque en sus diferentes presentaciones. Se utiliza en mamposterías como pega de los mampuestos y como revestimiento o enlucido tanto en paredes interiores como exteriores, además se usan para pegado de revestimientos en pisos y paredes.

Las NTE INEN (Norma Técnica Ecuatoriana Instituto Ecuatoriano de Normalización) establece las características mínimas que deben tener los materiales que se utilizan en la fabricación de morteros y el mortero como tal pero estas son poco aplicadas en nuestro medio, sobre todo, porque no son de cumplimiento obligatorio en nuestro País. Algunas de estas normas hacen referencia a las normadas por la ASTM (American Society for Testing and Materials). Además se indica que al aplicar mortero en una unidad de mampostería, que tenga un alto índice de absorción, sea ladrillo o bloque, en estos casos es mejor utilizar morteros con alta retención de agua, para la elaboración de estos se pueden usar: cal viva INEN 248, cal hidratada INEN 247, masilla de cal ASTM C1489. Los áridos se encasillan dentro de la

norma ASTM C144. Dentro de la norma 2518 INEN 6.1.2.1 se permite el uso de morteros elaborados con cemento y cal, a menos que se especifique lo contrario, en INEN 6.1.2.2 se dan especificaciones por dosificación en tabla N°1 de esta norma y para el mortero para pega de mampostería se encasilla dentro de los morteros M,S,N,0.

También en 2518 INEN 6.1.2.3 se especifica por propiedades, tabla N°2 de esta norma.

Sobre los métodos de ensayo para morteros, se especifica bajo norma la masa unitaria de los componentes la forma de mezclar el mortero INEN 155, retención de agua ASTM C1506, resistencia a compresión, almacenamiento de especímenes y contenido de aire

Sobre el uso del mortero en esta norma se indica que una porción relativamente pequeña puede tener una gran influencia en el comportamiento total de una estructura, pero la principal diferencia entre el mortero y el hormigón como materiales de construcción se puede explicar mejor de la siguiente manera; el mortero es un elemento de unión de piezas de mampostería dentro de un elemento estructural único, mientras que el hormigón comúnmente es el elemento estructural. Se establece que existen propiedades de los morteros en sus estados: plástico y endurecido algunas de las cuales no son cuantitativas sino más bien de carácter cualitativo, se recomienda el uso de la norma ASTM C 780 y además, el ensayo de prismas. Dentro de los tipos de mortero en el capítulo V.8.2 Cemento portland – cal hidratada los morteros de arena y cemento tienen una gran resistencia a compresión y una baja retención de agua mientras que una pared que utiliza cal tiene bajas resistencia sobre todo en la inicial pero una alta retención de agua; además, tendrá menos problemas de agrietamiento y penetración de agua lluvia.

Además, se hace un resumen en donde se indican varios temas como el control de calidad, selección de mortero según el tipo de elemento a construirse la tabla V.1. de la norma INEN 2518. (ver tabla n°2)

Sobre morteros se encuentran publicados varios artículos y trabajos, dentro y fuera de nuestro País. Éstos son muy estudiados en Colombia; por ejemplo, existen varios trabajos como el de LA TECNOLOGIA DE LOS MORTEROS de Rodrigo Salamanca Correa,

quien hace un estudio en el que menciona la importancia que debería darse a este material, el mismo que pese a tener características similares al hormigón no se ha desarrollado como éste relegándolo, pese a ser utilizado de forma generalizada y universal, indica además que con un buen control de calidad de este material se tendrá un comportamiento adecuado y por ende mejora su calidad y la de las obras en que se utiliza.

Además, lo clasifica como: morteros realizados en obra, morteros premezclados húmedos y morteros secos según su fabricación, luego se estudia brevemente la evolución que éstos han tenido. En este estudio se enuncia que el porcentaje de mortero en relación al volumen de una pared de mampostería podrá estar entre un 10 y un 20%, luego clasifica a los morteros de mampostería con sus características físicas y mecánicas según el tipo de mortero a usarse. Importante es la correlación que establece entre los morteros y las piezas de mampostería, estudia además las granulometrías recomendadas para morteros de pega y relleno en el caso de las mamposterías estructurales y uno de los puntos más importantes es la de control de calidad de los morteros de pega y de relleno indicando su control por medio de la resistencia a la compresión, ensayo de retención de agua, manejabilidad.

Define como las propiedades más importantes de los morteros:

- 1.-Manejabilidad
- 2.-Retención de agua
- 3.-Retracción de secado
- 4.-Resistencias mecánicas.

Se estudia al mortero como un componente importante en la mampostería estructural ya que éste es parte fundamental para la calidad de este elemento, es así que el Ing. Jesús Humberto Arango Tobón en su trabajo sobre el mortero le clasifica según su composición y define sus propiedades básicas; en Colombia se utiliza mucho la cal sobre todo para darle mayor características de trabajabilidad a la pasta de mortero, estudia además la adherencia de los morteros y la

compatibilidad de esta en las unidades de mampostería o en base de la retención de agua y plasticidad del mortero y condiciones ambientales. Además, trata de los factores que afectan a las propiedades del mortero de pega; dosificación, preparación y mezclado, unidades de mampostería y mano de obra. Y termina con morteros de inyección mencionando brevemente su composición, clasificación y propiedades.

En el estudio de “El mortero para pegamento y mortero de repello” de Fidel Jiménez realiza una definición general de mortero mencionando a la ACI116 (American Concrete Institute) y a la PCA(Portland Cement Association), además de la función de este material como mortero para pegamento, estudia sus componentes; agua, arena, materiales cementantes y aditivos y las características del mortero en estado plástico, como; trabajabilidad, retención de agua y fraguado. En estado endurecido, como; adherencia, resistencia a la compresión y durabilidad. Además clasifica a los morteros por proporción y por propiedades, incluso menciona que su norma local (El Salvador) solo toma la especificación por proporción, se estudia la elaboración del mortero y enfatiza en los cuidados que debe tenerse al trabajar con este material en climas calientes.

En la “Guía práctica, morteros de pega para muros de mampostería” de Alejandro Salazar Jaramillo cuyo contenido es la definición de mortero de cemento y de sus componentes, estudio de las propiedades de los morteros, ensayos de laboratorio bajo normas, condiciones de laboratorio aseguramiento, sistemas de medidas. Se estudia las condiciones del cemento, arenas y estudia a la cal como adición a la mezcla. el proceso de llenado de los moldes. En su parte final habla del diseño de morteros; método, medida de espacio libre, peso compactado de la pasta, preparación del mortero, ensayo de fluidez, retención de agua, resistencia mecánica, contenido de aire y es muy importante el tema de mampuestos y la velocidad inicial de absorción según norma.

Los autores que hablan sobre el tema de morteros y lo clasifican básicamente como morteros estructurales o no según su función. Lo encasillan dentro de normas locales e internacionales y hablan siempre de la importancia del tema y el poco interés en su

investigación y desarrollo como un factor común en Colombia y en El Salvador procedencia de estos autores. Pero en Europa, por ejemplo. Se ha desarrollado mucho la investigación incluso con la creación de institutos, entre ellos se puede mencionar a La Asociación Nacional de Fabricantes de Mortero “AFAM” (Asociación Nacional de Fabricantes de Mortero), de España cuya sede está en Madrid; realiza publicaciones técnicas de diferentes temas relacionados con las normas UNE (Una norma española) y normas europeas. En donde se clasifican según sus usos, por los materiales que lo componen y se llegan a normar los materiales componentes.

Lafarge ha inaugurado en España en mayo de 2012 un “Centro de I+D para nuevos hormigones” con el fin de estudiar y desarrollar materiales, se da el lanzamiento de nuevos productos y dentro de los morteros su línea efectoO2 de morteros descontaminantes.

En esta línea también está el Instituto Español del Cemento y sus aplicaciones IECA (Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones), que es una institución privada dedicada al estudio técnico del cemento y a sus productos derivados: hormigón, morteros y otras aplicaciones.

En argentina está el INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial), en el año de 2002 realiza estudios sobre las propiedades de morteros con base epóxica, poliuretano, cemento, mediante la implementación de métodos de ensayo específicos.

En Colombia se da un desarrollo e investigación sobre el tema de los morteros de pega y morteros en general ya que en este país incluso se desarrollan sistemas como el de mampostería estructural, donde elementos como el mortero juegan un papel importante. Este país vecino no sólo cuenta con investigadores autores de varios artículos y libros sino además cuenta con instituciones como ASOCRETO (Asociación de Productores de Concreto) quienes realizan publicaciones sobre cemento, morteros, hormigones estudiados con normas colombianas.

2.3 BASE TEÓRICA.

2.3.1 MORTEROS.

2.3.1.1 DEFINICIÓN.

“Un mortero es una mezcla plástica constituida por materiales cementantes, agregado fino y agua”.

Un mortero de pega se usa para adherir las unidades de mampostería (ladrillos o bloques de concreto), que son elementos de colocación manual, de características pétreas y estabilidad dimensional”. (Salazar Jaramillo, 2000).

“En el sentido general de la palabra, el mortero puede definirse como la mezcla de un material aglutinante (cemento portland y/u otros cementantes), un material de relleno (agregado fino o arena), agua y eventualmente aditivos, que al endurecerse presenta propiedades, físicas y mecánicas similares a las del concreto y es ampliamente utilizado para pegar piezas de mampostería en la construcción de muros, o para recubrirlos, en cuyo caso se le conoce como pañete, repello o revoque” (Sánchez de Guzmán, 2001).

“Este término se refiere a la mezcla de pasta y agregado fino (arena), que es utilizada en la nivelación de pisos, en la estabilización de taludes y especialmente en la construcción de mampostería, en donde se usa como pegante de ladrillos o como recubrimiento de muros, caso en el cual se le conoce como pañete, repello o revoque”. (ASOCRETO, 2010).

2.3.1.2 TIPO DE MORTEROS DE CONSTRUCCIÓN.

Es generalizado tanto en la Norma Ecuatoriana, Colombiana, ASTM que a los morteros se les asigne una letra para poder distinguirlos según sus propiedades y usos.

“En 1954 se clasificaba a los morteros con las siguientes categorías; A1, A2, B, C y D, pero este tipo de clasificación llevó a muchos técnicos y diseñadores a pensar que el mortero “A1” era el de mejores características. Para superar este tipo de confusión se designaron las letras M, S, N, O y K, las cuales corresponden al deletreo de cada dos

letras de la palabra “MaSoN wOrK o trabajo de mampostería” (ASOCRETO, 2010)

2.3.1.2.1 MORTERO TIPO M

Es una mezcla de alta resistencia que ofrece mayor durabilidad, es recomendado para mampostería con o sin refuerzo que pueda soportar altas cargas de compresión, a condiciones de congelamiento, a presión lateral de tierra, a presencia de vientos fuertes y terremotos. Por las características expuestas este mortero puede ser utilizado en estructuras o elementos que estén enterrados, en contacto con el suelo como puede ser cimentaciones, muros de contención

2.3.1.2.2 MORTERO TIPO S

Este tipo de mortero proporciona mayor resistencia a la adherencia. Se utiliza generalmente en estructuras o elementos que estén sometidos a cargas normales de compresión, es utilizado también como pega en la fabricación de enchapes, por ejemplo.

2.3.1.2.3 MORTERO TIPO N

Este es un mortero multipropósito en la elaboración de mamposterías. Es apropiado para pañete y paredes interiores de división, por su resistencia media es el mortero que combina de mejor manera las propiedades de resistencia, trabajabilidad y economía.

2.3.1.2.4 MORTERO TIPO O

Este mortero tiene un alto contenido de cal y baja resistencia, se lo utiliza en pañetes o enlucidos y para pega en paredes de poca carga y de división. Se lo recomienda para viviendas de uno o dos pisos y además se indica que es el preferido por los mamposteros por su excelente trabajabilidad.

2.3.1.2.5 MORTERO TIPO K

Esta clasificación ya no aparece dentro de los cuadros o tablas de tipos de morteros porque la diferencia con el tipo O es mínima y ha sido reemplazado por este en la aplicación práctica.

2.3.1.3 CLASIFICACIÓN.

A los morteros se les puede clasificar de la siguiente manera; por su composición y por su aplicación.

Se puede distinguir dos grupos; los aéreos y los hidráulicos. Los aéreos son los que endurecen con el secado al aire y fraguan muy lentamente por un proceso de carbonatación. Y los Hidráulicos, endurecen incluso bajo agua ya que por su composición permiten que en su fraguado se alcancen relativamente altas resistencias iniciales. Pero en general, a los morteros se los clasifica por su composición. Se los puede clasificar en morteros calcáreos, morteros de cal y cemento Portland, morteros de cemento, por sus propiedades específicas de resistencia a compresión, además se indica que los morteros para mampostería se pueden clasificar además en morteros de pega y de relleno. (Sánchez de Guzmán, 2001).

Otra clasificación los agrupa en morteros Húmedos y secos. Los primeros son morteros que pueden ser proporcionados o mezclados en planta. Una de sus características es de larga vida lo que permite su almacenamiento en estado fresco hasta 48 horas, de forma que el fraguado inicia el momento que éste entre en contacto con la mampostería, en los premezclados secos son morteros los cuales son proporcionados y mezclados en planta cuyo proceso de mezclado se culmina en obra con la adición de agua que se recomienda para dicha mezcla. (Salamanca Correa, 2001).

A los morteros se los puede clasificar considerando los elementos que lo componen.

Consistencia	Fluidez %	Penetración mm	Condiciones de Colocación	Tipos de Estructuras	Sistemas de colocación
Dura (saca)	80 a 100	30-45	Secciones Sujetas a vibración	Reparaciones, Recubrimientos de Túneles, galerías, Pantallas de Cimentación y pisos	Proyección neumática con vibradores de pared
Media (plástica)	100 a 120	45-55	Sin vibración	Pega de mampostería, baldosines, pañetes y revestimientos	Manual con Palas y palustres
Fluida (húmeda)	120 a 150	55-89	Sin vibración	Pañetes, rellenos de mampostería estructural, morteros autonivelantes para pisos	Manual, bombeo, inyección

Tabla N° 1 Clasificación de los morteros según fluidez, ASOCRETO, Manejo y Colocación en Obra, Tomo II, 2011.

2.3.1.3.1 MORTEROS CALCÁREOS.

Estos morteros debido a la cal se hacen más manejables que los morteros de cemento, sin embargo no se pueden obtener altas resistencias debido a su baja velocidad de endurecimiento.

“La cal aérea más conocidas son la cal blanca y la cal dolomítica (cal gris). La arena en este caso en realidad constituye un material inerte cuyo objetivo principal es evitar el agrietamiento y contracción del

mortero, por lo que se recomienda que tenga partículas angulosas y esté libre de materia orgánica, piedras grandes y polvo y arcilla” (Sánchez de Guzmán, TECNOLOGÍA DEL CONCRETO Y MORTERO, 2001).

2.3.1.3.2 MORTEROS DE CAL Y CEMENTO PORTLAND.

Estos morteros tienen una buena retención de agua y se pueden obtener altas resistencias iniciales. Estos morteros también se les denominan morteros rebajados cuando el contenido de cemento es escaso. En cuanto a la dosificación de agua, se tiene un abanico grande ya que dependerá del mortero y la trabajabilidad deseada. Si el contenido de cemento es alto la resistencia será alta y se acortara el tiempo entre el amasado y la colocación. Así, si el contenido de cal es alto se tendrá menos resistencia pero será mayor el tiempo entre el amasado y la colocación. Si la cantidad de áridos es muy alta se obtendrán resistencias bajas y poca trabajabilidad teniendo como ventaja que el mortero tendrá poca retracción.

“Los morteros hechos de cemento portland y cal debe combinarse de tal manera que se aprovechen las propiedades adhesivas de la cal y las propiedades cohesivas del cemento portland, siendo importante tener en cuenta que cada adición de cal incrementa la cantidad de agua de mezclado necesaria” (Sánchez de Guzmán, TECNOLOGÍA DEL CONCRETO Y MORTERO, 2001).

Ubicación	Segmento de construcción	Tipo de mortero	
		Recomendado	Alternativo
Exterior, por encima del nivel de terreno	Muro portante	N	S ó M
	Muro no portante	O ^B	N ó S
	Antepecho	N	S
Exterior, en o por debajo del nivel de terreno	Muro de cimentación, pared de retención, pozos de inspección, desagües, pavimentos, caminos y patios.	S ^C	M ó N ^C
Interior	Muro portante	N	S ó M
	Tabiques no portantes	O	N
Interior o exterior	Reparación o acabado	Ver el Apéndice X	Ver el Apéndice X

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

^B El mortero tipo O es recomendado para ser usado cuando la mampostería no tiene riesgo de congelación, cuando está saturada o cuando no va a estar sujeta a fuertes vientos o a otras cargas laterales significativas. El mortero tipo N ó S debe ser usado en otros casos.

^C La mampostería expuesta a condiciones ambientales en una superficie horizontal extremadamente vulnerable a la intemperie. El mortero para dicha mampostería debe ser seleccionado con la debida precaución.

Tabla N° 2 Guía de selección de morteros para mampostería NTE INEN 2518.

2.3.1.3.3 MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND.

Este mortero tiene como característica principal su alta resistencia inicial y una elevada resistencia una vez endurecido, las condiciones de trabajabilidad son variables de acuerdo a las proporciones y al tipo de arena usada. Este mortero por lo general carece de plasticidad, su retención de agua es baja, es difícil de trabajar.

Mortero	Tipo	Resistencia promedio a la compresión a 28 días, min. (MPa)	Retención de agua, % min	Contenido de aire, % max ^B	Relación de áridos (medidos en condición húmeda, suelta)
Cemento y cal	M	17,2	75	12	No menos que 2¼ y no más que 3½ veces los volúmenes separados de materiales cementantes
	S	12,4	75	12	
	N	5,2	75	14 ^C	
	O	2,4	75	14 ^C	
Cemento para mortero	M	17,2	75	12	
	S	12,4	75	12	
	N	5,2	75	14 ^C	
	O	2,4	75	14 ^C	
Cemento para mampostería	M	17,2	75	18	
	S	12,4	75	18	
	N	5,2	75	20 ^D	
	O	2,4	75	20 ^D	

A Únicamente morteros preparados en laboratorio (ver la nota 6).
 B Ver la nota 7.
 C Cuando el refuerzo estructural está embebido en un mortero de cemento y cal, el contenido máximo de aire debe ser 12%.
 D Cuando el refuerzo estructural está embebido en un mortero de cemento con mampostería, el contenido máximo de aire debe ser 18%.

Tabla N° 3 Especificación por propiedades, requisitos NTE INEN 2518.

El mortero de cemento está constituido en su estructura por granos de área, los mismos que están colocados de manera tangente entre sí, la función que hace el cemento es de cubrir finamente cada grano y así lograr un efecto de soldadura formando una masa homogénea y compacta, de las características y condiciones del agregado se lograra tener una menor cantidad o consumo de cemento. Está cantidad no se puede rebajar demasiado ya que los granos de arena rozarán entre, al faltar el cemento que funciona como lubricante entre éstas. Tampoco se puede poner en demasía porque para usos comunes se pueden tener resistencias muy altas y presentar problemas de retracción en el secado provocando fisuras o agrietamiento.

2.3.1.3.4 CLASIFICACIÓN DE MORTEROS SEGÚN FLUIDEZ.

Para determinar la consistencia en estado plástico de los morteros, existen dos métodos, el primero permite medir la fluidez de la mezcla mediante el ensayo de la mesa de flujo.(ASTM C-230), este método no es utilizado en obra debido a costos de equipo, montaje requerido y calibración.

El segundo método corresponde a la determinación del grado de penetración (en mm) de un vástago de punta cónica con una masa estándar que se logra con un aparato de VICAT modificado. Este método (ASTM C-780) tiene como finalidad, establecer que a mayor grado de penetración es mayor la fluidez, en la práctica este factor de fluidez es completamente subjetivo y cuya apreciación dependerá del maestro albañil o mampostero sobre todo cuando sea producido sin un control de calidad en obra.

Las características para la clasificación de morteros según su fluidez se muestran en la tabla N°1.

2.3.1.3.5 CLASIFICACIÓN DE MORTEROS SEGÚN FRAGUADO.

El mortero puede clasificarse igual que el hormigón, en morteros de fraguados: lentos, normales o rápidos. Sin embargo se han desarrollado los “morteros de larga vida” o “estabilizados” los cuales con aditivos que retardan el fraguado y promueven la inclusión de aire y la retención de agua, pueden permanecer almacenados en envases especiales entre 12 y 72 horas.

Mortero	Tipo	Dosificaciones por volumen (materiales cementantes)									Relación de áridos (medidos en condición húmeda, suelta)
		Cemento Portland o cemento compuesto	Cemento para mortero			Cemento para mampostería			Cal hidratada o masilla de cal		
			M	S	N	M	S	N			
Cemento y cal	M	1	---	---	---	---	---	---	---	1/4	No menos que 2¼ y no más que 3 veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes
	S	1	---	---	---	---	---	---	Sobre ¼ a ½		
	N	1	---	---	---	---	---	---	Sobre ½ a 1¼		
	O	1	---	---	---	---	---	---	Sobre 1¼ a 2½		
Cemento para mortero	M	1	---	---	1	---	---	---	---	---	
	M	---	---	1	---	---	---	---	---	---	
	S	½	---	---	1	---	---	---	---	---	
	S	---	---	1	---	---	---	---	---	---	
	N	---	---	---	1	---	---	---	---	---	
Cemento para mampostería	O	---	---	---	1	---	---	---	---	---	
	M	1	---	---	---	---	1	---	---	---	
	M	---	---	---	1	---	---	---	---	---	
	S	½	---	---	---	---	1	---	---	---	
	S	---	---	---	---	---	1	---	---	---	
	N	---	---	---	---	---	1	---	---	---	
	N	---	---	---	---	---	---	1	---	---	
	O	---	---	---	---	---	---	---	1	---	

NOTA. En el mortero no deben ser combinados dos agentes incorporadores de aire

Tabla N° 4 Especificación por dosificación. Requisitos, NTE INEN 2518.

2.3.1.3.6 CLASIFICACIÓN DE MORTEROS SEGÚN SU USO.

Por su aplicación generalizada en la construcción se ha desarrollado o sea especializado; en morteros para obras de mampostería estructural, y morteros para pega de mampostería y mortero de relleno, estos usos van de la mano con la resistencia a la compresión, ver tabla N°2.

2.3.1.3.7 CLASIFICACIÓN DE MORTEROS PARA MAMPOSTERÍA.

Para esta clasificación se toma la NTE INEN 2518 “Morteros para unidades de mampostería. Requisitos” que clasifica al mortero en dos grandes grupos por; Especificaciones por: dosificación y sus propiedades. Es muy importante resaltar que esta norma en su numeral 6.1.2.1 indica lo siguiente “A menos que se especifique de otra manera, se permite el empleo de morteros elaborados con cemento y cal, con cemento para mortero o cemento para mampostería. Un tipo de mortero de mayor resistencia conocida no debe ser sustituido indiscriminadamente aunque está especificado un tipo de mortero de menor resistencia”.

2.3.1.3.8 ESPECIFICACIONES POR DOSIFICACIÓN.

En el numeral 6.1.1.2 de la NTE 2518 se indica lo siguiente

“Especificaciones por dosificación. Los morteros que estén de acuerdo con las especificaciones por dosificación deben consistir de una mezcla de material cementante, árido y agua, todos deben cumplir con los requisitos del numeral 6.1.1 y los requisitos por dosificación especificados en la tabla 1”. De la NTE INEN 2518, ver tabla N°3.

“6.1.2.1. A menos que se especifique de otra manera, se permite el empleo de morteros elaborados con cemento y cal, con cemento para mortero o cemento para mampostería. Un tipo de mortero de mayor resistencia conocida no debe ser sustituido indiscriminadamente aunque esté especificado un tipo de mortero de menor resistencia” (NTE INEN 2518).

	Mínimo	Máximo
Óxidos de calcio y magnesio (CaO y MgO, calculados sobre la base no volátil), en %	65	75
Silice (SiO ₂ , calculado sobre la base no volátil) en %	16	26
Óxidos de hierro y aluminio (Fe ₂ O ₃ y Al ₂ O ₃ , calculados sobre la base no volátil), en %	--	12
Dióxido de carbono (CO ₂ calculado sobre la base como se recibe), en %	--	8

NOTA 1. El comprador puede incrementar la hidraulicidad mediante la adición de clínker de cemento portland pulverizado o puzolana pulverizada, ya sea natural o artificial.

Tabla N° 5 Composición química de la cal hidratada para construcción. NTE INEN 0246.2010.

2.3.1.3.9 ESPECIFICACIONES POR PROPIEDADES.

Para que los morteros que se encuentren dentro de las especificaciones por sus propiedades, se realizarán ensayos de morteros en laboratorio, numeral 6.1.2.3. Este mortero de laboratorio debe cumplir los requisitos establecidos en la tabla n°2 de la norma NTE INEN 2518. Ver tabla N°4.

2.3.2 COMPONENTES DEL MORTERO, REQUISITOS

2.3.2.1 MATERIALES CEMENTANTES.

La NTE INEN 2518, los materiales a ser utilizados como ingredientes en la composición del mortero para unidades de mampostería deben cumplir con los requisitos mínimos establecidos en su numeral 6.1.1.1. hasta 6.1.1.4.

Dentro del numeral 6.1.1.1. establece los tipos de cementantes, y estos son básicamente, los cementos: Portland en varios de sus tipos, cementos hidráulicos compuestos, cementos hidráulicos, cementos portland de escoria de altos hornos, cementos de mampostería y cementos para mortero.

Como cementante se define los tipos de cal: cal viva, cal hidratada y masilla de cal bajo normas adicionales dentro de la misma NTE. Y además la norma NTE INEN 0246.2010 que especifica los requisitos que debe tener la cal hidráulica hidratada para la construcción. Se indican en la tabla N°5.

Indica que se puede realizar un ensayo químico utilizando la ASTM C25, en nuestro medio este tipo de análisis no se realiza pero dentro

de esta misma norma se indica que se puede realizar con otros tipos de análisis que puedan llegar a resultados similares.

2.3.2.2 ÁRIDOS PARA CONSTRUCCIÓN

Para poder determinar el árido a usarse en la confección de los morteros se utiliza la norma NTE INEN 2536 (2010): Áridos para el uso de morteros de mampostería. Requisitos, dentro de esta se solicita cumplir los requerimientos de la tabla N°6 de Límites granulométricos para uso de mortero de mampostería para su graduación, además se especifica que la masa retenida entre dos tamices consecutivos no podrá ser mayor al 50% ni más del 25% entre el tamiz de 300 μm (N°50) y de 150 μm (N°100), incluso si el árido no cumpliera con las condiciones anteriormente citadas, esta norma indica que se podrá utilizar en el mortero siempre que cumpla con las diferentes propiedades que se establecen dentro de la norma NTE INEN 2518 como son la relación de áridos, retención de agua, contenido de aire.

La Tabla N°7 que especifica el porcentaje máximo de partículas desmenuzables dentro de su composición y se realiza también un análisis de impurezas orgánicas.

Y también requisitos por su composición, dentro de esta norma además se solicita el ensayo de Impurezas orgánicas, ensayos necesarios para clasificar al árido dentro de la norma.

Además, se complementará con ensayos recomendados, que no forman parte de esta norma, como son el:

Cálculo del porcentaje de retención de agua.-Esta prueba pese a no estar normada permite establecer el porcentaje de agua retenida dentro de una muestra en condiciones normales de trabajo, el árido desde su procedencia hasta que es colocado o entregado en obra presenta diferentes porcentajes de retención de agua que depende de varios factores como el clima, el lugar en donde sea depositado, la presencia de vientos, etc. Este indicador se calcula de la siguiente manera se pesa una muestra y luego se seca en un horno por 24 horas, luego la diferencia entre el peso inicial y el peso seco dividido para el peso final será, el % en peso del agua retenida en esta muestra.

Tamiz	Porcentaje pasante	
	Arena natural	Arena elaborada
4,75 mm (No. 4)	100	100
2,36 mm (No. 8)	95 a 100	95 a 100
1,18 mm (No. 16)	70 a 100	70 a 100
600 μm (No. 30)	40 a 75	40 a 75
300 μm (No. 50)	10 a 35	20 a 40
150 μm (No. 100)	2 a 15	10 a 25
75 μm (No. 200)	0 a 5	0 a 10

Tabla N° 6 Límites granulométricos del árido para el uso en mortero para mampostería. NTE INEN 2536-2010.

Material	Porcentaje máximo permisible en masa
Partículas desmenuzables	1,0
Partículas livianas, flotantes en un líquido que tenga una gravedad específica de 2,0	0,5 ^A
^A Este requisito no es aplicable para el árido de escoria de altos hornos	

Tabla N° 7 Sustancias perjudiciales, NTE INEN 2536-2010.

Hinchamiento de arenas.- Es una práctica que se puede realizar en obra porque las arenas tienen diferente grado de hinchamiento provocado por la retención de agua y que pueden provocar problemas al dosificarlas por volumen en obra. “El principio del método para medir el hinchamiento radica en que la arena totalmente seca o mojada ocupa el mismo volumen” (Salazar Jaramillo, 2000) lo que permite el factor obtenido es poder dosificar volumétricamente arena húmeda en obra.

En este caso se trabaja con arena natural ya que su procedencia es de lecho de río. La utilización de este tipo de arena es una práctica generalizada en nuestra ciudad, actualmente la procedencia de este tipo de arena se la realiza del Río Jubones de la vecina localidad de Santa Isabel a unos 70 km aproximadamente de la Ciudad de Cuenca.

2.3.2.3 AGUA PARA CONSTRUCCIÓN.

El agua utilizada para el mezclado y curado de los morteros y del hormigón en general tiene que ser potable. Estas condiciones se establecen en la norma ASTM C1602.

Se especifica que cuando no se disponga de antecedentes de utilización o en caso de duda, deberán analizarse las aguas, y salvo comprobación de que no alteran perjudicialmente las propiedades exigibles al hormigón o mortero, deberán rechazarse todas las que contengan Hidratos de Carbono, un Ph menor a 5 y en caso de existir antecedentes o duda en el uso del agua se deberá analizar y esta deberá cumplir con los límites indicados en la tabla N°8. (INECYC, 2007).

2.3.2.4 CONCLUSIONES.

Es justamente uno de los objetivos de esta investigación el poder estudiar e identificar si los materiales utilizados en nuestro medio como ingredientes en el mortero para unidades de mampostería, se encasillan y cumplen con las normas establecidas en la NTE.

En nuestra ciudad, en el mercado de los materiales de construcción, están presentes, en forma generalizada dos tipos de cemento de diferentes marcas.

Concentraciones en agua de mezcla	Límite máximo A
Cloruros, como Cl -Para Hormigón Pretensado	500 miligramos/litro
-Para hormigón armado o con elementos metálicos embebidos	1.000 miligramos/litro
Sulfatos, como SO ₄	3.000 miligramos/litro
Álcalis, como (Na ₂ O+0,658K ₂ O)	600 miligramos/litro
Total de sólidos (por masa)	50.000 miligramos/litro

Tabla N° 8 Especificación de límites para análisis de agua para obras con hormigón en masa y armado,

a) El cemento Guapán que se produce en la ciudad de Azogues en la parroquia del mismo nombre, localidad cercana a nuestra ciudad, un cemento Portland Tipo IP.

b) Y también el de Marca Holcim, quien comercializa en nuestro medio el cemento producido en la Provincia del Guayas, cantón Guayaquil. Y cuyo tipo es GU.

Para esta investigación se toma como cemento componente del mortero al de marca Guapán Portland Tipo IP.

La cal a diferencia del cemento en nuestro medio, no ha tenido un desarrollo como producto ni en su producción o su producción, mantiene básicamente una producción aún de tipo artesanal porque su producción industrial no se la realiza a gran escala y su uso principal no es el de la construcción, actualmente se destina a usos pecuarios en camaroneras, para mejorar suelos destinados a la agricultura en menor escala, a tratamientos de agua y en menor proporción en la rama de la construcción, usándose más para restauraciones. Pero se encuentra presente en comercios locales por lo que conseguir cal no es muy complicado en nuestra ciudad.

Es de práctica común en nuestra ciudad el uso de arena de lecho de río, en la actualidad este mercado es dominado por la arena que proviene del río Jubones de la localidad cercana de Yunguilla, perteneciente al Cantón Santa Isabel.

El sistema de agua potable de nuestra ciudad garantiza su consumo para el consumo humano, por lo que se evidencia que esta cumpliría con los requerimientos indicados en la norma.

Se concluye, que los diferentes componentes del mortero para unidades de mampostería se encuentran fácilmente en nuestra localidad.

2.3.3 GENERALIDADES DE LOS MATERIALES QUE COMPONEN EL MORTERO

Es necesario estudiar algunas de las generalidades y propiedades de los materiales que componen el mortero.

Tipo	Descripción	Norma	
		INEN	ASTM
PURCOS	I Uso Común	152	C150
	II Moderada resistencia a los sulfatos Moderado calor de hidratación	152	C150
	III Elevada resistencia Inicial	152	C150
	IV Bajo calor de hidratación	152	C150
	V Alta resistencia a la acción de los sulfatos	152	C150
Los tipo IA, IIA Y IIIA incluyen incorporador de aire			
COMPUSTOS	IS portland de escoria de altos hornos	490	C595
	IP portland puzolánico	490	C595
	P portland puzolánico (cuando se requieren altas resistencias iniciales)	490	C595
	I (PM) Portland puzolánico modificado	490	C595
	I (SM) Alta resistencia a la acción de los sulfatos	490	C595
	S Cemento de escoria	490	C595
POR DESEMPEÑO	GU Uso en construcción en general	2380	C1157
	HE Elevada resistencia inicial	2380	C1157
	MS Moderada resistencia a los sulfatos	2380	C1157
	HS Alta resistencia a los sulfatos	2380	C1157
	MH Moderado calor de hidratación	2380	C1157
	LH Bajo calor de hidratación	2380	C1157
Si adicionalmente tiene R, indica baja reactividad con áridos álcali-reactivos			

Tabla N° 9 Tabla de tipos de cemento (tomada de Consejos prácticos del hormigón, manual de Pepe Hormigón, del INECYC).

2.3.3.1 CEMENTO.

“3.1.18. Cemento Portland. Cemento hidráulico producido por la pulverización de Clinker, consistente esencialmente de silicatos y que usualmente contiene uno o más de los siguientes elementos: agua, sulfato de calcio, hasta 5% de piedra caliza y adiciones de proceso.” (NTE151, 2010).

Los cementos son conglomerantes hidráulicos que están compuestos de minerales y materia inorgánica, los que al ser finamente molidos y posteriormente mezclados con agua forman pastas que fraguan y endurecen a causa de las reacciones químicas de sus componentes, tanto en el aire como bajo agua, dando lugar a productos hidratados, mecánicamente resistentes y estables. El cemento es un material aglutinante que tiene como características una buena adherencia y cohesión, lo que permite una fuerte unión entre partículas o fragmentos minerales.

2.3.3.1.1 CLASIFICACIÓN

El cemento puede clasificarse en tres grandes grupos: Puros, compuestos y por su desempeño. Ver tabla N°9.

Adicional a esta clasificación la NTE INEN 1806 (2010): Cemento para mampostería. Requisitos, lo define de la siguiente manera “Cemento para mampostería. Cemento hidráulico, utilizado principalmente en la mampostería y construcción de recubrimientos, consistente en una mezcla de cemento Portland o cemento hidráulico compuesto y materiales plastificantes (tales como piedra caliza, cal hidráulica o cal hidratada) junto con otros materiales introducidos para aumentar una o más propiedades, tales como el tiempo de fraguado, trabajabilidad, retención de agua y durabilidad”.

2.3.3.1.2 PROCESO DE FRAGUADO DEL CEMENTO.

El fraguado y la hidratación de la pasta comienzan una vez que el cemento entra en contacto con el agua y es el cambio de un estado plástico a un estado endurecido. En este proceso se dan una serie de reacciones químicas, según el tipo de cemento.

El fraguado en el cemento Portland está compuesto por Clinker más un regulador de fraguado, que al mezclarse con agua da inicio a las siguientes reacciones: Se forma SCH, Silicato de Calcio Hidratado o Tobermorita más Ca(OH)_2 Hidróxido de calcio o Portlandita.

Para el Cemento con adiciones que está compuesto por Clinker, más un regulador de fraguado, más adiciones al mezclarse con agua reaccionan produciendo SCH, silicato de calcio hidratado o Tobermorita, además de Ca(OH)_2 , hidróxido de calcio o Portlandita estas dos en menor cantidad que el cemento Portland y las adiciones reaccionan con el Ca(OH)_2 y generan más SCH o Tobermorita.

2.3.3.2 CAL

La cal proviene fundamentalmente de óxido de calcio (CaO), que se encuentra en forma natural en caliza, mármol, tiza, corales y conchas. Y en la construcción se acostumbra a usarlas en la confección de mortero, se le clasifica en tres grandes grupos. (Frederick, 1997)

2.3.3.2.1 CAL HIDRAULICA.

Estas son el producto de calcinar caliza rica en sílice y aluminio, las temperaturas de calcinación son menores a la del grado de fusión de la cal, de tal manera que se forme cal libre u óxido de calcio (CaO) de tal forma que cuando ocurra la hidratación esta deje suficientes silicatos de calcio no hidratados para dar al polvo seco sus propiedades hidráulicas (ASTM C-141).

Por su bajo contenido de silicatos y su riqueza en óxido de calcio, son cales relativamente débiles y por ello se aplican con más frecuencia en los morteros para pegar ladrillos y mampostería. Para que la cal tenga propiedades hidráulicas debe contener más de un 10% de sílice en su composición.

2.3.3.2.2 CAL VIVA.

Al calcinar a una temperatura superior a 1700 °F, todo el dióxido de carbono se expulsa y el producto sólido final se llama cal viva. Está compuesta en esencia por óxidos de calcio y magnesio, más impurezas como óxido de sílice, hierro y aluminio. El porcentaje de

estas impurezas están en orden del 5% pues si superan el 10% se estaría clasificando como cal Hidráulica.

2.3.3.2.3 CAL HIDRATADA.

Ésta se prepara a base de la cal viva, mediante el apagado con la adición de agua que puede ser de dos a tres veces su peso en agua, una vez terminado el proceso de hidratación, ésta deja de emanar calor y el resultado es un polvo fino y seco que después se procederá a clasificar para separar cualquier partícula de gran tamaño, este proceso por lo general no se lo realiza en obra, sino más bien es una presentación comercial de la cal porque de esta manera puede ser ensacada.

Este tipo de cal es apropiada para el uso en morteros, enlucidos e incluso para aditivos de hormigón.

También en la cal hidrata existe un tipo que se utiliza en los acabados sobre todo en el enlucido final, se caracterizan por un alto grado de blancura y plasticidad, estas tienen su origen de calizas dolomíticas. Tienen la particularidad que dejándolas en remojo de un día para el otro adquieren un alto grado de plasticidad. *“De aplicarse cal en el mortero, esta debe ser hidratada y normalizada. La razón porque debe ser normalizada obedece a que pueden existir partículas muy finas, que en vez de funcionar como aglomerante lo hacen como residuos inertes. El peso volumétrico de la cal es del orden de los 640 Kg/m³”* (San Bartolomé, 2011)

2.3.3.2.4 CICLO DE LA CAL

La cal o hidróxido cálcico o magnésico, su composición tiene varias formas físicas y químicas de diferentes variedades las que pueden presentar los óxidos e hidróxidos de calcio y magnesio.

El ciclo de la cal tiene una serie de procesos, desde la extracción de la materia prima de la cantera hasta su utilización en obra. La primera etapa es, calcinar la piedra caliza o dolimia para obtener la Cal Viva (CaO ó MgO). La segunda etapa es, el apagado de ésta por medio de agua con lo que se obtiene cal apagada o portlandita (Ca (OH)₂) o

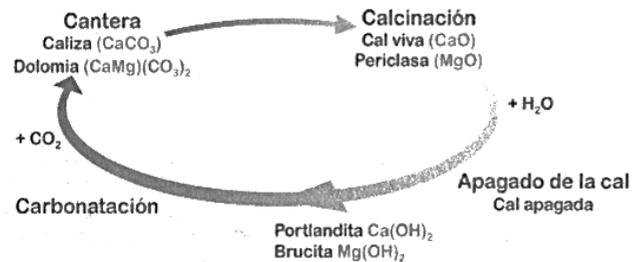
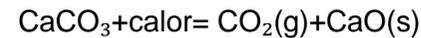


ILUSTRACIÓN N° 1 Ciclo de la cal, tomada de morteros de cal. aplicación en el patrimonio histórico. (Callaza Vázquez, 2002)

brucita $Mg(OH)_2$ componente que cuando se pone en contacto con el CO_2 atmosférico se transforma en Calcita (denominada también magnesita o hidromagnesita). Ver ilustración N°1.

2.3.3.2.5 CALCINACIÓN.

Luego de la extracción de la cantera, la materia prima o piedras calcáreas son sometidas a elevadas temperaturas, éstas estarán influenciadas por dos factores principales; su naturaleza y el tamaño de la partícula de la piedra caliza de acuerdo a su procedencia. Es así, que para piedras calizas puras se necesitan temperaturas entre los 800 a 1200 °C y para las calizas que contienen impurezas o que son Dolomítica se necesitan temperaturas entre los 700 y 800 ° C, la calcinación es más rápida mientras el tamaño de la partícula sea más pequeña debido a que las partículas más grandes necesitan más tiempo para que la calcinación alcance su interior. Estas condiciones más otras como pueden ser la composición de los gases dentro del horno son determinantes en las características del producto obtenido (cal viva) en cuanto a su densidad, porosidad, reactividad y el tamaño del cristal. La calcinación de una calcita se produce por la siguiente reacción



$$\Delta H_{298} = 178.1 \text{ Kj.}$$

En la calcinación se dan los siguientes procesos: “ El proceso de calentamiento conlleva varios puntos críticos, así a los 110 °C se produce la pérdida de agua de cantera absorbida; a los 700°C, la descomposición de las arcillas y entre los 800 y 1200°C, la disociación por calentamiento del carbonato cálcico (y/o magnésico) que da lugar a la migración del CO_2 formado hacia la superficie de las partículas, mientras que el calor fluye y se difunde desde la superficie al interior” (Ashurst, 1990) .

En la etapa de calcinación se pueden obtener tres tipos de producto (Callaza Vázquez, 2002)

-“Partículas que no han completado su calcinación, con un núcleo central de carbonato de cálcico; son los grumos mal calcinados.

Producen baja retracción y densidad aparente, y una alta porosidad y reactividad química en el mortero.

-Partículas que han completado su calcinación; se caracterizan por una baja densidad aparente y alta reactividad en el agua.

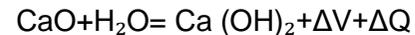
-Partículas sinterizadas, las cuales han rebasado el punto de calcinación. No son deseables por su alta densidad aparente, reducción de la porosidad y una marcada reducción de la reactividad de la cal viva con el agua.”

La transformación de carbonato a óxido de calcio es completa cuando se produce el colapso de la estructura cristalina de la calcita.

2.3.3.2.6 APAGADO E HIDRATACIÓN DE LA CAL.

“Cuando la cal viva se pone en contacto con el agua se produce un fenómeno de hidratación. Al reaccionar el agua con los óxidos se lleva a cabo una fuerte reacción exotérmica, con la siguiente liberación del calor, de aproximadamente 950 kJ/kg, y una modificación del pH del agua de los poros de una alcalinidad de 12,6. También se produce un importante aumento de volumen al transformarse el óxido de calcio en hidróxido cálcico es de un 90% y para el hidróxido de magnesio de un 117% (Chatterji, 1995).

Durante el apagado de la cal se da la siguiente reacción.



$$\Delta V = 90\% \text{ y } \Delta Q = 950 \text{ kJ/kg}$$

El apagado puede efectuarse de las siguientes formas

a.- Por contacto con el aire, en este caso, se necesitará un período largo de tiempo que podría tardar varios meses y se origina por una pérdida importante por carbonatación.

b.- Se puede apagar la cal viva sumergiéndola en agua en un período de tiempo relativamente corto, este proceso en pequeñas cantidades y se puede realizar directamente en la obra.

Hay que tener en cuenta las siguientes recomendaciones en el momento del apagado de la cal.

Tamaño de las partículas	Denominación común	Clasificación como agregado para concreto
<0,002 0,002-0,0074 (N°200)	Arcilla Limo	Fracción muy fina
0,075-4,76 (N°200)-(N°4)	Arena	Agregado Fino
4,76-19,1 (N°4)-(3/4")	Gravilla	Agregado grueso
19,1-50,8 (3/4")-(2")	Grava	
50,8 -152,4 (2") - (6")	Piedra	
>152,4 (6")	Rajón Piedra Bola	

Tabla N° 10 Clasificación de áridos por el tamaño de sus partículas. Tecnología del concreto, tomo 1, tabla 5.2

-Por su composición, la cal calcítica producen reacciones más rápidas que las cales magnésicas.

-Pureza de la Cal, las impurezas pueden inhibir el grado de hidratación al reducir estas el grado de absorción de agua.

-El tamaño de las partículas de la cal viva, juegan un rol importante ya que a menor tamaño se acelera el proceso de hidratación.

-La temperatura de hidratación, dependerá de la reactividad de la cal empleada, se utiliza agua fría para cales altamente reactivas con lo que se acelera el proceso de hidratación y el calor que produce no genera una ebullición violenta del agua. En cambio para cales poco reactivas, se puede justificar el uso de agua precalentada.

-El tiempo de hidratación, si la cal está mal apagada puede existir partículas de cal viva, que pueden hidratarse después de ser colocada en obra, es decir, en el interior del mortero y provocar ciertos fenómenos como fisuramiento o rompimiento, además, si el apagado es muy prolongado, se produce el llamado envejecimiento de la cal lo que afecta directamente a la calidad de la misma.

-Cantidad de agua, si el volumen de agua es insuficiente las pastas pueden tener muy poca plasticidad. Pero si se coloca en exceso, ésta puede contribuir a generar un hidróxido poco reactivo, además, puede alterar la temperatura de reacción.

-Agitación, acelera el proceso de apagado ya que ayuda a la dispersión de las partículas de cal y contribuye además en el aumento de la temperatura durante este proceso.

2.3.3.2.7 CARBONATACIÓN.

La carbonatación o fraguado del mortero comprende el proceso de endurecimiento lento por secado y en la reacción irreversible con la atmósfera para formar carbonato de calcio (Lynch, 1998).

La reacción de la carbonatación se puede resumir según los procesos físico-químicos que se describen a continuación (Papadakis, y otros, 1991):

1°-Reacción química de los productos contenidos en las partes del mortero.

2°-Difusión de CO_2 atmosférico a través de los poros.

3°-Condesación del vapor de agua en las paredes de los poros en equilibrio con la temperatura y la humedad ambiente.

4°-Disolución de portlandita en el agua de los poros y difusión de Ca^2 y OH disueltos

5°-Reacción entre CO_2 , disuelto entre los poros y portlandita disuelta.

6°-Reacción entre CO_2 con otros sólidos susceptibles de carbonatar, contribuyen a la dureza de la pasta.

7°-Reducción del volumen poroso debido a los productos sólidos de la carbonatación.

2.3.3.3 ÁRIDOS.

El tipo de árido recomendado tanto para la elaboración de morteros como de hormigones, será un agregado pétreo natural de alta densidad y baja absorción, granulometría cerrada o continua, partículas de forma cúbica o redondeada, y de textura rugosa o de cara fracturada. De otra parte, es importante que éste libre de partículas dañinas inferiores a 74 micras de diámetro (arcilla), limpio de materia orgánica, y libre de partículas blandas y deleznable como mica, carbón y lignito. (ASOCRETO, 2011)

Los áridos son aquellos materiales inertes cuyos granos tienen resistencia mecánica propia, suficiente, que no alteren ni afecten el proceso de endurecimiento del cemento hidráulico o aglutinante, y que garanticen una adherencia con la pasta de cemento o mezcla endurecida.

2.3.3.1 CLASIFICACIÓN DE ÁRIDOS.

La forma más empleada para clasificar a los áridos es por su tamaño, el que puede variar desde micras hasta varios centímetros en su sección transversal, a esta distribución por tamaños se le conoce como granulometría y en la siguiente tabla se muestra su clasificación con los nombres más comunes, ver tabla N°10.

2.4 MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA.

Esta investigación estudia las propiedades en el estado plástico y endurecido de dos morteros de cemento, uno es el que se realiza artesanalmente en las obras para la fabricación de mamposterías y el segundo un mortero de cemento diseñado y elaborado en condiciones de laboratorio. Estos morteros de cemento-arena luego serán estudiados conjuntamente con morteros de cemento-cal y arena los cuales se elaboraron con diferentes adiciones de cal.

2.4.1 SELECCIÓN DEL TIPO DE MORTERO.

En la Norma NTE INEN 2518: Morteros para unidades de mampostería, requisitos en la clasificación según esta norma, el mortero tipo N puede ser utilizado en una zona interior y para muro portante y tabiques no portantes; la denominación N proviene de la norma ASTM C-270 que además es una de las más difundidas y citadas. En la Norma Colombiana se encasilla también al mortero tipo N como un mortero multipropósito y que es uno de los más utilizados por los mamposteros de este País. Por las razones expuestas, se determinó que el mortero utilizado en esta investigación, es el Mortero Tipo N, que debe cumplir la normativa en cuanto a su dosificación y propiedades.

En la Tabla N°11 se identifica en base a la tabla de especificación el mortero tipo N

2.4.2 MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA USADO EN EL CANTÓN CUENCA.

Se analiza un mortero de cemento-arena que es utilizado en nuestra ciudad para la elaboración de mamposterías en general. Siendo los mampuestos más utilizados; el ladrillo de arcilla cocida, el ladrillo de arcilla cocida industrializado, el bloque ya sea éste de piedra pómez o de hormigón.

2.4.2.1 ANÁLISIS DE SU COMPOSICIÓN.

De forma generalizada en las construcciones de nuestra localidad, se dosifica volumétricamente al mortero de pega de mampostería en lo

Mortero	Tipo	Dosificaciones por volumen (materiales cementantes)									Relación de áridos (medidos en condición húmeda, suelta), _o	
		Cemento portland o cemento compuesto			Cemento para mortero			Cemento para mampostería				Cal hidratada o masilla de cal.
		M	S	N	M	S	N	M	S	N		
Cemento y Cal	M	1	---	---	---	---	---	---	---	---	1/4	No menos que 2 ¼ y no más que 3 veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes.
	S	1	---	---	---	---	---	---	---	---	SOBRE ¾ A 1 ½	
	N	1	---	---	---	---	---	---	---	---	SOBRE ¾ A 1 ¼	
	O	1	---	---	---	---	---	---	---	---	SOBRE 1 ¼ A 2 ½	

TABLA N° 11 especificaciones por dosificación del mortero **TIPO N**

Diseño por volumen 1m ³ (arena seca)		
Material	Litro	Kg
Cemento	180 (1)	567
Arena	540 (3)	1.350
Agua	280	280
Total	1.000	2.197

Tabla N° 12 Diseño de mortero por volumen, con árido seco.

Diseño volumétrico de morteros de cemento				
Código	Descripción	Cemento	Arena	Observaciones
CA	cemento 1:3 de obra	1	3	arena húmeda
C1	cemento-arena	1	3	arena seca

*Nota.- La cantidad de agua que se adicione a estas dosificaciones será la necesaria para obtener una fluidez del 110%+-5%

Tabla N° 13 Diseño volumétrico para morteros de cemento.

que se conoce como mortero común 1-3 (cemento-arena), sin tomar en cuenta el tipo de cemento y arena que se utilizan, es decir sin considerar las condiciones físicas en las que se encuentra esta última en obra el momento de su utilización. El mortero realizado con las condiciones de obra se analiza con un mortero realizado en laboratorio, guardando las mismas características de dosificación volumétrica pero con las condiciones descritas anteriormente.

2.4.2.2 DISEÑO DE MORTERO CEMENTO-ARENA.

Los diseños de mortero se pueden realizar de dos maneras por volumen o por peso, la investigación se centra en morteros utilizados en el cantón Cuenca, razón por la cual se diseña por volumen porque es más fácil de controlar en obra, básicamente por la falta de equipos y por llevarse en este caso de una manera empírica por decir lo menos, sin embargo, esta no es la mejor solución ya que las condiciones de obra pueden verse afectadas, por ejemplo a la humedad del arena, además que la confección de morteros, en general, en nuestro medio no lleva un control de calidad.

El siguiente diseño por volumen, es el utilizado en la fabricación de los morteros de cemento de este estudio. (Sánchez de Guzmán, 2001).
Tabla N° 12

Una fluidez media o plástica estará entre un 80 a 120 %, para la pega de mampostería, baldosines, pañetes y revestimientos, al tener este grado de fluidez lo hace fácilmente trabajable con palas o palustres en nuestro medio más conocidos como lampas o vailejos.

De la misma forma se estudia el mortero de cemento utilizado en el Cantón Cuenca, partiendo de la dosificación volumétrica más utilizada en obra en nuestro medio que es la relación 1:3 (cemento- arena) y que se ensayarán conjuntamente con las del mortero diseñado (Tipo N). Ver tabla N°13. Para efectos de nomenclatura de este estudio se asigna al mortero de cemento-arena 1:3 el siguiente código:

CA.-mortero en condiciones de obra (árido húmedo).

C1.-mortero en condiciones de laboratorio (árido seco).

Diseño volumétrico

Código	Descripción	Cemento	Masilla de Cal	Arena en veces en relacion de la suma de los cementantes
C2	cemento-arena-masilla de cal	1	1/2	2 1/4
C3	cemento-arena-masilla de cal	1	3/4	2 1/2
C4	cemento-arena-masilla de cal	1	1	2 3/4
C5	cemento-arena-masilla de cal	1	1 1/4	3

Proporciones de acuerdo a diseño volumétrico

Código	Descripción	Volumen Cemento (a)	Volumen Masilla de Cal (b)	Arena en veces en relacion de la suma de los cementantes (c)	Volumen de Arena (a+b)*c
C2	cemento-arena-masilla de cal	1	0.50	2 1/4	3.38
C3	cemento-arena-masilla de cal	1	0.75	2 1/2	4.38
C4	cemento-arena-masilla de cal	1	1.00	2 3/4	5.50
C5	cemento-arena-masilla de cal	1	1.25	3	6.75

*Nota.- La cantidad de agua que se adicione a estas dosificaciones será la necesaria para obtener una fluidez del 110%+-5%

Tabla N° 14 Diseño de morteros con adiciones de cal.

Consistencia	Fluidez %	Condiciones de colocación	Ejemplos de tipos de estructura	Ejemplo de sistema de colocación
Dura (seca)	80-100	Secciones sujetas a vibración	Reparaciones, recubrimiento de túneles, galerías, pantallas de cimentación, pisos	Proyección neumática, con vibradores de formaleta
Media (plástica)	100-120	Sin vibración	Pega de mampostería, baldosines, pañetes y revestimientos	Manual con palas y palustres
Fluida (húmeda)	120-150	Sin vibración	Pañetes rellenos de mampostería estructural, morteros auto-nivelantes para pisos	Manual, bombeo, inyección.

El ensaño de fluidez se lo realiza de la siguiente manera (NTC 111).

Tabla N° 15 Indicis de Fluidez del mortero para mampostería NTC 111.

2.4.2.3 COMPARACIÓN CON LA NORMA.

Para poder comparar con la norma este mortero común 1-3, primero se identificará en laboratorio mediante el estudio del arena saturada de agua con arena seca, con el fin de determinar el grado de hinchamiento que ésta puede presentar y así poder tener el volumen real que representa, así se determina la relación volumétrica del mortero realizado en obra y compararlo con las dosificaciones que se podrían utilizar en un cemento-arena tipo N, confeccionado en condiciones de laboratorio.

Se analiza las mismas condiciones que presentan tanto el mortero cemento-arena como los diferentes morteros con adiciones de cal, tanto en su estado plástico como en su estado endurecido y se evalúan sus resultados para encasillarlos dentro de la NTE.

2.4.3 MORTERO DE PEGA CON ADICIONES DE CAL.

2.4.3.1 INTRODUCCIÓN.

Para esta clasificación se toma la NTE INEN 2518 “Morteros para unidades de mampostería. Requisitos” que clasifica al mortero en dos grandes grupos, por: especificaciones, por dosificación y por las especificaciones de sus propiedades. Es muy importante el resaltar que esta norma en su numeral 6.1.2.1 indica lo siguiente “A menos que se especifique de otra manera, se permite el empleo de morteros elaborados con cemento y cal, con cemento para mortero o cemento para mampostería. Un tipo de mortero de mayor resistencia conocida no debe ser sustituido indiscriminadamente aunque está especificado un tipo de mortero de menor resistencia” (NTE INEN 2518).

2.4.3.2 ESPECIFICACIONES POR DOSIFICACIÓN.

En el numeral 6.1.1.2 de la NTE 2518 se indica lo siguiente:

“Especificaciones por dosificación. Los morteros que estén de acuerdo con las especificaciones por dosificación deben consistir de una

Consistencia	Fluidez %	Penetración (mm)	Condiciones de colocación	Ejemplos de tipos de estructura	Ejemplo de sistema de colocación
Dura (seca)	80-100	30-45	Secciones sujetas a vibración	Reparaciones, recubrimiento de túneles, galerías, pantallas de cimentación, pisos	Proyección neumática, con vibradores de formaleta
Media (plástica)	100-120	45-55	Sin vibración	Pega de mampostería, baldosines, pañetes y revestimientos	Manual con palas y palustres
Fluida (húmeda)	120-150	55-89	Sin vibración	Pañetes rellenos de mampostería estructural, morteros auto-nivelantes para pisos	Manual, bombeo, inyección.

Tabla N° 16 Clasificación del mortero según consistencia en estado fresco. Tecnología del concreto, tomo 2, tabla 2.6



ILUSTRACIÓN N° 2 Ensayo de fluidez, tomada de GUÍA PRÁCTICA. Morteros de pega para muros de mampostería

mezcla de material cementante, árido y agua, todos deben cumplir con los requisitos del numeral 6.1.1 y los requisitos por dosificación especificados en la tabla 1" de esta norma y que se muestran en la tabla N°3 de esta investigación. (NTE INEN 2518).

2.4.3.3 ESPECIFICACIONES POR PROPIEDADES.

Para que los morteros que se encuentren dentro de las especificaciones por sus propiedades se realizarán ensayos de morteros en laboratorio, numeral 6.1.2.3. Este mortero de laboratorio debe cumplir los requisitos establecidos en la tabla n°2 de la norma NTE INEN 2518 y que se tienen indicados en la tabla N°4 de esta investigación.

2.4.4 SELECCIÓN DE MORTERO DE CEMENTO-CAL-ARENA.

Anteriormente se definió trabajar el mortero tipo N el mismo que se puede adicionar cal hidratada o masilla de cal en proporciones por volumen desde $\frac{1}{2}$ a $1 \frac{1}{4}$, entonces se establece que se adicionará cal en proporción volumétrica con respecto al cemento de $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, 1, y $1 \frac{1}{4}$. Ver Tabla N°3.

Y en proporciones de arena de $2 \frac{1}{4}$, $2 \frac{1}{2}$, $2 \frac{3}{4}$ y 3 que serían las variaciones según la norma NTE INEN 2518-2010, porque además están relacionadas con los volúmenes de los cementantes.

Estas variaciones o adiciones se realizan en el mortero en condiciones que se cumplan con la dosificación del árido, es decir, este volumen será el resultante de la suma del volumen de los cementantes en este caso, los correspondientes a los del cemento y cal. Para efectos del estudio se asigna una nomenclatura a los diferentes morteros con adiciones de cal. Ver tabla N°14.

2.4.5 ENSAYOS PARA MORTEROS DE PEGA DE MAMPOSTERÍA.

Los ensayos de laboratorio que se requieren para determinar el cumplimiento de normas de los morteros, están especificados dentro de la NTE INEN, sin embargo, muchos de estos pueden depender de análisis cualitativos y tienen como objetivo principal el establecer las características físicas del mortero analizado.

2.4.5.1 PROPIEDADES DEL MORTERO EN ESTADO PLÁSTICO.

Los morteros tienen muchas características en su estado plástico que definen sus características y cualidades, sobre todo en el momento de elaboración y colocación en obra para la construcción de mamposterías que es el motivo de este estudio.

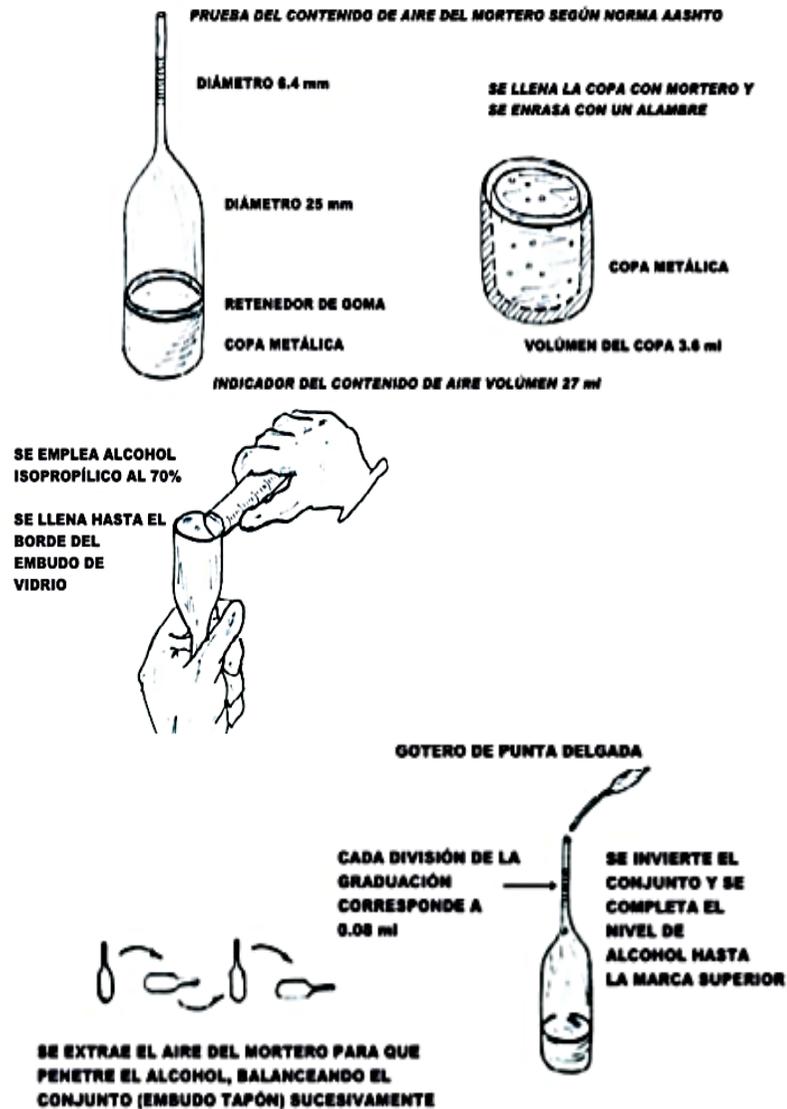
2.4.5.1.1 FLUIDEZ.

Es la propiedad del mortero que se mide en laboratorio e indica el aumento porcentual del diámetro de un mortero confeccionado en un molde troncocónico y sometido al movimiento de una mesa vibratoria durante 15 segundos. Según norma NTE INEN 2518

Para realizar este ensayo se debe seguir el procedimiento que se describe a continuación. (Salazar Jaramillo, 2000). Se elabora una muestra de mortero en un molde tronco cónico. Se elabora en dos capas y se apisona 20 veces, luego se desmolda debiendo el mortero conservar la forma para luego someterlo a la mesa vibradora en donde se dejará caer 25 veces en un periodo de 15 segundos, luego, se mide el diámetro final que nos permitirá calcular el porcentaje de fluidez de la mezcla, ver Ilustración N°2.

La fluidez es una unidad de medida que indica la facilidad de colocación de la mezcla, parecida a la del hormigón, en este caso para la confección de mamposterías o revestimientos.

Se toma para medir la manejabilidad, la característica de la fluidez de la mezcla, medida en el ensayo de la mesa de flujo, bajo la norma



ASTM C-230, además, se sugiere un tipo de manejabilidad de acuerdo a los diferentes tipos y sistemas de colocación. (Sánchez de Guzmán, 2001). Ver tabla N°15.

Se recomienda que la fluidez esté entre el 130 y 150 % , así se compensará la absorción que ejercerán los mampuestos o unidades de mampostería. La forma de calcular la fluidez se da mediante la siguiente fórmula.

$$\% \text{ fluidez} = \frac{\phi_{\text{final}} - \phi_{\text{inicial}}}{2\phi_{\text{inicial}}}$$

Una segunda forma de medir la fluidez y viene especificada en la norma ASTM C-780 similar a la NTC 3546 y que es la medición de la penetración en mm de un vástago de punta cónica en una masa estándar (aparato de Vicat modificado). En resumen con este método se conoce que a mayor penetración de la aguja, mayor es la fluidez del mortero. Ver tabla N°16.

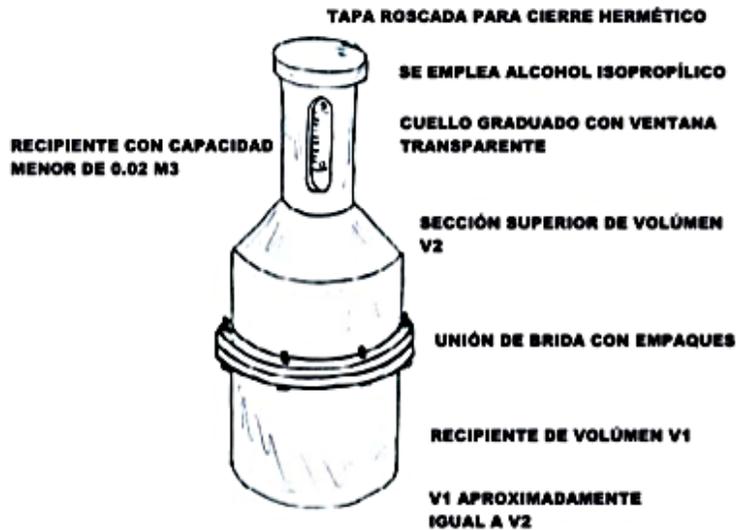


ILUSTRACIÓN N° 4 Contenido de aire NTC 1028, tomado de **GUIA PRÁCTICA**. Morteros de pega para muros de mampostería.

2.4.5.1.2 CONTENIDO DE AIRE.

El contenido de aire la NTE INEN 2518-2010 si bien es mencionada como uno de los factores que inciden directamente sobre la trabajabilidad del mortero, no especifica con claridad el procedimiento para su medición. Es así que se tomará como referencia al ensayo de la norma AASHTO T199-82 y al procedimiento según norma NTC 1028 para indicar el ensayo para la medición del contenido de aire.

El ensayo como se muestra en la ilustración N°3, se lo realiza de la siguiente forma en la copa metálica se coloca mortero y se le enraza con un alambre al filo de la copa para luego colocar el recipiente de vidrio, al cual se le llenará de alcohol hasta la línea de marca superior, luego se tapa con el dedo y se balancea el conjunto hasta dispersar el mortero en el alcohol, esto se lo realiza cambiando de posición de horizontal a vertical, la nueva lectura en la escala que contiene el recipiente de vidrio es el contenido de aire de la mezcla. Como concejo

se indica que el mortero preparado no debe exceder en 5 minutos de tiempo de preparación para poder realizar esta prueba.

Como se indicó anteriormente, se puede también realizar el ensayo de contenido de aire con el siguiente método, pero se requiere de un equipo más sofisticado. Ilustración N°4. Se describe a continuación el procedimiento para realizar este ensayo.

Se llena el recipiente con mortero fresco, apisonándolo en tres capas dando 25 golpes por capa en una secuencia espiral hacia el centro, una vez realizado el llenado se golpea en el contorno del recipiente de 120 a 150 veces.

Se cierra el recipiente y se introduce agua con un embudo hasta que ésta llene el cuello graduado, debiendo encerrarse este nivel de agua.

Se sella la tapa y se voltea el recipiente hasta que el mortero se desprenda del recipiente y luego se rueda éste sobre una superficie plana con el fin de liberar el aire; luego, se coloca en su posición original y se repite esto hasta que no hayan burbujas de aire en el agua, cuando se ha extraído todo el aire, se retira la tapa y se agrega alcohol, se hace la lectura y se suma la cantidad de alcohol agregado a la mezcla. (Salazar Jaramillo, 2000)



ILUSTRACIÓN N° 5 Retención de agua ASTM 91, tomado de GUIA PRÁCTICA. Morteros de pega para muros de mampostería.

2.4.5.1.3 RETENCIÓN DE AGUA.

Es la cualidad de un mortero para retener agua cuando está sometido a absorción; esta es la propiedad que da al mampostero el tiempo de colocar el mampuesto en la confección de mamposterías sin que el mortero endurezca. Se indica además en la NTE INEN 2518-2010 que esta propiedad aumenta con el incremento de cal o contenido de aire con el uso o adición de arena fina o con el uso de materiales retenedores de agua.

Este ensayo está normado por la ASTM-91, ver ilustración N° 5 y mide la capacidad del mortero para retener el agua de la mezcla, ya que una baja retención de agua afecta directamente a la capacidad de adherencia de los mampuestos o unidades de mampostería.

El resultado del ensayo es la relación entre el flujo después de la succión y el flujo después del mezclado inicial por cien, siendo este el porcentaje de retención de agua.

2.4.5.2 PROPIEDADES DEL MORTERO EN ESTADO ENDURECIDO.

Las propiedades en estado endurecido del mortero de pega de mampostería tiene varias propiedades como son la:

Adherencia. La que es probablemente una de las más importantes pero al mismo tiempo es la más variable y poco previsible ya que está condicionada a una serie de variables, como el contenido de aire, cohesión del mortero, tiempo de colocado en obra e incluso del tipo de mampuesto que vaya a pegar ya que de este elemento hay características como su grado de absorción, textura que influirán directamente en la adherencia sin contar con las condiciones de curado de la mampostería. La resistencia a la tracción y a la compresión es superior a la resistencia de la adherencia entre el mortero y la unidad de mampostería, por lo tanto, las juntas de mortero están sujetas a falla por adherencia.

Extensibilidad y Flujo Plástico. Es la máxima deformación unitaria por tracción a la rotura. Este es un indicador de la máxima elongación bajo las fuerzas de tracción, además en la norma NTE INEN 2518-2010 se indica que los morteros de baja, presentan un flujo plástico mayor a aquellos con módulo de elasticidad alto con igual relación pasta-áridos, ya que el flujo plástico aporta flexibilidad a la mampostería razón principal por lo que no se debe usar morteros con resistencias más altas que las necesarias.

Durabilidad. Se relaciona a la durabilidad a la capacidad de una mampostería de resistir la penetración de agua, este no es en realidad un problema, sobre todo si el elemento no está expuesto a congelamiento ya que en estos casos si se requiere diseñar un mortero de especiales características. Es por eso que en laboratorio los ensayos de durabilidad las muestras son sometidas a una continua repetición de ciclos de congelación y descongelación. El contenido de aire del mortero para mampostería incrementa la resistencia a este tipo de daños por lo que mejora su duración.

Tipo De Ladrillo	Resistencia mínima a la compresión MPa* (ver nota 1)		Resistencia mínima a la flexión MPa* (Ver nota 1)	Absorción máxima de humedad %
	Promedio de 5 unidades	Individual	Promedio de 5 unidades	Promedio de 5 unidades
macizo tipo A	25	20	4	16
macizo tipo B	16	14	3	18
macizo tipo C	8	6	2	25
hueco tipo D	6	5	4	16
hueco tipo E	4	4	3	18
hueco tipo F	3	3	2	25
Método de ensayo	INEN 294		INEN 295	INEN 296

Tabla N° 17 Requisitos de resistencia mecánica y absorción de la humedad que debe cumplir los ladrillos cerámicos. NTE INEN 0297-1978.

TIPO DE BLOQUE	Resistencia mínima a la compresión en MPa a los 28 días (ver nota 1) (Norma INEN 640).
A	6
B	4
C	3
D	2,5
E	2

Tabla N° 18 Requisitos de resistencia a la compresión que deben cumplir los bloques huecos de hormigón. NTE INEN 0639-2012.

2.4.5.2.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

“La resistencia a la compresión del mortero depende significativamente del contenido de cemento y de la relación de agua – cemento. El procedimiento de laboratorio aceptado para medir la resistencia de compresión es de los cubos de mortero de 50 mm de lado. Debido a que el referido ensayo es relativamente simple y proporciona resultados consistentes y reproducibles, la resistencia a la compresión es considerada la base para determinar la compatibilidad de los ingredientes del mortero”. NTE INEN 2518.

En esta misma norma se indica que la resistencia a la compresión no debe ser la característica que defina el diseño del mortero a utilizar ya que están otros factores como la trabajabilidad y la retención de agua que conllevan a una buena adherencia con los mampuestos. Un punto importante y que es mencionado en esta norma es que la resistencia a compresión de los morteros debe ser inferior o más débil que la de los mampuestos o unidades de mampostería, ya que esto permitirá que las fisuras se produzcan en las juntas del mortero lo que permitirá una fácil reparación en caso de que la mampostería **presente fisuras**.

Se elaboran las muestras o cubos en moldes metálicos para luego desmoldarlos y sumergirlos en agua, clasificándolos para poder realizar ensayos de ruptura a la compresión a 3, 7 y 28 días a partir de la fecha de confección. Antes de cada ruptura se pesara el espécimen y se dejará secar por un lapso de tiempo de 3 horas, luego se pesa nuevamente y se somete a carga para la prueba de compresión.

2.4.5.3 MAMPUESTOS.

Como se ha estudiado anteriormente las características físicas del mortero, el momento que estas se combinan con las del mampuesto en la elaboración de una mampostería, tienen una incidencia dentro de características como la adherencia, extensibilidad y flujo plástico, durabilidad. La característica más representativa es la de la resistencia a la compresión y a la flexión pero no es menos importante la de la capacidad de absorción del mampuesto, propiedad que se estudia porque es una de las propiedades que influye en el mortero de pega de mampostería.

PRUEBA DE LA VELOCIDAD INICIAL DE ABSORCIÓN DEL LADRILLO

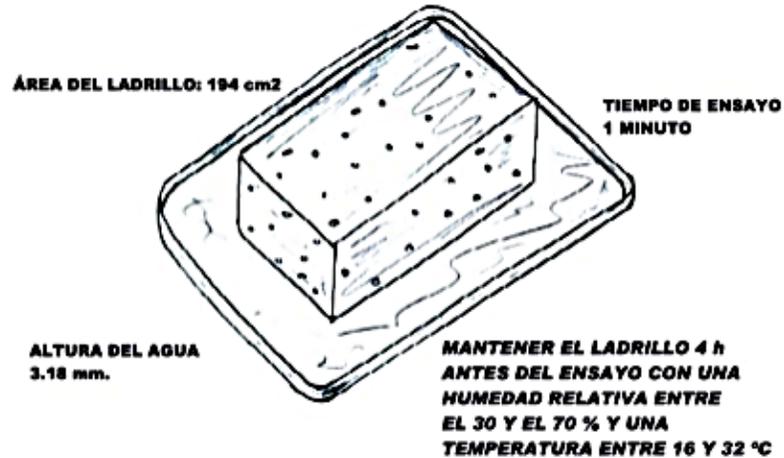


ILUSTRACIÓN N° 6 Prueba de la velocidad inicial de absorción del ladrillo. Tomado de GUIA PRÁCTICA. Morteros de pega para muros de mampostería.

Se presentan la tabla N°17 NTE INEN 0297-1978 que corresponde a los requisitos del ladrillo de arcilla cocida y la tabla N°18 NTE INEN 0639-2012 con los requisitos de resistencia del bloque de hormigón. Mampuestos muy utilizados en la construcción de mamposterías en nuestro medio.

Se realiza un estudio tomando los tipos de mampuestos más utilizados en nuestra localidad para la construcción de mamposterías de: ladrillo cocido (panelón), ladrillo hueco de arcilla cocida (industrial), bloques de hormigón y de pómez. Muestra a las cuales se les someterá al ensayo para determinar la velocidad inicial de absorción ASTM C67, ensayo que tiene la finalidad de determinar la cantidad de agua que un mampuesto absorbe en un minuto y que nos ayudará a seleccionar el tipo de mortero adecuado para reducir el secado de las mezclas por succión de las unidades de mampostería.

Para realizar esta prueba, las muestras deben permanecer en condiciones ambientales definidas por la norma, someterse a un secado con aire caliente unas dos horas antes de los ensayo para luego introducirlas en recipiente con una altura de 3.18 cm de agua. El incremento en peso de la unidad analizada en un minuto será la velocidad inicial de absorción. Si la absorción de agua es superior 30 gr en este periodo, se recomienda el uso de morteros con cal. (Salazar Jaramillo, 2000), ver ilustración N°6.

CAPÍTULO 3.- PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

3.1 ANÁLISIS DE COMPONENTES DEL MORTEROS.

Las prácticas experimentales comienzan con analizar los materiales componentes del mortero, una vez conocidos y comparados con normas NTE se procederá con estos la elaboración de los morteros de cemento arena y además los que contienen cal.

3.1.1 CEMENTO.

Para el análisis del cemento en laboratorio, es necesario realizar una serie de ensayos los mismos que son especiales y complejos. Se debe considerar que el cemento es uno de los pocos productos en el mercado de la construcción que tiene un estricto control de calidad ya que es utilizado de manera general en nuestras construcciones y que además es el componente principal del hormigón y constantemente es monitoreado en lo que respecta a su calidad y sobre todo resistencia a la compresión. Razón por la cual no se realiza este análisis pero se adjunta la ficha técnica de dos tipos de cemento que se venden en nuestra ciudad y además son de dos marcas diferentes.

El anexo N° 1 corresponde a un certificado de producción Cemento Guapán en la cual lo clasifica como cemento Portland Tipo I. Y en el anexo N° 2 corresponde al certificado de producción cemento Holcim en la cual lo clasifica como cemento tipo GU; se indican además las características técnicas de cada uno de los productos.

Una vez obtenidos los datos del análisis de los cementos, según los certificados de los productos, los que se deben cumplir como requisitos mínimos establecidos por las NTE INEN podemos llegar a las siguientes conclusiones. No se llega al análisis en laboratorio de las muestras de cemento, pero como se indicó anteriormente, se

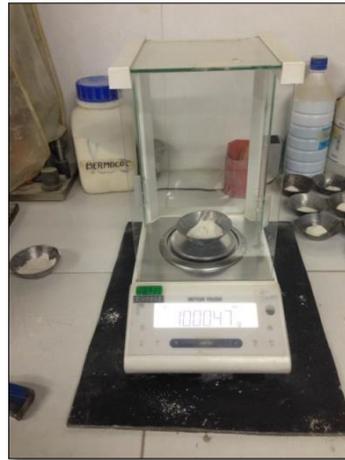


ILUSTRACIÓN N° 7 Elaboración de muestra a ser analizada en el refractómetro de rayos X.

tomará para este estudio, los datos proporcionados en los Certificados de Calidad de los Cementos de cada Fábrica, porque el cemento es uno de los materiales con mayor control de calidad y se lo comercia como material certificado.

Se debe recalcar una vez más que estos son los dos tipos de cemento más utilizados en la localidad y siendo estos dos tipos de cemento los más utilizados para la elaboración de mamposterías además de otros usos dentro de la construcción en nuestra ciudad.

Lo más notable del análisis de estas dos marcas de cemento es que se tratan de dos tipos diferentes de cemento. El cemento Guapán es un cemento Portland, TIPO IP o clasificado como cemento compuesto bajo la norma NTE INEN 490, lo encasilla dentro de un cemento de compuesto binario, con 85% de cemento portland y 15% de puzolana = IP(15). Mientras que el cemento HOLCIM es un cemento clasificado por su desempeño bajo la norma 2380. La principal diferencia se da en su resistencia a la compresión a los 28 días ya que el cemento Guapán indica un valor de 25.0 MPa. valor mínimo según norma INEN 490 y la norma 2380 bajo la cual está el cemento Holcim que establece como mínimo una resistencia de 28.0 MPa a los 28 días.

Para efectos de este estudio se trabaja con un cemento tipo Portland tipo I, (Guapán).

3.1.2 CAL.

3.1.2.1 ENSAYO DEL ANÁLISIS QUIMICO DE LA CAL.

La cal no se comercializa en nuestro medio como un producto a nivel industrializado, es decir, con marcas o bajo certificado de producción que cumpla con normas nacionales. Dentro de los requisitos de la cal, ver tabla N°5, Para un análisis cumpliendo la norma NTE INEN 246:210, se pide que su análisis químico deba ser realizado de acuerdo con la norma ASTM C 25. Esta norma pide que se realice los análisis químicos de elementos básicamente de óxidos, mediante un análisis gravimétrico con reactivos químicos de grado puro y presenta un análisis alterno usando reactivos alternos que mediante comparación con patrones establecidos se puedan llegar a tener resultados aceptados para la muestra, este ensayo no se lo realiza

comúnmente en los laboratorios de nuestra localidad, sin embargo, la misma norma indica que se podrán realizar pruebas o ensayos opcionales, en este caso se optó por realizar el análisis de las muestras de cal hidratada, conseguida en los comercios de la ciudad de Cuenca, en un refractómetro de rayos x de energía dispersa marca Bunker, modelo S8 Tiger propiedad de la empresa Graiman Cía. Ltda., se proceder a comparar los resultados obtenidos con los parámetros establecidos de un patrón de materiales en este caso, de cal, propio de este equipo.

En el comercio local tenemos la venta de cal hidratada que en la actualidad es utilizada más para el tratamiento de aguas y en la agricultura, sobre todo en la región costanera de nuestro país, que en el campo de la construcción.

En el mercado local de la ciudad de Cuenca se toman para el estudio cuatro tipos de cal, una se elabora artesanalmente en la parroquia de Sinincay, según datos del proveedor, proveniente de la provincia del Guayas, cercanas al Cantón Guayaquil y producida por canteras Huayco que tiene un nombre comercial CP4 en las ferreterías locales y otras dos provenientes de las ciudades de Ambato y Riobamba.

Este análisis se le realizó en el equipo refractómetro de rayos X del Grupo Industrial Graiman. Para complementar el análisis de Dióxido de carbono se complementó con el análisis en el Horno Musla de la misma empresa.

Este se le realiza partiendo de la preparación de dos muestras, para de cada tipo de cal (cuatro de diferentes orígenes) mencionadas anteriormente, es así que se analizaron ocho muestras en total. Ver Ilustración N°7.

- 1.- Preparar muestra de 1 gramo de aglomerante BERMOCOL con 10 gramos de cal.
- 2.- Colocación de la muestra en un mortero mecánico y luego mediante vibración se muele la muestra.
- 3.-Luego se confecciona una pastilla mediante presión a la muestra y se le lleva al equipo refractómetro de rayos x para su análisis/

4.-Análisis obtenido en el equipo refractómetro de rayos x. previamente programado con un patrón que permite el análisis de la muestra.

El resultado de este análisis se muestra en la tabla N° 19 y un resumen de este en la tabla N°20.

5.- Este análisis se complementa al realizar un nuevo análisis con la calcinación de la muestra. Se toman muestras de 20 gr. de cal y dos por cada variedad se llevan a un horno tesla por el periodo de 1 hora a 500 ° C , luego se deja enfriar y se procede a la elaboración de pastillas a presión para ser llevadas al analizador de rayos x, ver tabla 21 y resumen de resultados en la tabla n°22.

Codigo	Descripción	Origen	Date	CalibrationMethod	Sum (%)	Compton (%)	CaO (%)	SiO2 (%)	Al2O3 (%)	Fe2O3 (%)	MgO (%)	SO3 (%)	Na2O (%)
1.1	Ferretería bravo	Riobamba	41,568.67	Oxides	84.70	76.77	73.62	6.83	1.00	0.92	0.61	0.62	0.38
1.2	Ferretería bravo	Riobamba	41,568.69	Oxides	84.30	78.64	73.08	6.88	1.05	0.88	0.65	0.54	0.52
2.1	Cal P4	Guayaquil	41,568.69	Oxides	88.00	77.32	81.69	3.75	0.23	0.22	0.84	0.46	0.36
2.2	Cal P4	Guayaquil	41,568.70	Oxides	85.50	78.16	79.45	3.59	0.19	0.18	0.80	0.46	0.35
3.1	Local	Sinincay	41,568.70	Oxides	84.80	75.57	73.07	8.15	0.71	0.72	0.68	0.43	0.36
3.2	Local	Sinincay	41,568.71	Oxides	85.50	77.61	73.79	8.23	0.68	0.69	0.66	0.42	0.33
4.1	Deposito materiales	Ambato	41,568.72	Oxides	84.10	77.71	69.56	10.61	0.89	0.78	0.74	0.45	0.41
4.2	Deposito materiales	Ambato	41,568.72	Oxides	85.50	78.66	73.16	8.70	0.62	0.71	0.84	0.45	0.40

Codigo	Descripción	Origen	Date	CalibrationMethod	Cl (%)	K2O (%)	SrO	P2O5 (%)	MnO (%)	ZrO2	ZnO	V2O5 (%)	TiO2 (%)
1.1	Ferretería bravo	Riobamba	41,568.67	Oxides	0.27	0.13	0.00	0.09	-	57 PPM	-	-	-
1.2	Ferretería bravo	Riobamba	41,568.69	Oxides	0.28	0.16	0.00	0.09	0.02	55 PPM	-	-	-
2.1	Cal P4	Guayaquil	41,568.69	Oxides	0.22	-	0.00	0.14	-	37 PPM	74 PPM	-	-
2.2	Cal P4	Guayaquil	41,568.70	Oxides	0.25	-	0.00	0.16	-	5 PPM	89 PPM	-	-
3.1	Local	Sinincay	41,568.70	Oxides	0.26	0.07	0.00	0.14	0.02	57 PPM	0.00	0.02	-
3.2	Local	Sinincay	41,568.71	Oxides	0.23	0.07	0.00	0.15	0.02	40 PPM	0.00	-	0.04
4.1	Deposito materiales	Ambato	41,568.72	Oxides	0.25	0.08	0.00	0.13	0.01	67 PPM	0.00	-	0.04
4.2	Deposito materiales	Ambato	41,568.72	Oxides	0.26	0.06	0.00	0.14	0.01	74 PPM	0.00	-	-

Tabla N° 19 Análisis químico de muestras de cal hidratada en el refractómetro de rayos X.

Muestra	Riobamba	Riobamba	Guayaquil	Guayaquil	Sinincay	Sinincay	Ambato	Ambato
Análisis	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2
Sum (%)	84.70	84.30	88.00	85.50	84.80	85.50	84.10	85.50
Compton (%)	76.77	78.64	77.32	78.16	75.57	77.61	77.71	78.66
CaO (%)	73.62	73.08	81.69	79.45	73.07	73.79	69.56	73.16
SiO ₂ (%)	6.83	6.88	3.75	3.59	8.15	8.23	10.61	8.70
Al ₂ O ₃ (%)	1.00	1.05	0.23	0.19	0.71	0.68	0.89	0.62
Fe ₂ O ₃ (%)	0.92	0.88	0.22	0.18	0.72	0.69	0.78	0.71
MgO (%)	0.61	0.65	0.84	0.80	0.68	0.66	0.74	0.84
SO ₃ (%)	0.62	0.54	0.46	0.46	0.43	0.42	0.45	0.45
Na ₂ O (%)	0.38	0.52	0.36	0.35	0.36	0.33	0.41	0.40
Cl (%)	0.27	0.28	0.22	0.25	0.26	0.23	0.25	0.26
K ₂ O (%)	0.13	0.16	-	-	0.07	0.07	0.08	0.06
SrO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P ₂ O ₅ (%)	0.09	0.09	0.14	0.16	0.14	0.15	0.13	0.14
MnO (%)	-	0.02	-	-	0.02	0.02	0.01	0.01
ZrO ₂	57 PPM	55 PPM	37 PPM	5 PPM	57 PPM	40 PPM	67 PPM	74 PPM
ZnO	-	-	74 PPM	89 PPM	0.00	0.00	0.00	0.00
V ₂ O ₅ (%)	-	-	-	-	0.02	-	-	-
TiO ₂ (%)	-	-	-	-	-	0.04	0.04	-

Tabla N° 20 Resumen del análisis químico de muestra de cal y resumen de resultados, en refractómetro de rayos X.

resultados de cal calcinada

Codigo	Descripción	Origen	Date	CalibrationMethod	Sum (%)	Compton (%)	CaO (%)	SiO2 (%)	Al2O3 (%)	Fe2O3 (%)	MgO (%)	Na2O (%)
1.1	Ferretería bravo	Riobamba	10/22/2013 15:38	Oxides	86.2	86.171	74.45	7.33	1.07	0.86	0.63	0.56
1.2	Ferretería bravo	Riobamba	10/22/2013 16:03	Oxides	83.7	88.295	71.61	7.51	1.14	0.85	0.64	0.58
2.1	Cal P4	Guayaquil	10/23/2013 14:26	Oxides	90.2	87.12	83.64	3.7	0.28	0.25	0.91	0.36
2.2	Cal P4	Guayaquil	10/23/2013 14:33	Oxides	90.1	87.702	83.68	3.66	0.24	0.21	0.96	0.36
3.1	Local	Sinincay	10/23/2013 7:20	Oxides	88.8	84.306	74.82	9.95	0.91	0.82	0.74	0.47
3.2	Local	Sinincay	10/23/2013 7:27	Oxides	90	83.436	77.15	9.17	0.77	0.7	0.7	0.38
4.1	Deposito materiales	Ambato	10/23/2013 18:01	Oxides	86.8	85.214	72.29	10.45	0.89	0.71	0.86	0.46
4.2	Deposito materiales	Ambato	10/23/2013 18:08	Oxides	87.4	86.363	72.78	10.79	0.82	0.72	0.87	0.41

Codigo	Descripción	Origen	Date	CalibrationMethod	SO3 (%)	Cl (%)	P2O5 (%)	SrO (%)	K2O (%)	TiO2 (%)	V2O5 (%)	MnO (%)	ZnO (%)	ZrO2
1.1	Ferretería bravo	Riobamba	10/22/2013 15:38	Oxides	0.56	0.23	0.13	0.16	0.15					56 PPM
1.2	Ferretería bravo	Riobamba	10/22/2013 16:03	Oxides	0.58	0.28	0.1	0.16	0.15	0.06		0.01	76 PPM	23 PPM
2.1	Cal P4	Guayaquil	10/23/2013 14:26	Oxides	0.46	0.24	0.2	0.09	0.03				0.01	37 PPM
2.2	Cal P4	Guayaquil	10/23/2013 14:33	Oxides	0.46	0.22	0.19	0.09	0.03				0.01	27 PPM
3.1	Local	Sinincay	10/23/2013 7:20	Oxides	0.43	0.22	0.14	0.13	0.08	0.06	0.02	0.02	0.01	24 PPM
3.2	Local	Sinincay	10/23/2013 7:27	Oxides	0.43	0.27	0.16	0.12	0.07	0.04		0.02	0.01	38 PPM
4.1	Deposito materiales	Ambato	10/23/2013 18:01	Oxides	0.47	0.25	0.16	0.13	0.08	0.04			0.02	62 PPM
4.2	Deposito materiales	Ambato	10/23/2013 18:08	Oxides	0.42	0.25	0.16	0.13	0.06			0.01	0.02	47 PPM

Tabla N° 21 Análisis químico de muestras calcinada, de cal hidratada en el refractómetro de rayos X.

Muestra	Ferretería Bravo	Ferretería Bravo	Cal P4	Cal P4	Local	Local	Depósito materiales	Depósito materiales
Análisis	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2
Sum (%)	86.20	83.70	90.20	90.10	88.80	90.00	86.80	87.40
Compton (%)	86.17	88.30	87.12	87.70	84.31	83.44	85.21	86.36
CaO (%)	74.45	71.61	83.64	83.68	74.82	77.15	72.29	72.78
SiO ₂ (%)	7.33	7.51	3.70	3.66	9.95	9.17	10.45	10.79
Al ₂ O ₃ (%)	1.07	1.14	0.28	0.24	0.91	0.77	0.89	0.82
Fe ₂ O ₃ (%)	0.86	0.85	0.25	0.21	0.82	0.70	0.71	0.72
MgO (%)	0.63	0.64	0.91	0.96	0.74	0.70	0.86	0.87
Na ₂ O (%)	0.56	0.58	0.36	0.36	0.47	0.38	0.46	0.41
SO ₃ (%)	0.56	0.58	0.46	0.46	0.43	0.43	0.47	0.42
Cl (%)	0.23	0.28	0.24	0.22	0.22	0.27	0.25	0.25
P ₂ O ₅ (%)	0.13	0.10	0.20	0.19	0.14	0.16	0.16	0.16
SrO (%)	0.16	0.16	0.09	0.09	0.13	0.12	0.13	0.13
K ₂ O (%)	0.15	0.15	0.03	0.03	0.08	0.07	0.08	0.06
TiO ₂ (%)	-	0.06	-	-	0.06	0.04	0.04	-
V ₂ O ₅ (%)	-	-	-	-	0.02	-	-	-
MnO (%)	-	0.01	-	-	0.02	0.02	-	0.01
ZnO (%)	-	76 PPM	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
ZrO ₂	56 PPM	23 PPM	37 PPM	27 PPM	24 PPM	38 PPM	62 PPM	47 PPM

Tabla N° 22 Análisis químico de muestra calcinada, de cal hidratada y resumen de resultados, en refractómetro de rayos X

Una vez obtenidos los datos del análisis de los cementantes se pueden comparar los resultados obtenidos con los que se deben cumplir como requisitos mínimos. Se deben agrupar y sumar los elementos que se indican en la tabla N°5, de esta investigación; para poder compararlos con la norma, esta comparación de la composición química de la cal hidrata que se encuentra en el mercado de materiales de construcción de la ciudad de Cuenca y los requisitos que se establecen en la norma para cal hidráulica hidratada nos da un parámetro para el estudio de la calidad de la cal a ser utilizada en este estudio.

De los resultados obtenidos y mostrados en las tablas N°23 y N°24 que corresponden a los dos tipos de muestra analizadas en el refractómetro de reyes x y se comparan con los siguientes indicadores.

El contenido de óxido se conserva dentro de los indicadores de la norma, la cal procedente de Guayaquil tiene valores sobre la norma en las dos muestras analizadas, se resalta de color en las tablas indicadas. En los indicadores de sílice todas las muestra están por debajo de los indicadores de la norma.

También de los resultados obtenidos podemos concluir que la riqueza de Ca de la cal analizada está en un rango del 70% al 75% de promedio general en las diferentes muestras, excepto la muestra de guayaquil que pasa del 75% y se resalta de color en las tablas.

Se concluye que la cal, al no ser un producto que se fabrica y comercializa en condiciones que le vuelvan un producto normalizado, no puede tener un estabilidad de condiciones o indicadores para su uso, sobre todo si se necesita realizar elementos o productos que cumplan con normas técnicas. Después de realizado este análisis se opta por la muestra de cal quemada o producida en Sinincay por tener valores similares al conjunto de muestras y por ser fabricada en nuestra localidad, además de cumplir con los requisitos aunque con un bajo porcentaje de sílice, resultado que fue similar a las otras muestras analizadas.

REQUISITOS NORMA 0246-2010 , TABLA 1			Riobamba	Riobamba	Guayaquil	Guayaquil	Sinincay	Sinincay	Ambato	Ambato
			DENOMINACION							
	Mínimo	Máximo	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2
Óxidos de calcio y magnesio (CaO y MgO, calculados sobre la base no volátil), en %	65	75	74.23	73.73	82.53	80.25	73.75	74.45	70.30	74.00
Sílice (SiO ₂ , calculados sobre la base no volátil) en %	16	26	6.83	6.88	3.75	3.59	8.15	8.23	10.61	8.70
Óxidos de hierro y aluminio (Fe ₂ O ₃ y Al ₂ O ₃ , calculados	--	12	1.92	1.93	0.45	0.37	1.43	1.37	1.67	1.33
Dióxido de carbono (CO ₂ calculado sobre la base como se	--	8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Tabla N° 23 Comparación de muestra de cal analizada en refractómetro de rayos x, con la norma NTE INEN 0246-2010.

Nota. Se resaltan con color, los valores que no están dentro de los requisitos de norma

REQUISITOS NORMA 0246-2010 , TABLA 1			Riobamba	Riobamba	Guayaquil	Guayaquil	Sinincay	Sinincay	Ambato	Ambato
			DENOMINACION							
	Mínimo	Máximo	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2
Óxidos de calcio y magnesio (CaO y MgO, calculados sobre la base no volátil), en %	65	75	75.08	72.25	84.55	84.64	75.56	77.85	73.15	73.65
Sílice (SiO ₂ , calculados sobre la base no volátil) en %	16	26	7.33	6.88	3.75	3.59	8.15	8.23	10.61	8.7
Óxidos de hierro y aluminio (Fe ₂ O ₃ y Al ₂ O ₃ , calculados	--	12	1.93	1.99	0.53	0.45	1.73	1.47	1.6	1.54
sobre base no volátil), en %										
Dióxido de carbono (CO ₂ calculado sobre la base como se	--	8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
recibe), en %										

Tabla N° 24 Comparación de muestra de cal calcinada analizada en refractómetro de rayos x, con la norma NTE INEN 0246-2010



ILUSTRACIÓN N° 8 Método de dispersión de Cal.

3.1.2.2 METODO PARA DISPERSIÓN DE LA CAL.

La cal para el uso en el campo de la construcción tiene como principal característica el no formar grumos al entrar en contacto con el agua, cuando no se cuenta con cales de alta dispersión se recomienda sumergirla en agua y agitarla constantemente hasta conseguir una pasta de cal en condiciones de partes iguales es decir igual parte de cal a la de agua. (Salazar Jaramillo, 2000)

Se bate la muestra de cal sumergida en agua hasta formar una pasta trabajable sin excederse en la cantidad de agua, se bate por diez minutos en períodos de tres a cuatro horas por siete días y se obtiene una pasta de cal, se puede comprobar que este lista de la siguiente manera; se toma una muestra de cal dispersada en agua y se pesa, luego se seca en un horno y se pesa nuevamente, cuando la diferencia de pesos entre la muestra húmeda y la seca sea el 50% del peso inicial, la pasta de cal tiene una buena dispersión para poder fabricar morteros, ver ilustración N°8.

3.1.3 ARENA.

Se analiza la arena de lecho de río, más conocida en el medio como arena fina. Su procedencia es actualmente de la cuenca del río Jubones en la localidad vecina de Santa Isabel.

3.1.3.1 ENSAYO DE GRANULOMETRÍA.

Se realiza la toma de una muestra de arena se la lleva al horno por 24 horas hasta que esté completamente seca para luego poder tamizarla.

Se determina que la arena utilizada para este ensayo tiene partículas superiores a 4,75 mm (tamiz N°4) antes de realizar cualquier prueba se tamizan estas partículas con el fin de cumplir con los requerimientos de la Norma ITE INEN 2536:2010. Esta práctica también se la realiza en obra cuando el árido presenta particular gruesas se tamiza en obra utilizando mallas lo que llamamos localmente zarandeado.



ILUSTRACIÓN N° 9 Proceso de obtención de la granulometría del árido

Colocamos el árido en los tamices y se procede con el tamizado, los resultados del ensayo de granulometría y la comparación con la norma se muestran en la tabla N°25.

Por los resultados obtenidos, luego de una tamizada previa para que las condiciones del árido mejoren, se concluye que el árido a ser usado en la confección de los morteros cumple con casi todos los requisitos de la norma, existiendo una pequeña variación en el tamiz número 8 y la diferencia más representativa se da en el tamiz número 50.

Por ser este el árido que se dispone en el medio y por no tener mayor variación con la norma, se toma como componente para la elaboración de los diferentes tipos de mortero a ensayarse.

peso de la muestra 1,802.10 gr

				Ensayo	Norma 2536:2010
n°tamiz	tamiz mm	retenido g	pasante en gr	%pasante	% pasante
4	4.750		1,802.10	100%	100%
8	2.360	99.80	1,702.30	94.46%	95-100 %
16	1.180	262.30	1,440.00	84.59%	70-100 %
30	0.600	433.90	1,006.10	69.87%	40-75%
50	0.300	531.10	475.00	47.21%	20-40 %
100	0.150	364.30	110.70	23.31%	10-25 %
200	0.075	110.70	-	0.00%	0-5 %

Tabla N° 23 Granulometría del árido y comparación con la norma NTE INEN 2536-2010



ILUSTRACIÓN N° 10
Ensayo de impurezas orgánicas

3.1.3.2 ENSAYO DE IMPUREZAS ORGÁNICAS.

Para realizar este ensayo se sumerge el arena en una solución de hidróxido de sodio, una vez colocada en la probeta se agita fuertemente y se deja en reposo por 24 horas. Este es un ensayo de observación.

Se distingue una pequeña capa en la parte superior en la escala 270 ml de la probeta, y en escala del 90 al 110 ml se presenta un color claro que indica que está dentro de valor estándar. Ver ilustración N°10.

3.1.3.3 ENSAYO PARA OBTENER EL MÉTODO DE AGUA RETENIDO.

Este ensayo se realiza tomando una muestra de arena húmeda, se pesa y luego se deja secar en el horno para determinar la diferencia de peso entre el árido húmedo y el seco con el fin de determinar el porcentaje de peso de agua retenido por la muestra.

Descripción	Peso (gr)
Arena húmeda	2,000.00
Arena seca	1,812.40
Agua retenida	187.60

$$\% \text{ peso agua retenida} = \frac{\text{peso húmedo} - \text{peso seco}}{\text{peso húmedo}} \times 100$$

% peso agua retenida=	9.38%
------------------------------	--------------

3.1.3.4 MÉTODO PARA DETERMINAR EL HINCHAMIENTO DE LA ARENA.

Se toma un recipiente que será unidad constante para este ensayo; se toman sus dimensiones, se llena de arena húmeda dejándola caer libremente hasta llenar el recipiente, ver ilustración N°11.



ILUSTRACIÓN N° 11 Método para calcular el hinchamiento del árido

Ensayo de hinchamiento

Arena en recipiente con agua 24 horas

características del recipiente

altura	20 cm
diametro	10 cm
agua	40 % de volumen del recipiente

altura inicial	20 cm
altura del borde a la arena	7.2 cm
altura final de arena	12.8 cm

$$\% \text{ inchamiento} = \frac{\text{diferencia de altura entre el filo y la arena asentada}}{\text{altura original de la arena}}$$

$$\% \text{ inchamiento} = 36.00\%$$

Luego se extrae ésta para llenar el recipiente con un 40% de su volumen, después se regresa la arena medida anteriormente y se mide la diferencia de alturas que existe entre el borde del recipiente y el nivel en el cual se encuentra el árido. De esta manera se llega a establecer que esta arena, en condiciones normales de trabajo en obra tiene un 36 % de hinchamiento.

3.1.4 AGUA.

La empresa local ETAPA (empresa telefónica agua potable y alcantarillado) garantiza el abastecimiento de agua potable en nuestra ciudad, mediante una 20 plantas de tratamiento distribuidas en varios sectores de la ciudad, lo que garantiza el uso del agua para el consumo humano y obviamente para su uso en la construcción en general.

3.2 ANÁLISIS DE MORTEROS.

3.2.1 ESTUDIO DEL MORTEROS DE PEGA DE MAMPOSTERÍA USADO EN EL CANTÓN CUENCA.

Como se ha indicado anteriormente el mortero de pega utilizado en nuestra ciudad para pega de mampostería, es el resultado de una mezcla de componentes cemento-arena a los que se los dosifica volumétricamente, sin tomar en cuenta las condiciones que presenta el árido en la obra al momento de realizar la mezcla; las condiciones normales en la que la arena presenta el contenido de agua y por ende el factor de hinchamiento que ésta tiene, no son analizados ni tomados en cuenta el momento de medirla en su proporción volumétrica con la del cemento.

DOSIFICACION VOLUMETRICA

del mortero de pega usado en el Cantón Cuenca

Denominación C.A.

COMPONENTE	DOSIFICACION	OBSERVACIONES
CEMENTO	1	EN SACO
ARENA	3	HUMEDA

% de hinclamiento del árido usado 36.00%

CORRECCION CONSIDERANDO EL % DE HINCHAMIENTO DEL ARIDO

COMPONENTE	DOSIFICACION	OBSERVACIONES
CEMENTO	1	EN SACO
ARENA	1.92	SECA

Tabla N° 24 Porcentaje de hinchamiento y corrección de volumen de arena húmeda.

3.2.1.1 DOSIFICACIÓN

La relación volumétrica que se utiliza es una parte de cemento y tres partes de arena, que en obra se realiza de diferentes maneras, por experiencia, medida en parihuelas o muchas veces con elementos que se toman como unidad, las carretillas de obra por ejemplo.

Al tener en cuenta el hinchamiento de la arena, que anteriormente se estableció en un 36 %, se analiza la verdadera proporción que se estaría usando el momento de realizar la dosificación de este tipo de mortero que anteriormente se lo clasificó con las siglas CA.

Al comparar la dosificación con la corrección por el hinchamiento de la arena, la dosificación resultante que se analiza es una parte de cemento y 2 de árido. Ver tabla N°26.

Código	Descripción	Cemento	Arena	Observaciones
CA	cemento 1:3 de obra	1	3	arena húmeda
C1	cemento-arena	1	3	arena seca

Tabla N° 25 Nomenclatura asignada a los morteros de cemento-arena.

Código	Descripción	Cemento	Masilla de Cal	Arena en veces en relacion de la suma de los cementantes
C2	cemento-arena-masilla de cal	1	1/2	2 1/4
C3	cemento-arena-masilla de cal	1	3/4	2 1/2
C4	cemento-arena-masilla de cal	1	1	2 3/4
C5	cemento-arena-masilla de cal	1	1 1/4	3

Tabla N° 26 Nomenclatura asignada a los morteros de cemento-cal-arena.

3.2.2 NOMENCLATURA DE MORTEROS DE CEMENTO-ARENA, PARA ANÁLISIS.

Este estudio analizará las propiedades de dos tipos de mortero cemento-arena, uno confeccionado con condiciones similares a las de obra y otro con un diseño volumétrico, clasificándolos como CA y C1. Ver tabla N° 27.

3.2.3 MORTEROS CEMENTO-ADCISIONES DE CAL, PARA ANALISIS.

Anteriormente se definieron los diferentes tipos de mortero con adiciones de cal a ser estudiados y cuya nomenclatura para el estudio, resultando 4 tipos de morteros; C2, C3, C4, y C5 según su dosificación y que se encuentran indicados a continuación. Ver Tabla N°28.

Se realiza la mezcla de los diferentes componentes para cada uno de los morteros a ser estudiados y se realizan los siguientes ensayos en estado plástico, ilustración N°12.

3.2.4 FLUIDEZ.

Se procede al formar en el cono troncocónico de diámetro inferior de 7,00 cm. la muestra a ser sometida a la mesa vibratoria durante un período de 15 segundos y unas 25 caídas, para luego medir el nuevo diámetro de la mezcla.

Se presenta la siguiente tabla con los valores obtenidos. Ver tabla N° 29

Ensayo de Fluidéz

muestra	Ø inicial, cm	Ø final, cm	% fluidez
---------	---------------	-------------	-----------

morteros: cemento-arena

CA	7.00	14.50	107.14%
C1	7.00	14.60	108.57%

morteros: cemento-cal-arena

C2	7.00	14.50	107.14%
C3	7.00	14.70	110.00%
C4	7.00	14.40	105.71%
C5	7.00	14.90	112.86%

Norma: Fluidéz (110%+- 5%)

Tabla N° 27 Resultados de ensayo de fluidez.

En esta prueba todos los morteros deben cumplir con la fluidez de la norma, para poder realizar la confección de los cubos de mortero.



ILUSTRACIÓN N° 12 dosificación volumétrica de morteros.



ILUSTRACIÓN N° 13 Ensayo para determinar la fluidez de la pasta de mortero

Ensayo de Contenido de aire

Muestra	% de aire
morteros: cemento-arena	
CA cemento-arena	20%
C1 cemento-arena	28%
morteros: cemento-cal-arena	
C2 cemento-cal-arena	8%
C3 cemento-cal-arena	12%
C4 cemento-cal-arena	13%
C5 cemento-cal-arena	10%

norma, contenido de aire 12 %

Tabla N° 28 Resultados de ensayo de Contenido de aire.

CONTENIDO DE AIRE.

Se ensaya el contenido de aire, colocando el mortero en la copa metálica, ésta se enraza, luego se coloca el recipiente de vidrio y se llena con alcohol hasta su nivel máximo, tapando con el dedo se voltea de vertical a horizontal hasta que el mortero se desprege y mezcle con el alcohol, se destapa el recipiente y se mide el nuevo valor en la escala marcada en la parte superior.

El Contenido de aire en CA y C1, en los morteros de cemento es mayor al contenido de los morteros con adiciones de cal en su composición. Lo que evidencia que la presencia de la cal influye en el contenido de aire de la mezcla reduciéndole considerablemente en comparación a los morteros de cemento-arena. Ver tabla n°30



ILUSTRACIÓN N° 14 Ensayo para determinar el contenido de aire en morteros

3.2.5 RETENCIÓN DE AGUA.

Ensayo de Retención de Agua

Muestra	Peso de muestra en (gr).	Peso de final de la muestra en (gr).	Peso del agua extraída (gr).	% de agua succionada en relación al peso de la muestra.
---------	--------------------------	--------------------------------------	------------------------------	---

morteros: cemento-arena

CA cemento-arena	136.6	134.4	2.2	1.61%
C1 cemento-arena	133	130.6	2.4	1.80%

morteros: cemento-cal-arena

C2 cemento-cal-arena	122.8	121.9	0.9	0.73%
C3 cemento-cal-arena	102.8	101.5	1.3	1.26%
C4 cemento-cal-arena	136.8	135.2	1.6	1.17%
C5 cemento-cal-arena	113.5	112.4	1.1	0.97%

Tabla N° 29 Resultados de ensayo para determinar la capacidad de soltar el agua de mezcla del mortero

El equipo necesario para realizar este ensayo no se encuentra en nuestro medio, pero a manera de práctica experimental se le realiza con instrumentos que basados en el principio del método normado nos pueden dar datos sobre el comportamiento de la retención de agua en la mezcla del mortero por comparación.

Con un instrumento que tiene una boquilla con una trampilla y está conectada a una bomba manual para extraer el aire, se procede a colocar papel de filtro en la trampilla, luego se llena la boquilla en dos capas compactándolas con 15 veces con un pistón y luego con la bomba manual se extrae el aire durante un minuto. Para poder tener datos de cuánta agua es capaz de soltar la mezcla, se debe pesar la muestra depositada en la copa y luego de haber sido succionada. Los resultados son los que se muestran en la tabla N°31.



ILUSTRACIÓN N° 15 copa con tronera y bomba manual de succión

Este ensayo realizado en esta investigación no es normado pero permite evidenciar que los morteros con cal retienen mayor cantidad de agua ya que los porcentajes de agua que la mezcla suelta después de la succión es menor a la soltada por los morteros de cemento.

Los resultados comparativos nos dan muestra que los morteros que contienen dosificaciones de cal sueltan menos agua después de la succión a las que han sido sometidos conjuntamente con los morteros de cemento.

3.3 ENSAYOS EN ESTADO ENDURECIDO

3.3.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

Una vez confeccionados los cubos de 50 mm. Se desmoldan y clasifican para poder romperlos en tres, siete y veintiocho días en condiciones de curado normales, y además se separan testigos después de los siete días de curado baja agua para romperlos a los catorce días y treinta y cinco días a partir de su fecha de confección con el fin de determinar y comparar la resistencia a compresión con los que permanecieron en agua los 28 días.

Antes de proceder a la ruptura de los cubos se retiran del agua de curado y se pesan, se dejan secar por tres horas, se pesan de nuevo y se someten a carga para medir su resistencia a compresión.

El peso de los cubos dejándolos por 3 horas fuera del agua de curado, nos da un indicador de la capacidad de retención de agua de las diferentes muestras y que se detallan a continuación en la tabla N°33. Este porcentaje de pérdida de agua en relación al peso de la muestra en un periodo de tres horas se calcula restando el peso inicial del peso final , sobre el peso inicial por cien, para obtener un indicador de porcentaje de agua que suelta el cubo en este periodo de tiempo.



ILUSTRACIÓN N° 16 Ensayo de resistencia a compresión.

Los resultados de la resistencia a compresión se muestran a continuación, en donde los morteros de cemento tienen mayor resistencia a la compresión f'c. Ver tabla N°32.

RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN

Muestras curadas en agua

tipo	FECHA CONFECCION	DIAS	RUPTURA KG/CM2	DIAS	RUPTURA KG/CM2	DIAS	RUPTURA KG/CM2
		3		7		28	

Morteros de cemento-arena

CA	lunes, 11 de mayo de 2015	jueves, 14 de mayo de 2015	23.86	lunes, 18 de mayo de 2015	40.01	lunes, 08 de junio de 2015	87.56
C1	lunes, 11 de mayo de 2015	jueves, 14 de mayo de 2015	12.69	lunes, 18 de mayo de 2015	16.36	lunes, 08 de junio de 2015	65.20

Morteros de cemento-cal-arena

C2	martes, 05 de mayo de 2015	viernes, 08 de mayo de 2015	9.18	martes, 12 de mayo de 2015	35.20	martes, 02 de junio de 2015	62.35
C3	martes, 05 de mayo de 2015	viernes, 08 de mayo de 2015	9.99	martes, 12 de mayo de 2015	19.24	martes, 02 de junio de 2015	51.20
C4	martes, 05 de mayo de 2015	viernes, 08 de mayo de 2015	13.00	martes, 12 de mayo de 2015	16.56	martes, 02 de junio de 2015	53.00
C5	martes, 05 de mayo de 2015	viernes, 08 de mayo de 2015	11.01	martes, 12 de mayo de 2015	38.10	martes, 02 de junio de 2015	48.00

Muestras curadas en agua hasta 7 días de la fecha de confección

tipo	FECHA fuera de curado en agua	DIAS	RUPTURA KG/CM2	DIAS	RUPTURA KG/CM2
		14		28	

Morteros de cemento-arena

CA	lunes, 18 de mayo de 2015	lunes, 01 de junio de 2015	70.82	lunes, 15 de junio de 2015	79.86
C1	lunes, 18 de mayo de 2015	lunes, 01 de junio de 2015	46.74	lunes, 15 de junio de 2015	42.50

Morteros de cemento-cal-arena

C2	lunes, 11 de mayo de 2015	lunes, 25 de mayo de 2015	48.00	lunes, 08 de junio de 2015	74.27
C3	lunes, 11 de mayo de 2015	lunes, 25 de mayo de 2015	46.74	lunes, 08 de junio de 2015	54.46
C4	lunes, 11 de mayo de 2015	lunes, 25 de mayo de 2015	30.02	lunes, 08 de junio de 2015	56.00
C5	lunes, 11 de mayo de 2015	lunes, 25 de mayo de 2015	30.02	lunes, 08 de junio de 2015	53.85

Tabla N° 30 Resultados del Ensayo de resistencia a la compresión f'c

Muestras curadas en agua

tipo	FECHA CONFECCION	DIAS	% agua/volumen	DIAS	% agua/volumen	DIAS	% agua/volumen
		3	3 horas de secado	7	3 horas de secado	28	3 horas de secado

Morteros de cemento-arena

CA	lunes, 11 de mayo de 2015	jueves, 14 de mayo de 2015	1.33%	lunes, 18 de mayo de 2015	3.35%	lunes, 08 de junio de 2015	3.80%
C1	lunes, 11 de mayo de 2015	jueves, 14 de mayo de 2015	1.35%	lunes, 18 de mayo de 2015	3.97%	lunes, 08 de junio de 2015	3.38%

Morteros de cemento-cal-arena

C2	martes, 05 de mayo de 2015	viernes, 08 de mayo de 2015	1.20%	martes, 12 de mayo de 2015	1.00%	martes, 02 de junio de 2015	1.66%
C3	martes, 05 de mayo de 2015	viernes, 08 de mayo de 2015	1.19%	martes, 12 de mayo de 2015	1.66%	martes, 02 de junio de 2015	1.34%
C4	martes, 05 de mayo de 2015	viernes, 08 de mayo de 2015	1.28%	martes, 12 de mayo de 2015	1.43%	martes, 02 de junio de 2015	1.45%
C5	martes, 05 de mayo de 2015	viernes, 08 de mayo de 2015	1.42%	martes, 12 de mayo de 2015	1.34%	martes, 02 de junio de 2015	1.63%

Tabla N° 31 Porcentaje de agua que libera un cubo de 50mm de mortero en un periodo de tres horas

3.4 ANÁLISIS DE MAMPUESTOS.

No se puede sólo analizar el mortero de pega de mampostería sin antes clasificarlo dentro de los diferentes tipos según su ; dosificación o por sus propiedades físicas o en que elemento va a ser colocado y usado. Es por esto que se realizan ensayos sobre mampuestos que se utilizan en nuestro medio para conocer básicamente dos propiedades que estarían ligadas directamente al momento de seleccionar un mortero de pega de mampostería. Estas son; capacidad de absorción de agua y su resistencia a la compresión.

Para esta prueba se tomaron muestras de ladrillo cocido artesanal (panelón) de tres procedencias; Sinincay, Susudel, Loja, además, ladrillo hueco de arcilla cocida (tochana), también bloques de hormigón y de pómez.



ILUSTRACIÓN N° 17 mampuestos usados en nuestro medio, prueba de velocidad de absorción inicial.

3.4.1.1 ENSAYO DE LA VELOCIDAD INICIAL DE ABSORCIÓN.

Este ensayo se basa en la norma ASTM c67, es conocida como la prueba del minuto y que permite conocer el grado de absorción que puede tener un mampuesto y que determinará el tipo de mortero que se debe aplicar. El aumento de peso del mampuesto sumergido un minuto en un nivel de agua de 3.18mm no debería ser superior a 30 gr, si sobrepasa este indicador lo más aconsejable es usar morteros con cal, debido a su característica de retención de agua pero además se aconseja, humedecer los mampuestos para minimizar la succión del agua del mortero.

El ensayo se realiza de la siguiente manera, se toman los mampuestos y se los deja en corriente de aire frío, se pesan para comparar si existe variación entre sus peso inicial, se introducen en un cubeto con agua a un nivel de 3.18 mm y se deja un minuto, se pesa nuevamente y se obtiene la capacidad de absorción de agua en un minuto. En el ensayo se puede observar que el peso después del secado de 4 horas no debía variar más allá de un 0.02% pero solo 4 muestras obtienen valores positivos dentro de ese indicador.



ILUSTRACIÓN N° 18 Ensayo de resistencia a compresión del mampuesto

En cuanto el peso de agua absorbida la totalidad de las muestra sobrepasa el límite máximo de 30 gr. En un minuto, ver tabla N°34, se resalta de color los valores que están sobre la norma.

Ensayos sobre mampuestos			astm C67 <.02 %		prueba de 1mint 30 gr. max	
Ensayo para determinar la capacidad de absorción de agua						
Procedencia	n°muestra	peso inicial gr.	secado al aire gr.	diferencia	peso en agua gr.	diferencia gr.
Sinicay	1	3,466.40	3,465.70	-0.02%	3,932.40	466.70
Sinicay	2	3,328.30	3,326.30	-0.06%	3,750.90	424.60
Susudel	1	4,014.90	3,990.20	-0.62%	4,067.00	76.80
Susudel	2	4,078.60	4,067.70	-0.27%	4,177.40	109.70
Loja	1	3,552.30	3,552.20	0.00%	3,598.70	46.50
Loja	2	3,534.30	3,533.80	-0.01%	3,617.50	83.70
Tochana	1	5,173.60	5,167.40	-0.12%	5,232.10	64.70
Tochana	2	5,017.20	5,014.40	-0.06%	5,096.20	81.80
Bloque de H° 15 cm	1	13,721.70	13,721.30	0.00%	13,947.12	225.82
Bloque de H° 15 cm	2	14,077.90	14,067.50	-0.07%	14,249.70	182.20
Bloque de H° 10 cm	1	11,776.60	11,756.60	-0.17%	12,039.90	283.30
Bloque de H° 10 cm	2	12,089.50	12,069.90	-0.16%	12,345.30	275.40
Bloque de Pomez 15 cm	1	8,516.00	8,472.40	-0.51%	8,515.90	43.50
Bloque de Pomez 15 cm	2	8,508.50	8,459.20	-0.58%	8,493.90	34.70
Bloque de Pomez 10 cm	1	6,529.90	6,400.40	-1.98%	6,443.80	43.40
Bloque de Pomez 10 cm	2	6,813.90	6,689.10	-1.83%	6,729.90	40.80

Tabla N° 32 Resultados del ensayo de velocidad inicial de absorción.

3.4.1.2 ENSAYO A LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL MAMPUESTO.

A los mampuestos se les realiza un ensayo de carga para determinar su resistencia a la compresión.

Las resistencias son variables y dan un promedio de 52.40 kg/cm², del total de la resistencia de los mampuestos analizados.

La resistencia a la compresión que pueda resistir una pieza de ladrillo o bloque es un indicador importante el momento de elegir el tipo de mortero a utilizarse en la confección o construcción de una mampostería. Ya que la resistencia de los mampuestos en una unidad de mampostería no debería ser mayor a la del elemento ligante en este caso el mortero de pega.

Se presenta en la tabla N°35, los resultados de este ensayo.

Ensayo resistencia a la compresión (f'c		f'c	dimenciones de la muestra en cm.		
Procedencia	n°muestra	kg/cm2	a. alto	b. ancho	c. largo
Sinicay	1	66.50	7.50	12.60	26.50
Sinicay	2	47.60	7.20	13.00	26.50
Susudel	1	126.30	7.50	12.50	26.50
Susudel	2	122.00	7.50	13.00	26.50
Loja	1	81.30	7.60	12.00	25.00
Loja	2	65.10	8.00	12.00	25.20
Tochana	1	33.00	9.00	19.50	37.70
Tochana	2	27.50	9.00	19.50	38.00
Bloque de H° 15 cm	1	58.30	15.00	19.70	40.20
Bloque de H° 15 cm	2	58.90	15.00	19.70	40.20
Bloque de H° 10 cm	1	49.90	10.00	19.50	40.30
Bloque de H° 10 cm	2	47.20	10.00	19.80	40.00
Bloque de Pomez 15 cm	1	10.50	13.00	18.50	40.40
Bloque de Pomez 15 cm	2	15.90	14.80	18.50	40.50
Bloque de Pomez 10 cm	1	15.00	9.70	19.30	40.10
Bloque de Pomez 10 cm	2	13.40	9.70	19.30	40.50

Tabla N° 33 Resultados del ensayo de resistencia a compresión de mampuestos

CAPÍTULO 4.- ANÁLISIS DE RESULTADOS.

4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS AL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERIA.

Se han ensayado simultáneamente dos tipos de mortero de cemento-arena y cuatro morteros de cemento con diferentes adiciones de cal, según la NTE INEN 2518-2010. Es así que se procede al análisis de los resultados obtenidos en la etapa de experimentación en sus dos estados; plástico y endurecido. En todas las ilustraciones CA y C1 están de diferente color por ser los morteros de cemento y C2, C3, C4 y C5 son los morteros que contienen cal dentro de sus componentes.

4.1.1 ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS PARA EL ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS DIFERENTES MUESTRAS DE MORTERO DE PEGA; DE CEMENTO-ARENA Y CEMENTO-CAL-ARENA, EN ESTADO PLÁSTICO.

-**La fluidez**, este ensayo se realiza a todos los morteros, pero es más, una condición que todos los morteros deben cumplir para poder realizar la confección de los cubos de 50 mm y obviamente dar paso a la ejecución de los siguientes ensayos, el agua que se debe agregar a la mezcla será la suficiente para cumplir con la condición de fluidez de la mezcla esté entre el $110\% \pm 5\%$, que será la relación entre la dimensión del diámetro final del mortero sometido a 25 caídas en la mesa de flujo por un período de 15 segundos y el diámetro inicial, el molde tiene 7cm de diámetro inferior.

-**El contenido de aire** se ensayó una vez que se comprueba que la fluidez cumple con los indicadores de la norma, en los resultados se puede ver claramente que los morteros que contienen dosificaciones

ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE AIRE EN MORTEROS ENSAYADOS

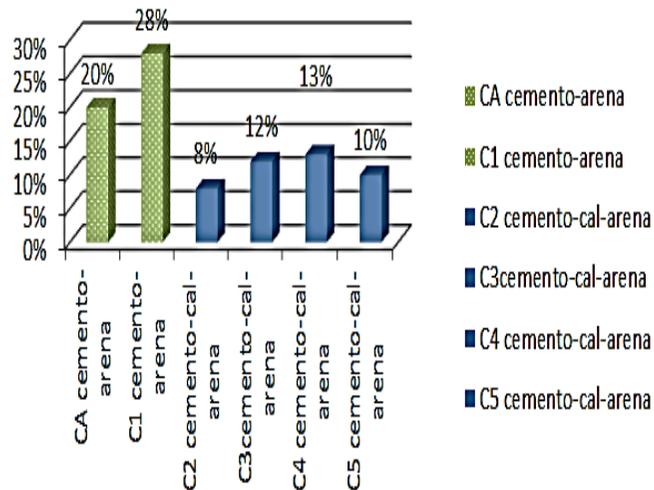


ILUSTRACIÓN N° 19 Análisis del contenido de aire en morteros ensayados, estado plástico

ANALISIS DEL ENSAYO DE RETENCION DE AGUA

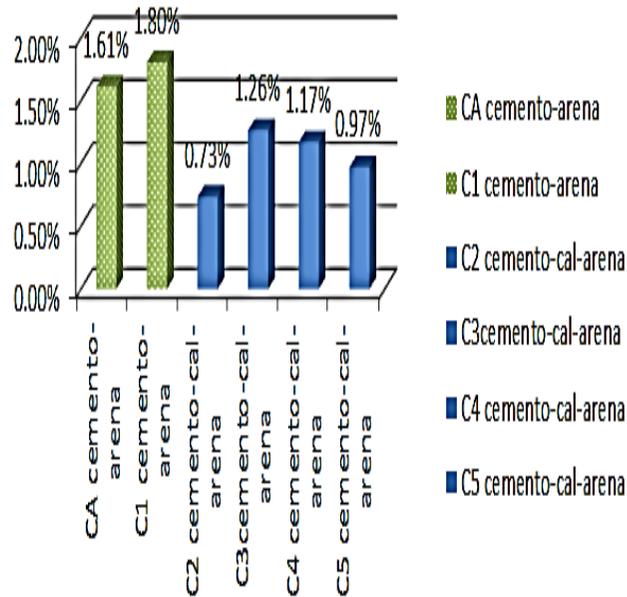


ILUSTRACIÓN N° 20 Análisis del ensayo de retención de agua, estado plástico

de cal tienen menor porcentaje de aire retenido en la muestra, ver ilustración N° 19.

-Retención de agua. Este porcentaje se calcula en la medida que la mezcla es capaz de retener el agua luego de ser sometida a succión por el período de un minuto, los equipos para realizar este ensayo no se pudieron conseguir en laboratorios locales, pero como se explicó en el proceso de experimentación basados en la descripción del instrumento, se tomó un equipo que constaba de una copa con una tronera a la cual se le pone un papel de filtro y una vez colocada la mezcla apisonada en dos capas con 15 golpes en cada una se procede por medio de una bomba manual a succionar por un minuto. Se pesa la mezcla en dos ocasiones, una cuando se coloca en la copa y luego después de la sección. Se establece la relación entre el peso de agua que suelta la mezcla con el peso inicial, antes de la succión, se puede evidenciar que los morteros de cemento retienen menos agua que los morteros a los que se adicionó cal., ver ilustración N° 20.

4.1.2 ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS PARA ESTABLECER LAS PROPIEDADES, DE LAS DIFERENTES MUESTRAS DE MORTERO DE PEGA, DE CEMENTO- ARENA Y CEMENTO-CAL-ARENA, EN ESTADO ENDURECIDO.

-Resistencia a la compresión (f'c). Ésta característica se analiza en dos etapas:

a) **Una vez desmoldados los cubos de 50 mm.** Se los somete a un curado en agua y se realizan rupturas de muestras curadas bajo agua y se las somete a carga a los 3, 7 y 28 días, Se obtienen datos sobre las diferentes resistencias de las muestras en las diferentes edades las cuales se muestran anteriormente en la tabla n° 32, al analizar los datos obtenidos tanto de los morteros de cemento arena y de los que contienen dosificaciones de cal podemos comparar el comportamiento de las muestras ensayadas. En la ilustración N° 21, resume el comportamiento y permite ver los comportamientos de los morteros en estudio y se compara con la F'c de la norma para mortero **TIPO N** (5.2 MPa), ver tabla N°3.

La norma establece una resistencia de 53.02 kg/cm² para el mortero tipo N, que es el mortero seleccionado para este estudio, en la

ilustración anterior se observa claramente que los morteros de cemento CA y C1 obtienen mayores resistencias y los morteros con adiciones de cal C2, C3, C4 y C5 tienen resultados de resistencia menor siendo el caso de las muestras de C4 que apenas llega al límite requerido y C3 en un nivel inferior. Las especificaciones de los diferentes morteros ensayados y el resultado del ensayo a compresión se muestran individualmente en los anexos de esta investigación.

Además se realiza a manera experimental, pruebas de resistencia a la compresión f'_c de muestras que fueron retiradas del curado en agua a los 7 días de su fecha de confección, se consideró este tiempo como prudencial para la hidratación del cemento, esto se realiza porque en los primeros siete días de edad de la muestra las resistencias de los morteros con cal son más bajas de lo esperado en comparación de los resultados obtenidos con los morteros de cemento, una de las principales causas, es que la cal es un material aéreo, es decir, obtiene resistencia en contacto con el aire ya que es el elemento en el que se produce la calcinación, cosa contraria al cemento que es hidráulico y éste puede fraguar bajo agua. Estos resultados se muestran en la ilustración N°32 y los efectos de un curado en agua los primeros siete días, y luego de ser retirados del agua para realizar rupturas a los 14 y 35 días de edad desde su confección, este ensayo es completamente experimental y no está bajo norma, pero nos permite estudiar el comportamiento de los morteros en estas condiciones, ver ilustración N°33. Como es esperarse los morteros de cemento-arena que tenían una tendencia de crecimiento en resistencia modifican esta y más bien es a la pérdida de resistencia, en cambio los morteros con cal comienzan a ganar resistencia por efectos de la cal, al ser este un material aéreo, incluso en la edad de 35 días que se realiza la última prueba todos los morteros pasan del límite de resistencia establecido por la norma. En anexos se adjuntan fichas con datos de cada mortero y los resultados obtenidos en los diferentes ensayos, ver anexos del N°3 al 8.

Los resultados de la resistencia de morteros de cemento arena se presentan en las tablas N°21 y N°22. El mortero CA es elaborado con áridos en condiciones de obra y el mortero C1 con árido seco y

condiciones de laboratorio. En los dos casos la resistencia esta sobre el establecido en la norma NTE INEN 2518.

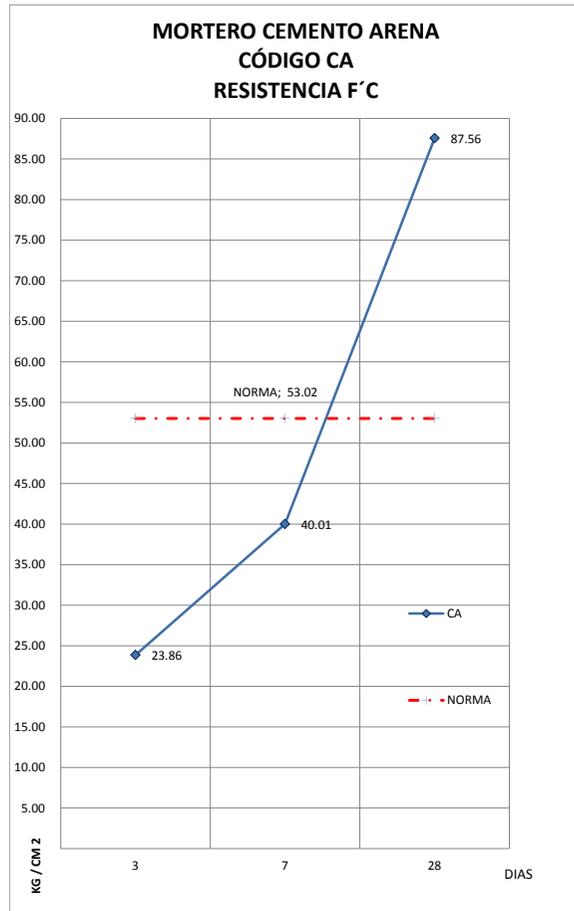


ILUSTRACIÓN N° 22 Resistencias a la compresión del mortero de cemento-arena CA, dosificación volumétrica con árido en condiciones de obra.

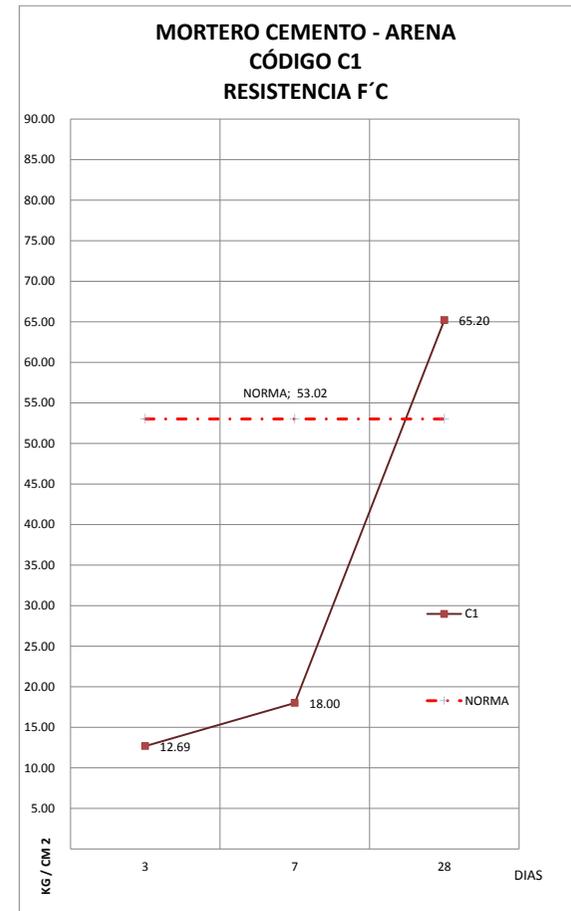


ILUSTRACIÓN N° 21 Resistencias a la compresión del mortero de cemento-arena C1, dosificación volumétrica con árido seco.

Los resultados de las resistencias a la compresión de los; mortero C2 de dosificación 1- ½ - 2 ¼ de cemento, cal y arena respectivamente en la ilustración N°24 y del mortero C3 de dosificación 1- ¾ - 2 ½ en la ilustración N°23. En el caso del mortero C2 cumple con la resistencia, pero del mortero C3 se obtiene valor es inferior esta sobre el establecido en la norma NTE INEN 2518.

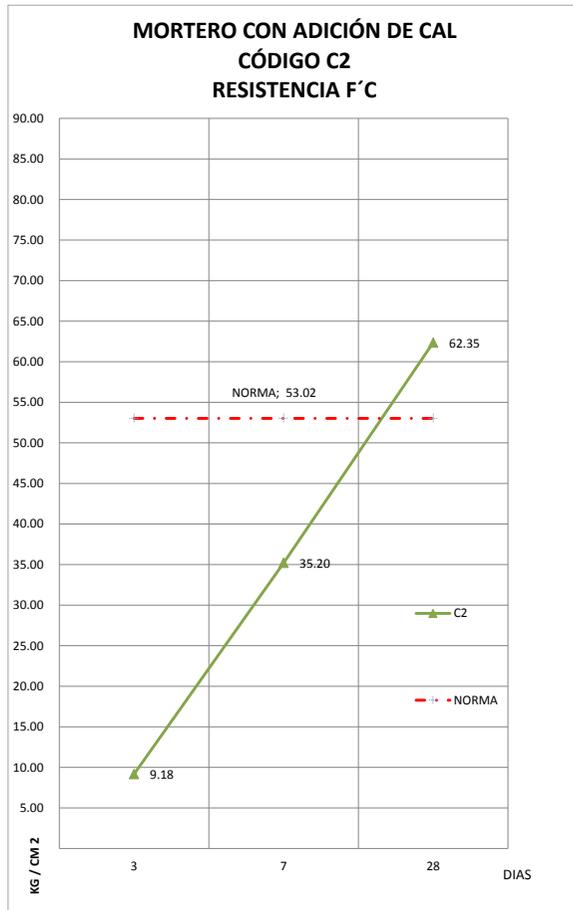


ILUSTRACIÓN N° 24 Resistencias a la compresión del mortero de cemento-cal-arena C2, dosificación volumétrica con árido seco.

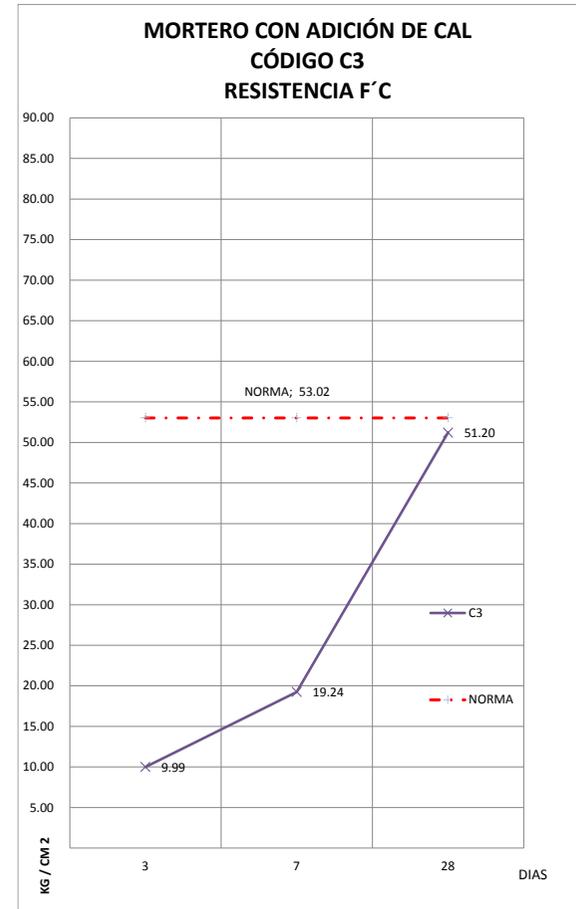


ILUSTRACIÓN N° 23 Resistencias a la compresión del mortero C3 de cemento-cal-arena, dosificación volumétrica con árido seco.

Los resultados de las resistencias a la compresión de los; mortero C4 de dosificación 1- 1 – 2 ¾ de cemento, cal y arena respectivamente en la ilustración N°26 y del mortero C5 de dosificación 1- 1 ¼ -3 en la ilustración N°25. En el caso del mortero C4 está en el límite de la resistencia, pero del mortero C5 se obtiene valor es superior esta sobre el establecido en la norma NTE INEN 2518.

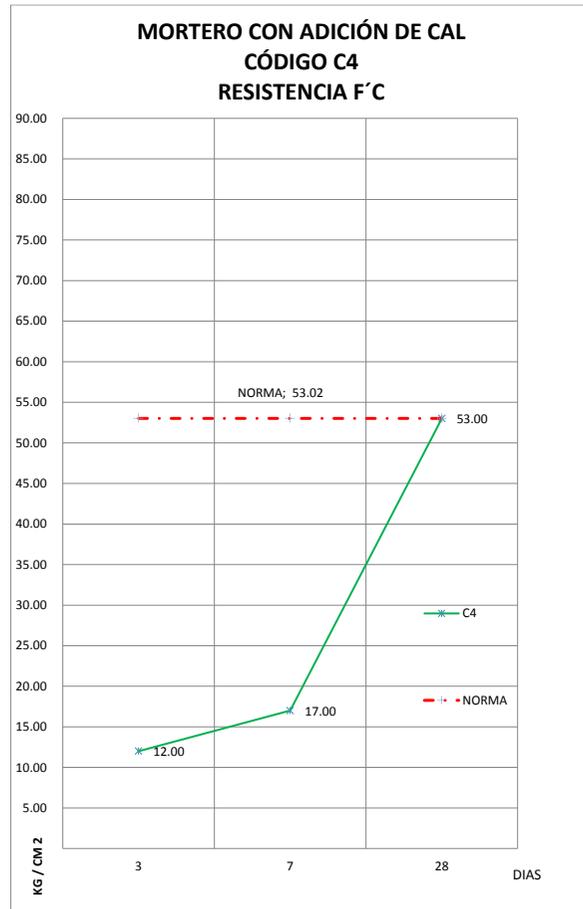


ILUSTRACIÓN N° 26 Resistencias a la compresión del mortero de cemento-cal-arena C4, dosificación volumétrica con árido seco.

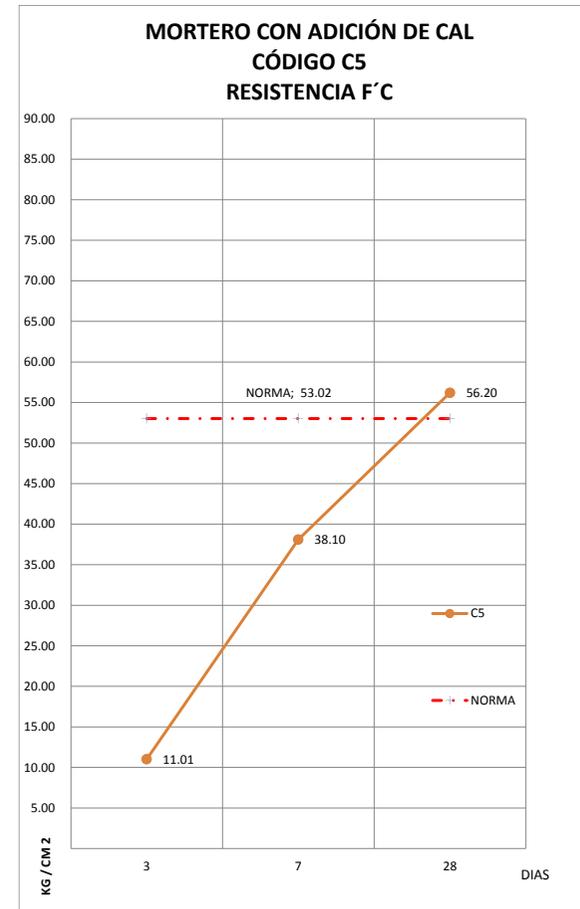


ILUSTRACIÓN N° 25 Resistencias a la compresión del mortero de cemento-cal-arena C5, dosificación volumétrica con árido seco.

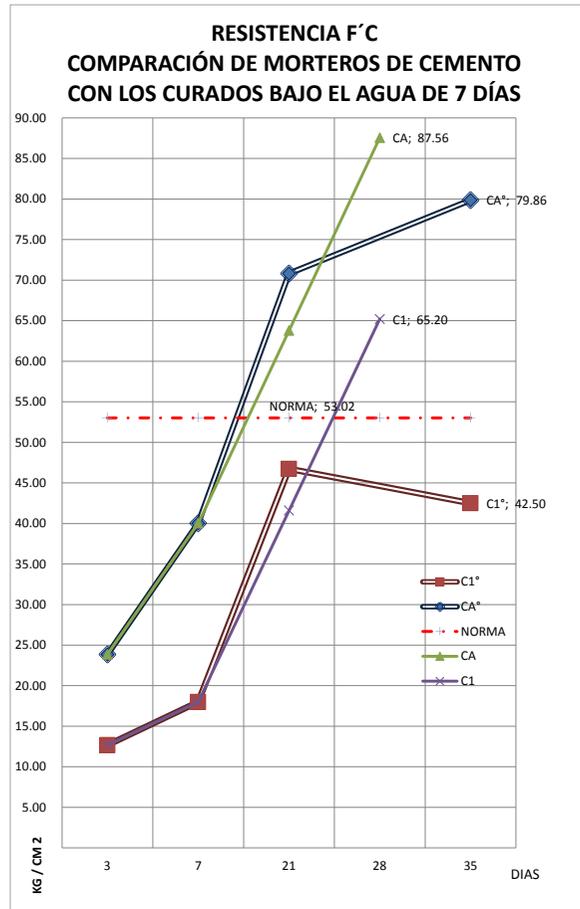


ILUSTRACIÓN N° 27 Comparación de resistencia a la compresión, f'c, del mortero CA y C1 (curado en agua 28 días) y de CA° y C1° (curado en agua 7 días).

Se analiza en la etapa de experimentación con los morteros que la adición de cal no aporta resistencia a la muestra del mortero, por estar en un proceso de curado bajo el agua, es así, que se toman muestras que después de estar siete días en curado bajo agua para analizarlas a los 21 días y 35 días de su fecha de confección, es decir a los 7 y 28 días fuera del agua, con el fin de que la cal pueda cumplir su ciclo de carbonatación.

Se presentan los resultados comparativos de los morteros CA y C1 y de CA° y C1° (curado fuera del agua), estos dos morteros por ser de cemento-arena obtienen mayor resistencia con el curado bajo el agua y los valores de resistencia disminuyen al ser retiradas del agua, resultados esperados por ser el cemento un material hidrófilo es decir que puede endurecer bajo el agua. Los resultados comparativos se muestran en la Ilustración N°27.

Se muestran los resultados comparativos de los morteros; C2 y C2° en la ilustración N°28, C3 y C3° en la ilustración N°29.

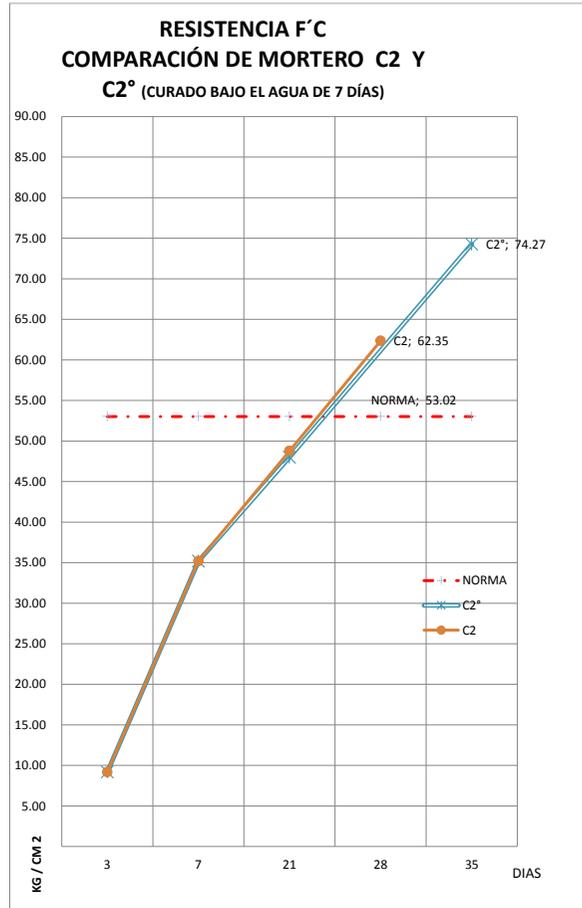


ILUSTRACIÓN N° 28. Comparación de resistencia a la compresión, $f'c$, del mortero C2 (curado en agua 28 días) y de C2° (curado en agua 7 días).

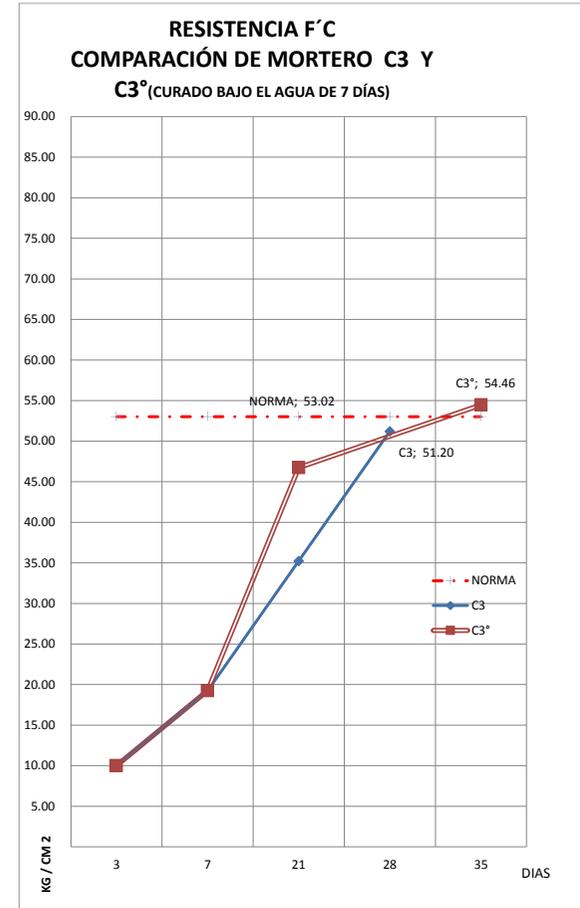


ILUSTRACIÓN N° 29. Comparación de resistencia a la compresión, $f'c$, del mortero C3 (curado en agua 28 días) y de C3° (curado en agua 7 días).

Se muestran los resultados comparativos de los morteros; C4 y C4° en la ilustración N°31, C5 y C5° en la ilustración N°30.

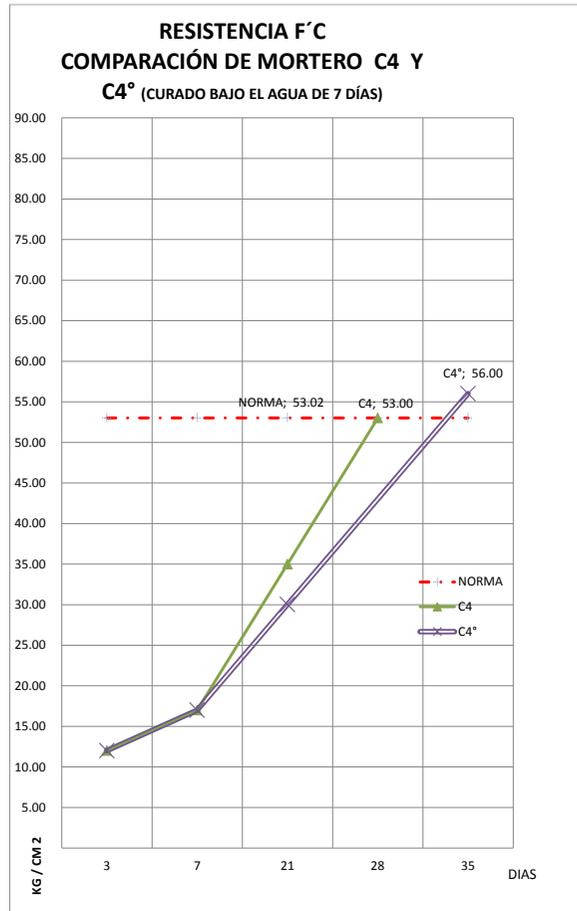


ILUSTRACIÓN N° 31 Comparación de resistencia a la compresión, f'c, del mortero C4 (curado en agua 28 días) y de C4° (curado en agua 7 días).

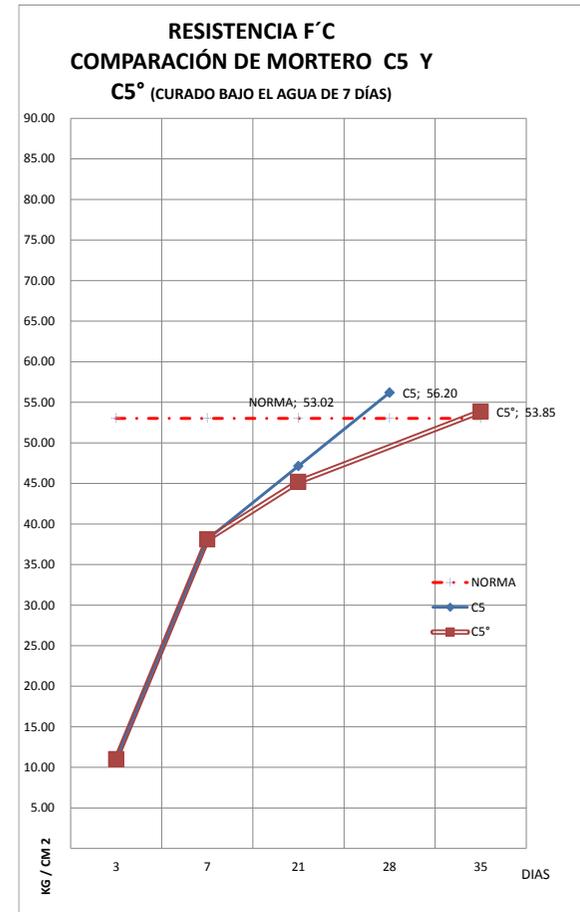


ILUSTRACIÓN N° 30 Comparación de resistencia a la compresión, f'c, del mortero C5 (curado en agua 28 días) y de C5° (curado en agua 7 días).

Se resume en la ilustración N° 32 las resistencias obtenidas de los diferentes morteros curados bajo agua 28 días, y en la ilustración n°32^a las resistencias a compresión de los morteros que permanecieron siete días de curado bajo agua y 28 días fuera de esta hasta la ruptura del último espécimen. Se evidencia que los morteros con adiciones de cal mejoran su resistencia una vez que se los extrajo del curado bajo agua, mientras que los de cemento bajan su proyección de resistencia.

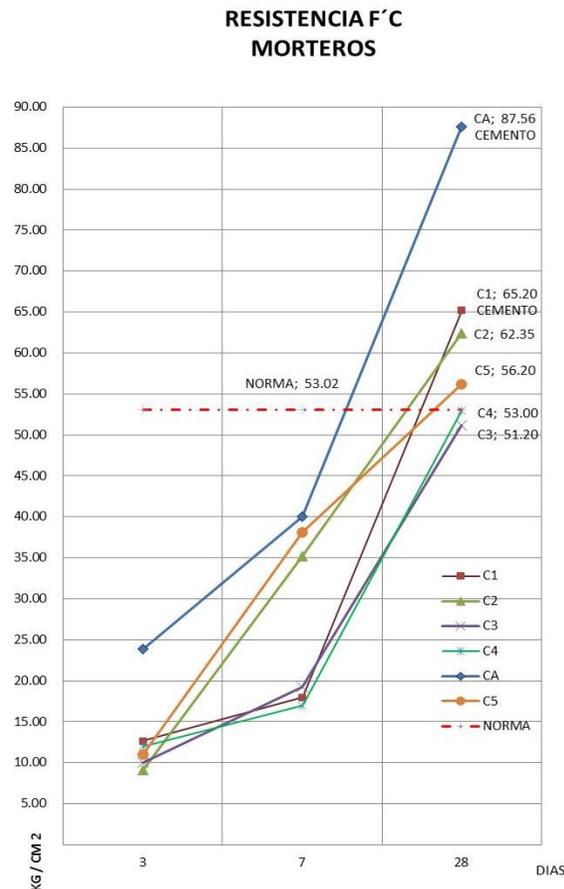


ILUSTRACIÓN N° 32 Análisis de la resistencia a compresión (f'c) de los morteros en estudio, con un periodo de tiempo de 28 días de curado en agua.

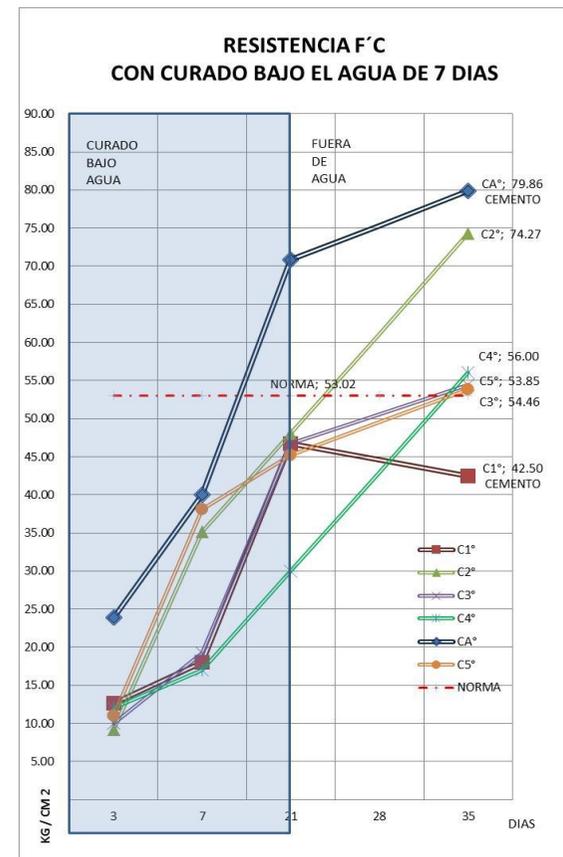


ILUSTRACIÓN N° 32^a Análisis de la resistencia a compresión (f'c) de los morteros en estudio, con un periodo de tiempo de siete días de curado en agua.

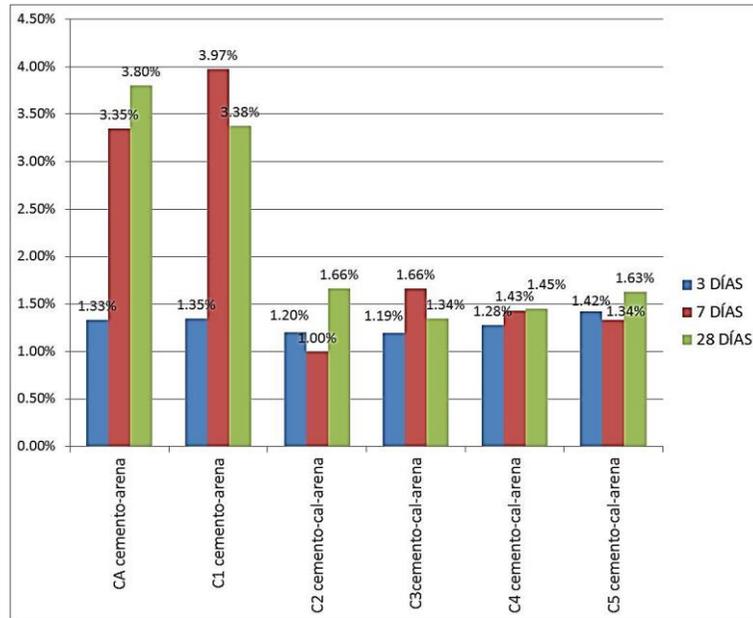


ILUSTRACIÓN N° 33 Cuadro de retención de agua en cubos de mortero endurecido en diferentes periodos de tiempo.

-retención de agua en estado endurecido. Para realizar el ensayo de resistencia a la compresión $f'c$ se debe pesar la muestra una vez que se le extrae del curado en agua dejándola secar en condiciones normales durante un periodo de tres horas antes de su ruptura, estos datos nos permiten hacer el siguiente análisis de la capacidad de retención de agua en estado endurecido comparando los pesos inicial y final de la muestra fuera del agua antes del ensayo de compresión, mientras mayor es el % de agua que perdió la muestra menor es el grado de retención de agua de la muestra en estado endurecido.

4.1.3 ANÁLISIS DE MAMPUESTOS.

El mortero por sí solo no es el único factor para garantizar la calidad y propiedades de la mampostería, por eso es necesario hacer un breve análisis de los mampuestos comúnmente utilizados en nuestra ciudad de Cuenca, de los ensayos realizados en estos materiales, se desprenden dos importantes datos que deben ser estudiados y conocidos en el momento de la selección del tipo de mortero a usarse en la confección de mampostería.

a) Capacidad de absorción.

En la prueba de absorción, se indica que si el mampuesto absorbe más de 30 gr en un minuto sumergido en un nivel de agua de 3.18 mm se considera que el mampuesto debería colocarse con morteros que contengan cal debido a su mayor retención de agua, debido a que la pieza o mampuesto ejercerá succión sobre el agua que contiene el mortero.

De la práctica realizada en diferentes tipos de mampuesto como ladrillo panelón de procedencia; Sinincay, Susudel y Loja, todos sobrepasan este indicador establecido, igual resultados se dan en el ladrillo industrializado conocido en nuestro medio como tochana y con menor grado de absorción los bloques de hormigón y pómez, de los mampuestos según la norma ASTM C67, ver ilustración N°35, todos estos mampuestos deberían colocarse utilizando morteros con adiciones de cal, sin embargo, es común en la práctica de nuestros

obreros humedecer los mampuestos para mitigar este proceso de succión y pérdida de agua que tiene el mortero al entrar en contacto con el mampuesto, pero también se advierte que en mampuestos como los bloques, éstos pueden tener variaciones en sus dimensiones por efectos de esta humedad y que al momento de recuperar sus dimensiones puedan provocar fisuras, siendo la más común debido a este efecto, la de tipo escalonado.



ILUSTRACIÓN N° 34. Absorción de agua en diferentes mampuestos utilizados en la ciudad de Cuenca.

b) Resistencia a la compresión.

Al analizar los mampuestos más utilizados en nuestra ciudad, existe mucha variación en lo que respecta a la resistencia a la compresión, de las diferentes piezas ensayadas, individualmente los ladrillos de procedencia Susudel obtienen la mayor resistencia sobre los 120 Kg/cm² y la menor resistencia obtenida es la de una pieza de ladrillo de Tochana con 27.50 kg/cm²; en lo que respecta a ladrillos la resistencia promedio de las muestras analizadas es de 71.16 kg/cm³.

En el caso de los bloques, los de hormigón presentan resistencias similares a los de los ladrillos y su resistencia promedio es de 53.58 kg/cm². No se les utiliza mucho en confección de mamposterías pero los bloques de pómez son los que menos resistencia presentan con un promedio de 13.70 kg/cm². Los valores obtenidos en el ensayo de la resistencia a compresión ($f'c$) se puede observar en la ilustración N°36, en donde se pueden comparar los valores obtenidos en los diferentes mampuestos analizados.



ILUSTRACIÓN N° 35 Análisis de la resistencia a compresión $f'c$, de mampuestos utilizados en el cantón Cuenca

VOLUMEN DE MORTERO EN UN M2 DE MAMPOSTERIA DE LADRILLO

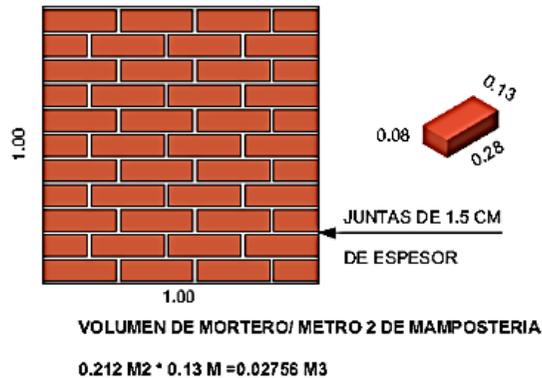


ILUSTRACIÓN N° 36 CALCULO DE VOLUMEN DE MORTERO PARA UN M2 DE MAMPOSTERIA DE LADRILLO

COMPARATIVO DE COSTO DE MATERIALES PARA, ELABORAR 1 M2 DE MAMPOSTERIA, VOLUMEN = 0.02756 M3 DE MORTERO

TIPO DE MORTERO	C.DIRECTO	P.TOTAL 23% INDIRECTOS
CA	\$ 1.94	\$ 2.38
C1	\$ 1.94	\$ 2.38
C2	\$ 2.19	\$ 2.69
C3	\$ 2.07	\$ 2.55
C4	\$ 1.98	\$ 2.43
C5	\$ 1.90	\$ 2.33

Tabla N° 34 Costo de materiales componentes del mortero de pega de mampostería, con un 23% de indirectos.

4.1.4 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS.

Se analiza el volumen de mortero necesario para poder confeccionar un m2 de mampostería, se calcula en base de un ladrillo de dimensiones largo de 0.28 m, alto de 0.08m y de profundidad 0.13 m, simulando a los mampuestos analizados anteriormente, el volumen de mortero por metro cuadrado (m2) de mamposteria es de 0.02756 m3 . Con este valor se puede establecer el costo de los materiales necesarios para poder elaborar un m2 de mamposteria, el costo directo se le aplica un 23% de indirectos para poder analizar el costo de los materiales con un presupuesto de la Camará de Construcción de Cuenca para una vivienda de 100 m2 ya que en dicho analisis se aplica este porcentaje al costo directo.

En este presupuesto se calcula que en la tipología de vivienda calculada se necesitan construir **168.02 m2** de mamposteria entre 114.93 m2 de mamposteria horizontal,50.49 m2 de mamposteria vertical y 2.66 m2 de mamposteria de bloque. En conclusión para el total de m2 de mamposteria se necesitan **4.63 m3** de mortero de pega. En el análisis presentado en la ilustración N° 37, se tiene un promedio de \$2.46, ver tabla N° 36, por cada m2 de mamposteria lo que nos da un indicador del costo de materiales de una casa de 100 m2 y con 168.02 m2 de mamposteria el costo total de los materiales del mortero de pega es de **\$413.33**, lo que indica que no es factor gravitante en los costos de una construcción de este tipo que asiende a , porque representa un **0.86%** del costo total de construcción de la vivienda analizada por la revista de la CCC cuyo costo total se presupuesta en \$47,828.53,ver anexos N°9, 10 Y 11.

Con las dosificaciones que se elaboraron los morteros ensayados se calcula el volumen y peso para poder obtener las cantidades necesarias de los materiales componentes del mortero para la elaboración de un m2 de mamposteria. Estos se detallan en la tabla N°37. (Proyecto de vivienda tipo unifamiliar de 100 m2., 2015.)

MATERIAL	UNIDAD	P.ESPECIFICO
CEMENTO	1,500.00	KG/M3
CAL	1,200.00	KG/M3
ARENA SECA	1,500.00	KG/M3

TABLA DE VOLUMEN Y PESO DE MATERIALES

COMPARATIVO DE COSTO DE MATERIALES PARA, ELABORAR 1 M2 DE MAMPOSTERIA, VOLUMEN = 0.02756 M3 DE MORTERO

CA	1-3	CANTIDAD EN M3	M3	KG
Cemento			0.01	10.34
Arena		0.02756	0.02	31.01

C1	1-3	CANTIDAD EN M3	DOSIF. M3	KG
Cemento			0.01	10.33
Arena		0.02756	0.02	31.01

C2	1-0.5-3.38	CANTIDAD EN M3	DOSIF. M3	KG
Cemento			0.01	8.47
Cal			0.00	3.39
Arena		0.02756	0.02	28.63

C3	1-0.75-4.38	CANTIDAD EN M3	DOSIF. M3	KG
Cemento			0.00	6.74
Cal			0.00	4.05
Arena		0.02756	0.02	29.54

C4	1-1-5.5	CANTIDAD EN M3	DOSIF. M3	KG
Cemento			0.00	5.51
Cal			0.00	4.41
Arena		0.02756	0.02	30.32

C5	1-1.25-6.75	CANTIDAD EN M3	DOSIF. M3	KG
Cemento			0.00	4.59
Cal			0.00	4.59
Arena		0.02756	0.02	31.01

MATERIAL	UNIDAD	P.UNIT
Cemento	KG	\$ 0.14
Cal	KG	\$ 0.16
Arena	M3	\$ 26.00

ESPONJAMIENTO 30%

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

COMPARATIVO DE COSTO DE MATERIALES PARA, ELABORAR 1 M2 DE MAMPOSTERIA, VOLUMEN = 0.02756 M3 DE MORTERO

CA	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT	TOTAL
Cemento	KG	10.34	\$ 0.14	\$ 1.40
Arena	M3	0.02	\$ 26.00	\$ 0.54
TOTAL NETO				\$ 1.94

C1	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT	TOTAL
Cemento	KG	10.33	\$ 0.14	\$ 1.40
Arena	M3	0.02	\$ 26.00	\$ 0.54
TOTAL NETO				\$ 1.94

C2	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT	TOTAL
Cemento	KG	8.47	\$ 0.14	\$ 1.15
Cal	KG	3.39	\$ 0.16	\$ 0.54
Arena	M3	0.02	\$ 26.00	\$ 0.50
TOTAL NETO				\$ 2.19

C3	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT	TOTAL
Cemento	KG	6.74	\$ 0.14	\$ 0.91
Cal	KG	4.05	\$ 0.16	\$ 0.65
Arena	M3	0.02	\$ 26.00	\$ 0.51
TOTAL NETO				\$ 2.07

C4	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT	TOTAL
Cemento	KG	5.51	\$ 0.14	\$ 0.75
Cal	KG	4.41	\$ 0.16	\$ 0.71
Arena	M3	0.02	\$ 26.00	\$ 0.53
TOTAL NETO				\$ 1.98

C5	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT	TOTAL
Cemento	KG	4.59	\$ 0.14	\$ 0.62
Cal	KG	4.59	\$ 0.16	\$ 0.73
Arena	M3	0.02	\$ 26.00	\$ 0.54
TOTAL NETO				\$ 1.90

Tabla N° 35 Análisis de cantidades de los materiales componentes del mortero de pega, para la elaboración de un m2 de mampostería.

CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

El estudio y los diferentes análisis que se realizaron en este estudio sobre el mortero de pega de mampostería usado en el cantón Cuenca, permite las siguientes conclusiones.

a) Los materiales constituyentes del mortero de pega con los que se cuentan en nuestra localidad, cumplen con los requisitos establecidos en las NTE INEN.

b) El diseño volumétrico del mortero de cemento-arena, que se emplea de forma generalizada en nuestras obras para pega de mampostería y que es más conocido como mortero común 1-3, tiene como propiedad más importante su resistencia a la compresión, su dosificación se le realiza volumétricamente sin tomar en cuenta factores que pueden presentarse en sus componentes, principalmente en el árido que en condiciones de obra puede presentar índices muy variables de humedad retenida y factor de esponjamiento porque en general están expuestos a la intemperie, afecta también el aplicarlo en iguales o similares condiciones utilizando diferentes mampuestos. Lo que lleva a tener problemas en el comportamiento de la mampostería, en la NTE INEN 2518. Se recomienda que la resistencia a la compresión del mortero no debería ser superior a la de los mampuestos, porque si se llegaría a producir fallas o fisuras en la mampostería, se esperaría que ésta se presente en el elemento de menos resistencia, cuando la falla o fisuras se da en el mortero de pega, su reparación es más fácil.

c) La falta de interés e investigación sobre el mortero en cualquiera de sus aplicaciones: pega, revoque o enlucido, relleno, reparación, etc. hace que se vuelva difícil su estudio y ensayo. Laboratorios locales, sean privados o institucionales, están dirigidos o cuentan con la instrumentación para ensayos especializados del hormigón y de los materiales que lo componen, al parecer el hormigón por su función

estructural, es continuamente monitoreado. Pero la nueva tendencia en nuestra localidad, país e incluso región, es el poder generar viviendas de interés social de muchas características como; las autosustentables, con reciclajes de materiales, construcciones realizadas por el usuario final o propietario, paneles para tabiquerías, nuevos mampuestos o piezas para mampostería, lo que nos lleva a reflexionar que es necesario el estudio, no sólo de algunos de los elementos mencionados anteriormente sino también a los productos complementarios que se usarían en la confección de los morteros de pega.

d) Se debe desarrollar investigación y desarrollo, de acuerdo a las necesidades y realidades de nuestra sociedad, generando normativa propia y no referenciar las normas de otros países que en su momento estudiaron y normaron estos materiales, pero que su realidad social e incluso económica ha hecho que sus sistemas constructivos sean completamente a los que usamos o conocemos como construcción tradicional en nuestro medio, es decir, no se puede esperar que normas extranjeras tengan parámetros a ser utilizados por nosotros en nuestro ejercicio diario, en el campo de la construcción.

e) Los morteros de cemento-arena mejoran considerablemente cuando se adiciona cal como componente del mortero. Así, en este estudio se analizan las propiedades en estado plástico y endurecido.

En estado plástico se mejoran propiedades que podemos cuantificar como el contenido de aire y el porcentaje de retención de agua es menor que el de los morteros de cemento y cualitativamente mejora la plasticidad y trabajabilidad de la mezcla.

En estado endurecido, los morteros de cemento estudiados tienen mejores en las pruebas de resistencia a la compresión que los que contienen cal en un curado de 28 días en agua, y cuando las muestras ensayadas, a modo de experimento, fueron retiradas del agua a los 7 días de curado y se ensayaron a los 14 y 35 días de edad, se observó una mejora en resistencia a compresión de los morteros que contienen cal y una tendencia a la baja o decrecimiento de la resistencia esperada en los morteros de cemento-arena. Este experimento se le realiza ya que la norma para el ensayo de cubos de mortero indica que

estén curados en agua los 28 días, pero en las prácticas se podía observar que los morteros con cal tenían resistencias bajas, el experimento consiste en permitir que la cal aporte a la mezcla resistencia a la compresión retirando las muestras del curado en agua, lo que permitiría la carbonatación de la cal por ser un material aéreo. Al permanecer dentro de agua el aporte de resistencia a la compresión lo hace solo el cemento ya que al ser un material hidráulico, éste puede fraguar o endurecerse bajo agua, este es una característica que se debe tener en cuenta, incluso dentro de las normas, ya que estas no contemplan el comportamiento o aporte de la cal como un material aéreo.

La retención de agua en las muestras en estado endurecido guardan las mismas características que en estado plástico, es decir, los morteros con cal pierden menos cantidad de agua que los morteros de cemento.

Por lo expuesto, se puede concluir que los morteros con adiciones de cal mejoran cuantitativamente y cualitativamente muchas propiedades en sus dos estados en comparación a los morteros de cemento-arena, como es el caso del mortero de pega de mampostería utilizado en el cantón Cuenca. La adición de cal como componente, no representa un costo mayor en la elaboración del mortero y la incidencia en el costo de construcción de una vivienda es mínima, como se demostró en el análisis de precios presentados en esta investigación.

f) Las principales recomendaciones para escoger un mortero de pega de mampostería, que se establece después de este estudio; es que la resistencia a la compresión de un mortero no es la principal característica que se debe tener en cuenta en el momento de la selección del tipo de mortero a ser utilizado en la confección de una mampostería porque este tiene muchas propiedades tanto en su estado plástico y endurecido, que son mucho más importantes como el contenido de aire, fluidez, retención de agua entre las más importantes. Además se tiene que conocer las características de los

mampuestos porque el comportamiento y calidad de una mampostería dependerá directamente de estos dos componentes, se debe conocer si la capacidad de absorción de agua que tienen los mampuestos, necesitan de un mortero que tenga mayor retención de agua por ejemplo y además, la resistencia individual del mampuesto no debe exceder a la del mortero, porque si el comportamiento de la mampostería confeccionada produce fisuras por cualquier defecto, sea este por construcción o por la calidad de sus componentes, la resistencia menor del mortero permitirá que las fisuras se presenten, es este componente y no en el mampuesto lo que facilitará su corrección y mantenimiento.

ANEXOS

		DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD		CODIGO: R.CM-7.1-08-01			
REPORTE DE CALIDAD DE PRODUCTO				REVISIÓN: 01			
				FECHA: 2014-01-02			
Información General							
Proveído Unión Cementos Nacional C.E.M. - Planta Guapán		Cliente que solicita:					
Dirección: Km 1-02 de Guapán - Azuay		Servicio al Cliente:					
Teléfono: 07 - 2246128 / 07 - 2596800		07 - 2598800 Ext. 263 / 271 / 278					
Producto: Cemento Portland Puzolánico. Tipo IP		01 al 28 de FEBRERO del 2015					
Período de validación:		Requisitos Obligatorios según Norma NTE INEN 490:2010 - Quinta revisión.					
7.1.1 Requisitos Químicos		7.1.2 Requisitos Físicos					
Propiedad	METODO	Unidad	Resultado	Propiedad	METODO	Unidad	Resultado
SiO ₂		%	N/A	Fluora (óxidos)	INEN 194	cm ³ /g	N/A
Al ₂ O ₃		%	N/A	Remisión en 45 un (No. 3.25)	INEN 367	%	N/A
Fe ₂ O ₃		%	N/A	Expansión en Auschwies	INEN 206	%	0,8 máx.
CaO		%	N/A	Comacción en Auschwies	INEN 206	%	0,2 máx.
MgO		%	0,0 máx.	Fraguado Inicial	INEN 198	minutos	45-120
SO ₃		%	4,0 máx.	Comienzo de aire en ambiente	INEN 196	%	12 máx.
Pérdida por calcinación		%	5,0 máx.	Comienzo sets en la funda	INEN 1902	kg	40-2-50,5
Resistencia		%	N/A				40,9
7.1.3 Requisitos especiales		7.1.3 Resistencia a la Compresión					
Propiedad	METODO	Unidad	Resultado	Período	METODO	Unidad	Resultado
Expansión libre de mortero (14 días)	INEN 867	%	0,02	3 Días	INEN 488	MPa	13,0 mín.
Expansión libre de mortero (8 semanas)	INEN 867	%	0,06	7 Días	INEN 488	MPa	20,0 mín.
Resistencia a sulfatos	INEN 2042	%	0,10 máx.	28 Días	INEN 488	MPa	25,0 mín.
Expansión a 168 días							34,25
7.1.3.3 PULVICINA: Requisitos Físicos							
		Remisión en 45 un (No. 3.25)		INEN 367		% 20 máx.	
		Índice de actividad pasiva		INEN 496		% 75 mín.	
El cemento portland puzolánico Tipo IP CUMPLE con las especificaciones de la NTE INEN 490 para cemento hidráulico compuesto.							
UCCM - PLANTA GUAMPAN MANTIENE VIGENTE EL CERTIFICADO DE CONFORMIDAD CON SELLO DE CALIDAD INEN							
Observaciones							
Los resultados de los análisis que se reportan corresponden al valor promedio obtenido en el periodo indicado, ensayado en muestras de tipo de cemento desechado por la Planta Guapán.							
Los resultados de los análisis químicos están calculados en porcentaje en peso.							
La resistencia a 28 días corresponde al promedio del mes anterior.							
Los ensayos de espesores de barra de muestra se realizan en referencia a las normas INEN NTE 1908 / INEN 202 / ASTM 1012 04.							
N/A No aplica							
INDI Resultado del ensayo para este periodo de producción no disponible							
Ing. Franklin Flores Jefe de Control de Calidad (C)						UNION CEMENTERA NACIONAL COMPAÑIA DE ECONOMIA MIXTA - PLANTA GUAMPAN	
Fecha de reporte:						16/03/2015	

ANEXO N° 1 Reporte de Calidad del cemento en saco, GUAPAN.

<h1 style="margin: 0;">Certificado de Producto</h1>		Revisión: 6	Coordinador Control de Calidad
Autor:	Técnico de Control de Calidad	Revisa:	Coordinador Control de Calidad
Aprueba:	Coordinador Control de Calidad	Fecha Reporte	02-04-2013
		Período de análisis	01-03-2013 a 01-04-2013







Cemento Hidráulico para Uso General Tipo GU

El Cemento Holcim Rocafuerte Tipo GU es un cemento hidráulico que se fabrica bajo la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2380. Esta norma establece los requisitos de desempeño que deben cumplir los cementos hidráulicos y los clasifica de acuerdo a sus propiedades específicas.

Especificaciones técnicas

Fecha Reporte	02-04-2013
Período de análisis	01-03-2013 a 01-04-2013

Requisitos Químicos

La composición química para el cemento no está especificada en la NTE INEN 2380, sin embargo los constituyentes individuales molidos y mezclados para producción son analizados.

Requisitos Físicos

INEN 2380	Valor
Cambio de longitud por autoclave, % máximo	0.80
Tiempo de fraguado, método de Vicat	
Inicial, no menos de, minutos	45
Inicial, no más de, minutos	420
Contenido de aire del mortero, en volumen, %	A
Resistencia a la Compresión, mínimo MPa	
1 día	A
3 días	13
7 días	20
28 días	28
Expansión en barras de mortero 14 días, % max.	0.02
	-0.001

NOTAS:

1. La información que consta en el certificado corresponde al promedio de los datos obtenidos en el período indicado. Los datos son del cemento típico despachado por Holcim; los despachos individuales pueden variar.
2. La resistencia a 28 días corresponde al promedio del mes anterior
3. (A) Límite no especificado por la NTE INEN 2380. Resultado reportado sólo como información.
4. (ND) Resultado del ensayo no disponible para el período de análisis indicado.

ALMACENAMIENTO:

Almacenar el cemento en ambientes ventilados, sin humedad y cambios bruscos de temperatura. Se recomienda acopios de no más de 10 sacos, aislados del suelo y separados de las paredes. Para cemento a granel se debe contar en obra con silos de al menos 30 toneladas (capacidad promedio de camiones graneleros).

Planta Latacunga

Barrio San Rafael Vía a San Juan

Servicio al cliente: 04-3709000

ANEXO N° 2 Certificado de producto, del cemento en saco, HOLCIM

Código de Muestra **CA** Fecha de confección 11 de mayo de 2015

Tipo de Mortero **Cemento- arena (1:3), con arena humeda**

Diseño Volumétrico

Material	Volumen	Unidad	Proporción
Cemento	333	cm ³	1
Arena	999	cm ³	3
Agua	50	gr	hasta obtener el % de fluidez requerido

Ensayos en estado Plástico

A) Ensayo de Fluidez

Descripción	Diámetro en cm
Diámetro inicial	7
Diámetro final	14.5

% fluidez **107.14%** norma (**110%+- 5%**)

B) Porcentaje de Aire **20 %**

C) Retención de Agua

Peso muestra 136.6 gr
 Peso final 134.4 gr
 Peso de agua extraída 2.2 gr

% agua **1.61%** (este ensayo se no se lo bajo norma por falta de equipos pero se lo práctica con un metodo que se lo explica en los anexos)

Ensayos en estado endurecido

D) Ensayos de Compresión cubos de 50x 50 x 50 ml

Resultados curado bajo agua

Edad de la muestra	Peso humedo (gr).	Peso después de secado 3horas (gr).	% perdida de agua/ peso muestra húmeda	Fecha ruptura	Resistencia kg/ cm ²
3	270.60	267.00	1.33%	14/05/2015	23.86
7	275.00	265.80	3.35%	18/05/2015	40.01
28	276.00	265.50	3.80%	08/06/2015	87.56

Resultados curado bajo agua durante siete dias, y luego 28 dias fuera del agua

Edad de la muestra	Peso humedo a los 7 dias	Peso seco	% retención de agua	Fecha ruptura	Resistencia kg/ cm ²
14	275	253.2	7.93%	01/06/2015	70.82
35	275	255.1	7.24%	15/06/2015	79.86

ANEXO N° 3 Ficha de ensayos de laboratorio del mortero tipo CA (cemento arena), condiciones de obra.

Código de Muestra **C1** Fecha de confección 11 de mayo de 2015

Tipo de Mortero **cemento-arena (1:3), con arena seca**

Diseño Volumétrico

Materiales	Volumen	Unidad	Proporción
Cemento	333	cm ³	1
Arena	1000	cm ³	3
Agua	400	gr	hasta obtener el % de fluidez requerido

Ensayos en estado Plástico

A) Ensayo de Fluidez

Descripción	Diámetro en cm
Diámetro inicial	7
Diámetro final	14.6

% fluidez **108.57%** norma (**110%+ 5%**)

B) Porcentaje de Aire

28 %

C) Retención de Agua

Peso muestra 133 gr
 Peso final 130.6 gr
 Peso de agua extraída 2.4 gr

% agua **1.80%** (este ensayo se no se lo bajo norma por falta de equipos pero se lo práctica con un metodo que se lo explica en los anexos)

Ensayos en estado endurecido

D) Ensayos de Compresión cubos de 50 x 50 x 50 milímetros

Resultados curado bajo agua

Edad de la muestra	Peso humedo (gr).	Peso después de secado 3horas (gr).	% perdida de agua/ peso muestra húmeda	Fecha ruptura	Resistencia kg/ cm ²
3	259.60	256.10	1.35%	14/05/2015	12.69
7	266.80	256.20	3.97%	18/05/2015	16.36
28	266.50	257.50	3.38%	08/06/2015	65.20

Resultados curado bajo agua durante siete dias, y luego 28 dias fuera del agua

Edad de la muestra	Peso humedo a los 7 dias	Peso seco	% retención de agua	Fecha ruptura	Resistencia kg/ cm ²
14	266.8	233.8	12.37%	01/06/2015	46.74
35	266.8	228.2	14.47%	15/06/2015	42.50

ANEXO N° 4 Ficha ensayos de laboratorio del mortero tipo C1 (cemento arena), condiciones de laboratorio.

Código de Muestra **C2** 1-1/2-2 1/4 Fecha de confección 5 de mayo de 2015

Tipo de Mortero **Cemento- Arena-masilla de Cal**

Diseño Volumétrico

Material	Volumen	Unidad	Proporción
Cemento	295.86	ml	1
Cal	147.93	ml	0.5
Arena	1000	ml	3.38
Agua	300	gr	hasta obtener el % de fluidez requerido

Ensayos en estado Plástico

A) Ensayo de Fluidez

Descripción	Diámetro en cm
Diámetro inicial	7
Diámetro final	14.5

% fluidez **107.14%** norma (**110%+- 5%**)

B) Porcentaje de Aire **8 %**

C) Retención de Agua

Peso muestra 122.8 gr
 Peso final 121.9 gr
 Peso de agua extraída 0.9 gr

% agua **0.73%** (este ensayo se no se lo bajo norma por falta de equipos pero se lo práctica con un metodo que se lo explica en los anexos)

Ensayos en estado endurecido

D) Ensayos de Compresión cubos de 50 x 50 x 50 milímetros

Resultados curado bajo agua

Edad de la muestra	Peso humedo (gr).	Peso de secado 3 horas (gr).	% perdida de agua/ peso muestra húmeda	Fecha ruptura	Resistencia kg/ cm2
3	257.80	254.70	1.20%	08/05/2015	9.18
7	251.20	248.70	1.00%	12/05/2015	35.20
28	258.80	254.50	1.66%	02/06/2015	62.35

Resultados curado bajo agua durante siete dias, y luego 28 dias fuera del agua

Edad de la muestra	Peso humedo a los 7 dias	Peso seco	% retención de agua	Fecha ruptura	Resistencia kg/ cm2
14	251.2	227	9.63%	25/05/2015	48.00
35	251.2	223.4	11.07%	08/06/2015	74.27

ANEXO N° 5 Ficha de ensayos de laboratorio del mortero tipo C2 (cemento, cal, arena), condiciones de laboratorio.

Código de Muestra	C3	Fecha de confección	5 de mayo de 2015
Tipo de Mortero	Cemento- Arena-masilla de Cal		
Diseño	Volumétrico		
Materiales	Volumen	Unidad	Proporción
Cemento	228.31	ml	1
Cal	171.23	ml	0.75
Arena	1000	ml	4.38
Agua	300	gr	

hasta obtener el % de fluidez requerido

Ensayos en estado Plástico

A) Ensayo de Fluidez

Descripción	Diámetro en cm
Diámetro inicial	7
Diámetro final	14.7

% fluidez **110.00%** norma (**110%+- 5%**)

B) Porcentaje de Aire 12 %

C) Retención de Agua

Peso muestra 102.8 gr
 Peso final 101.5 gr
 Peso de agua extraída 1.3 gr

% agua **1.26%** (este ensayo se no se lo bajo norma por falta de equipos pero se lo práctica con un metodo que se lo explica en los anexos)

Ensayos en estado endurecido

D) Ensayos de Compresión cubos de 50 x 50 x 50 milímetros

Resultados curado bajo agua

Edad de la muestra	Peso humedo (gr).	Peso de secado de 3horas (gr).	% retención de agua	Fecha ruptura	Resistencia kg/ cm2
3	251.70	248.70	1.19%	08/05/2015	9.99
7	258.70	254.40	1.66%	12/05/2015	19.24
28	253.10	249.70	1.34%	02/06/2015	51.20

Resultados curado bajo agua durante siete dias, y luego 28 dias fuera del agua

Edad de la muestra	Peso humedo a los 7 dias	Peso seco	% retención de agua	Fecha ruptura	Resistencia kg/ cm2
14	258.7	224	13.41%	25/05/2015	46.74
35	258.7	218.2	15.66%	08/06/2015	54.46

ANEXO N° 6 Ficha de ensayos de laboratorio del mortero tipo C3 (cemento, cal, arena), condiciones de laboratorio.

Código de Muestra **C4** Fecha de confección 5 de mayo de 2015

Tipo de Mortero **Cemento-Arena-masilla de Cal**

Diseño Volumétrico

Material	Volumen	Unidad	Proporción
Cemento	181.82	ml	1
Cal	181.82	ml	1
Arena	1000	ml	5.5
Agua	290	gr	hasta obtener el % de fluidez requerido

Ensayos en estado Plástico

A) Ensayo de Fluidez

Descripción	Diámetro en cm
Diámetro inicial	7
Diámetro final	14.4

% fluidez **105.71%** norma (**110%± 5%**)

B) Porcentaje de Aire **13 %**

C) Retención de Agua

Peso muestra 136.8 gr
 Peso final 135.2 gr
 Peso de agua extraída 1.6 gr

% agua **1.17%** (este ensayo se no se lo bajo norma por falta de e quipos pero se lo práctica con un metodo que se lo explica en los anexos)

Ensayos en estado endurecido

D) Ensayos de Compresión cubos de 50 x 50 x 50 milímetros

Resultados curado bajo agua

Edad de la muestra	Peso humedo (gr).	Peso después de secado 3horas (gr).	% retención de agua	Fecha ruptura	Resistencia kg/ cm2
3	242.60	239.50	1.28%	08/05/2015	13.00
7	251.30	247.70	1.43%	12/05/2015	16.56
28	254.70	251.00	1.45%	02/06/2015	53.00

Resultados curado bajo agua durante siete dias, y luego 28 dias fuera del agua

Edad de la muestra	Peso humedo a los 7 dias	Peso seco	% retención de agua	Fecha ruptura	Resistencia kg/ cm2
14	251.3	216.6	13.81%	25/05/2015	30.02
35	251.3	215.4	14.29%	08/06/2015	56.00

ANEXO N° 7 Ficha de ensayos de laboratorio del mortero tipo C4 (cemento, cal, arena), condiciones de laboratorio.

Código de Muestra **C5** Fecha de confección 5 de mayo de 2015

Tipo de Mortero **Cemento- Arena-masilla de Cal**

Diseño Volumétrico

Material	Volumen	Unidad	Proporción
Cemento	148.15	ml	1
Cal	185.19	ml	1.25
Arena	1000	ml	6.75
Agua	300	gr	hasta obtener el % de fluidez requerido

Ensayos en estado Plástico

A) Ensayo de Fluidez

Descripción	Diámetro en cm
Diámetro inicial	7
Diámetro final	14.9

% fluidez **112.86%** norma (**110%+- 5%**)

B) Porcentaje de Aire **10 %**

C) Retención de Agua

Peso muestra 113.5 gr
 Peso final 112.4 gr
 Peso de agua extraída 1.1 gr

% agua **0.97%** (este ensayo se no se lo bajo norma por falta de equipos pero se lo práctica con un metodo que se lo explica en los anexos)

Ensayos en estado endurecido

D) Ensayos de Compresión cubos de 50 x 50 x 50 milímetros

Resultados curado bajo agua

Edad de la muestra	Peso humedo (gr).	Peso después de secado 3horas (gr).	% retención de agua	Fecha ruptura	Resistencia kg/ cm2
3	252.69	249.10	1.42%	08/05/2015	11.01
7	254.50	251.10	1.34%	12/05/2015	38.10
28	251.60	247.50	1.63%	02/06/2015	48.00

Resultados curado bajo agua durante siete dias, y luego 28 dias fuera del agua

Edad de la muestra	Peso humedo a los 7 dias	Peso seco	% retención de agua	Fecha ruptura	Resistencia kg/ cm2
14	254.5	225	11.59%	25/05/2015	30.02
35	254.5	214.7	15.64%	08/06/2015	53.85

ANEXO N° 8 ficha de ensayos de laboratorio del mortero tipo C5 (cemento, cal, arena), condiciones de laboratorio.

ANEXOS DE ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS.

Año 2015



CÁMARA DE LA
CONSTRUCCIÓN
DE CUENCA

CÁMARA DE LA CONSTRUCCIÓN DE CUENCA

PROYECTO DE VIVIENDA TIPO UNIFAMILIAR DE 100 m²

Oferente: REFERENCIAL
Ubicación: Sector Urbano
Fecha: Abril de 2015

PRESUPUESTO					
RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1 OBRAS PRELIMINARES					
1.01	Limpieza del terreno	m ²	100.00	2.55	255.00
1.02	Replanteo de vivienda	m ²	55.15	1.93	106.44
2 CIMENTACIÓN					
2.01	Excavación a mano en suelo sin clasificar, profundidad entre 0 y 2m	m ³	15.31	11.78	180.35
2.02	Relleno compactado con material de reposición (plancha vibratoria)	m ³	1.95	23.01	44.87
2.03	Relleno compactado con material de sitio (plancha vibratoria)	m ³	2.54	10.13	25.73
2.04	Cargada de material a mano	m ³	19.91	5.50	109.51
2.05	Desalzo de material hasta 5 km	m ³	19.91	4.03	80.24
2.06	Hormigón simple f' <= 210 kg/cm ² para fundido de zapatas (no incluye encofrado)	m ³	6.27	138.75	869.96
2.07	Encofrado recto	u	0	9.10	0
2.08	Alero de refuerzo (incluye corte y doblado)	kg	711.38	2.46	1749.99
3 ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO					
3.01	Hormigón simple f' <= 210 kg/cm ² para cadenas (incluye encofrado)	m ³	2.54	223.05	566.55
3.02	Hormigón simple f' <= 210 kg/cm ² columnas de hormigón (incluye encofrado)	m ³	3.97	269.04	1068.09
3.03	Hormigón simple f' <= 210 kg/cm ² en vigas (no incluye encofrado)	m ³	6.8	168.45	1145.46
3.04	Losa de hormigón f' <= 210 kg/cm ² (aliviada bidireccional, con bloque)	m ²	45.97	29.66	1363.47
3.05	Suministro y colocación de malla electrosoldada (15x15cm, d=5.5mm) para losa	m ²	43.67	5.08	221.84
3.06	Encofrado de losa para hormigón armado	m ²	43.67	11.88	518.80
3.07	Encofrado recto	m ²	22.28	9.10	202.75
3.08	Hormigón simple f' <= 180 kg/cm ² (mesón de cocina e=6cm)	m ²	1.68	9.33	15.67
3.09	Hormigón simple f' <= 210 kg/cm ² para fundido de escaleras (no incluye encofrado)	m ³	1.06	170.64	180.88
3.10	Alero de refuerzo (incluye corte y doblado)	kg	3083	2.46	7584.18
4 MAMPOSTERÍA, ENLUCIDOS Y CONTRAPIOS					
4.01	Replanteo de piedra de 15 cm (emporado con grava)	m ²	39.11	8.75	342.21
4.02	Colocación de malla tipo R 84	m ²	67.54	2.93	197.89
4.03	Losa de hormigón simple (e= 7cm, f' <= 180 kg/cm ²)	m ²	71.09	11.13	791.23
4.04	Alisado de piso	m ²	85.08	3.89	330.96
4.05	Mampostería de ladrillo horizontal	m ²	114.93	23.98	2756.02
4.06	Mampostería de ladrillo vertical	m ²	50.49	16.84	850.25
4.07	Mampostería de bloque de 10 x 20 x 40 cm	m ²	2.66	15.47	41.15
4.08	Recubrimiento de piedra vista	m ²	7.59	43.25	328.27
4.09	Lagrimeros de ladrillo de obra, enlucido y pintado andrós= 30cm	m	3.2	9.88	31.62
4.10	Enlucido (mortero cemento arena 1-3)	m ²	242.74	8.46	2053.58
4.11	Enlucido de filos (mortero cemento arena 1-3)	m	54.83	3.55	194.65
4.12	Empastado con carbonato sobre enlucido (2 manos) interior	m ²	205.97	5.01	1031.91
4.13	Preparado y pintado de superficie (pintura satinada)	m ²	205.97	4.45	916.57
4.14	Piso de cerámica interiores	m ²	6.9	21.05	145.25
4.15	Piso de cerámica exteriores	m ²	31.98	18.11	579.16

27

ANEXO N° 9 Análisis de precios unitarios para un proyecto de vivienda unifamiliar de 100 m², boletín técnico, abril 2015 año 30 n°1, Cámara de Construcción de Cuenca. (1/3).

Boletín Técnico

PRESUPUESTO					
RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
4.16	Piso de porcelanato 43.1 x 43.1 cm	m ²	24.42	27.02	659.83
4.17	Suministro y colocación de cerámica en pared	m ²	42.25	18.56	784.16
4.18	Suministro y colocación de piso flotante	m ²	49.78	18.99	945.32
4.19	Lavandería (incluye llave de chorro)	u	1	135.04	135.04
5	INSTALACIONES HIDROSANITARIAS				2381.42
5.01	Punto de agua fría (PVC de 1/2")	pto	13	23.92	310.96
5.02	Punto de agua caliente (PVC de 1/2")	pto	7	32.75	229.25
5.03	Punto de desagüe PVC de 50mm	pto	8	20.15	161.20
5.04	Punto de desagüe PVC de 110mm	pto	3	52.21	156.63
5.05	Suministro e instalación de tubería PVC 110mm (desagüe principal)	m	18.97	5.00	94.85
5.06	Suministro e instalación de trampilla de 2"	u	3	6.85	20.55
5.07	Suministro e instalación de lavamanos con pedestal, color beige para baño	u	2	130.50	261.00
5.08	Suministro e instalación de lavamanos blanco para baño	u	1	95.23	95.23
5.09	Suministro e instalación de inodoro blanco	u	1	109.45	109.45
5.10	Suministro e instalación de inodoro beige	u	2	121.25	242.50
5.11	Accesorios para baño	jgo	3	30.89	92.67
5.12	Grifería para ducha (incluye ducha teléfono)	u	2	30.89	92.67
5.13	Grifería para fregadero	u	1	70.15	70.15
5.14	Fregadero de acero inoxidable de un pazo, con escurridera	u	1	81.57	81.57
5.15	Suministro e instalación de caja para medidor de agua	u	1	24.36	24.36
5.16	Suministro e instalación de válvula check d=1/2"	u	1	11.89	11.33
5.17	Caja de revisión 50 x 50 x 50 cm (interior)	u	2	72.98	145.96
6	INSTALACIONES ELECTRICAS				1335.31
6.01	Poltubo en losa d =34"	m	13.76	0.63	8.67
6.02	Suministro e instalación de toma corriente ooble	pto	16	25.88	414.08
6.03	Suministro e instalación de interruptor ooble y focos	pto	12	51.14	613.68
6.04	Suministro e instalación de conmutador	pto	1	48.78	48.78
6.05	Suministro e instalación de caja para medidor de luz	u	1	65.45	65.45
6.06	Suministro e instalación de timbre	pto	1	52.36	52.36
6.07	Instalación de una línea telefónica	u	2	17.14	34.28
6.08	Suministro e instalación de centro de distribución (4 salidas)	u	1	98.01	98.01
7	CARPINTERIA DE MADERA				5138.97
7.01	Puerta de madera interior 0.90 con cerradura	u	4	175.35	701.40
7.02	Puerta de madera interior 0.70 con cerradura	u	3	168.99	506.97
7.03	Puerta de madera con cerradura (puerta principal)	u	1	269.25	269.25
7.04	Suministro e instalación de rastreas de MDF de 12cm	m	94.86	5.88	557.78
7.05	Muebles de cocina inferiores acabados en duraplac	m	2.4	180.13	432.31
7.06	Muebles de cocina superiores acabados en duraplac	m	2.4	178.65	428.76
7.07	Coset de madera	m	6.9	325.00	2242.50
8	CUBIERTAS				5539.97
8.01	Estructura metálica perfil laminado	kg	686.88	3.01	2067.51
8.02	Cubierta de fibrocemento 2 caldas	m ²	48.73	10.99	535.54
8.03	Preparado y pintado de cubierta	m ²	48.73	3.79	184.69
8.04	Cubierta de teja (sin estructura)	m ²	48.73	21.56	1050.62
8.05	Cumbrero de teja artesanal y montero 1:3	m	6.45	9.25	59.66
8.06	Suministro e instalación de canales zinc (trapezoid)	m	12.9	10.25	132.23
8.07	Bajantes de zinc	m	20	12.25	245.00

ANEXO N° 10 Análisis de precios unitarios para un proyecto de vivienda unifamiliar de 100 m², boletín técnico, abril 2015 año 30 n°1, Cámara de Construcción de Cuenca. (2/3).

Año 2015

PRESUPUESTO					
RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
8.08	Enlucido de alero (suministro de malla)	m ²	0	25.15	0.00
8.09	Suministro y colocación de cielo raso	m ²	94.15	9.87	929.26
8.10	Enlucido (mortero cemento arena 1-3) tumbado exterior	m ²	27.57	9.12	251.44
8.11	Viga de madera tratada, láca 3 manos	m	3	28.01	84.03
9	ALUMINIO Y VIDRIO				2022.19
9.01	Ventanas de aluminio corretriz sin protección con vidrio claro de 4 mm	m ²	15.11	85.19	1287.22
9.02	Pasamanos de hierro h=0.92 m, tubos 1 1/2" y 1" x 1"	m	2.55	48.24	123.01
9.03	Puerta corretriz aluminio natural vidrio claro 6mm	m ²	6.9	88.69	611.96
10	INSTALACIONES DE GAS				124.44
10.01	Suministro colocación tubería 3/8" cobre	m	12	10.37	124.44
11	CERRAMIENTO				1591.39
11.01	Mampostería de ladrillo horizontal	m ²	33.24	23.98	797.10
11.02	Enlucido (mortero cemento arena 1-3)	m ²	33.24	8.46	281.21
11.03	Pintado (dos manos)	m ²	33.24	4.64	154.23
11.04	Hormigón simple f' c=210 kg/cm ² columnas de hormigón (incluye encofrado)	m ³	0.11	269.04	29.59
11.05	Hierro de refuerzo	kg	10.8	2.46	26.57
11.06	Cimiento de piedra mortero 140 kg/cm ²	m ³	3.32	91.17	3012.68
12	OBRAS FINALES				290.00
12.01	Limpieza final de la obra	m ²	100	2.90	290.00
TOTAL					\$ 47,828.53

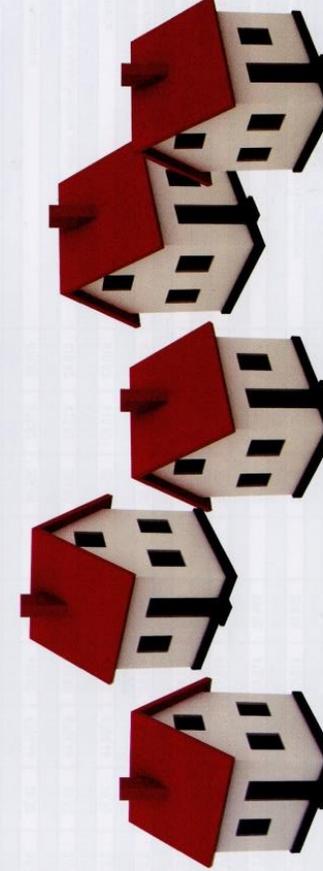
COSTO POR m² DE CONSTRUCCIÓN (23% INDIRECTOS)

478.29

COMPONENTES PRINCIPALES

#	DESCRIPCIÓN	COSTO DIRECTO	%
1	Equipo/herramienta	\$ 1230.05	3.34
2	Materiales	\$ 24030.25	65.25
3		\$ 11567.67	31.41
	TOTAL	\$ 38827.97	100.00

NOTA: En el cálculo del precio de construcción por m², se considera el costo total con un porcentaje de indirectos del 23% (No se incluye el costo del terreno ni las obras de urbanización).



ANEXO N° 11 Análisis de precios unitarios para un proyecto de vivienda unifamiliar de 100 m², boletín técnico, abril 2015 año 30 n°1 , Cámara de Construcción de Cuenca. (3/3).

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Clasificación de los morteros según fluidez, ASOCRETO, Manejo y Colocación en Obra, Tomo II, 2011.....	18
Tabla N° 2 Guía de selección de morteros para mampostería NTE INEN 2518.	19
Tabla N° 3 Especificación por propiedades, requisitos NTE INEN 2518.	20
Tabla N° 4 Especificación por dosificación. Requisitos, NTE INEN 2518.....	21
Tabla N° 5 Composición química de la cal hidratada para construcción. NTE INEN 0246.2010.	22
Tabla N° 6 Límites granulométricos del árido para el uso en mortero para mampostería. NTE INEN 2536-2010.....	23
Tabla N° 7 Sustancias perjudiciales, NTE INEN 2536-2010.	23
Tabla N° 8 Especificación de límites para análisis de agua para obras con hormigón en masa y armado,	24
Tabla N° 9 Tabla de tipos de cemento (tomada de Consejos prácticos del hormigón, manual de Pepe Hormigón, del INECYC).	25
Tabla N° 10 Clasificación de áridos por el tamaño de sus partículas. Tecnología del concreto, tomo 1, tabla 5.2.....	31
TABLA N° 11 especificaciones por dosificación del mortero TIPO N.....	33
Tabla N° 12 Diseño de mortero por volumen, con árido seco.	34
Tabla N° 13 Diseño volumétrico para morteros de cemento.	34
Tabla N° 14 Diseño de morteros con adiciones de cal.....	35
Tabla N° 15 Índices de Fluidez del mortero para mampostería NTC 111.....	35
Tabla N° 16 Clasificación del mortero según consistencia en estado fresco. Tecnología del concreto, tomo 2, tabla 2.6	36
Tabla N° 17 Requisitos de resistencia mecánica y absorción de la humedad que debe cumplir los ladrillos cerámicos. NTE INEN 0297-1978.....	41
Tabla N° 18 Requisitos de resistencia a la compresión que deben cumplir los bloques huecos de hormigón. NTE INEN 0639-2012.	41
Tabla N° 19 Análisis químico de muestras de cal hidratada en el refractómetro de rayos X.	46
Tabla N° 20 Resumen del análisis químico de muestra de cal y resumen de resultados, en refractómetro de rayos X.	47

Tabla N° 21 Análisis químico de muestras calcinada, de cal hidratada en el refractómetro de rayos X.....	48
Tabla N° 22 Análisis químico de muestra calcinada, de cal hidratada y resumen de resultados, en refractómetro de rayos X.....	49
Tabla N° 25 Granulometría del árido y comparación con la norma NTE INEN 2536-2010.....	53
Tabla N° 26 Porcentaje de hinchamiento y corrección de volumen de arena húmeda.....	56
Tabla N° 27 Nomenclatura asignada a los morteros de cemento-arena.....	57
Tabla N° 28 Nomenclatura asignada a los morteros de cemento-cal-arena.....	57
Tabla N° 29 Resultados de ensayo de fluidez.....	58
Tabla N° 30 Resultados de ensayo de Contenido de aire.....	59
Tabla N° 31 Resultados de ensayo para determinar la capacidad de soltar el agua de mezcla del mortero.....	60
Tabla N° 32 Resultados del Ensayo de resistencia a la compresión $f'c$	63
Tabla N° 33 Porcentaje de agua que libera un cubo de 50mm de mortero en un periodo de tres horas.....	64
Tabla N° 34 Resultados del ensayo de velocidad inicial de absorción.....	66
Tabla N° 35 Resultados del ensayo de resistencia a compresión de mampuestos.....	67
Tabla N° 36 Costo de materiales componentes del mortero de pega de mampostería, con un 23% de indirectos.....	81
Tabla N° 37 Análisis de cantidades de los materiales componentes del mortero de pega, para la elaboración de un m ² de mampostería.....	82

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN N° 1 Ciclo de la cal, tomada de morteros de cal. aplicación en el patrimonio histórico. (Callaza Vázquez, 2002)	28
ILUSTRACIÓN N° 2 Ensayo de fluidez, tomada de GUÍA PRÁCTICA. Morteros de pega para muros de mampostería.....	36
ILUSTRACIÓN N° 3 Contenido de aire, tomado de GUIA PRÁCTICA.....	37
ILUSTRACIÓN N° 4 Contenido de aire NTC 1028, tomado de GUIA PRÁCTICA. Morteros de pega para muros de mampostería.	38
ILUSTRACIÓN N° 5 Retención de agua ASTM 91, tomado de GUIA PRÁCTICA. Morteros de pega para muros de mampostería.	39
ILUSTRACIÓN N° 6 Prueba de la velocidad inicial de absorción del ladrillo. Tomado de GUIA PRÁCTICA. Morteros de pega para muros de mampostería.	42
ILUSTRACIÓN N° 7 Elaboración de muestra a ser analizada en el refractómetro de rayos X.	44
ILUSTRACIÓN N° 8 Método de dispersión de Cal.....	52
ILUSTRACIÓN N° 9 Proceso de obtención de la granulometría del árido	53
ILUSTRACIÓN N° 10 Ensayo de impurezas orgánicas	54
ILUSTRACIÓN N° 11 Método para calcular el hinchamiento del árido	55
ILUSTRACIÓN N° 12 dosificación volumétrica de morteros.	58
ILUSTRACIÓN N° 13 Ensayo para determinar la fluidez de la pasta de mortero.....	59
ILUSTRACIÓN N° 14 Ensayo para determinar el contenido de aire en morteros	60
ILUSTRACIÓN N° 15 copa con tronera y bomba manual de succión	61
ILUSTRACIÓN N° 16 Ensayo de resistencia a compresión.....	62
ILUSTRACIÓN N° 17 mampuestos usados en nuestro medio, prueba de velocidad de absorción inicial.....	65
ILUSTRACIÓN N° 18 Ensayo de resistencia a compresión del mampuesto.....	66
ILUSTRACIÓN N° 19 Análisis del contenido de aire en morteros ensayados, estado plástico	68
ILUSTRACIÓN N° 20 Análisis del ensayo de retención de agua, estado plástico.....	69
ILUSTRACIÓN N° 22 Resistencias a la compresión del mortero de cemento-arena C1, dosificación volumétrica con árido seco.....	71
ILUSTRACIÓN N° 21 Resistencias a la compresión del mortero de cemento-arena CA, dosificación volumétrica con árido en condiciones de obra.....	71
ILUSTRACIÓN N° 24 Resistencias a la compresión del mortero C3 de cemento-cal-arena, dosificación volumétrica con árido seco.....	72
ILUSTRACIÓN N° 23 Resistencias a la compresión del mortero de cemento-cal-arena C2, dosificación volumétrica con árido seco.....	72

ILUSTRACIÓN N° 26 Resistencias a la compresión del mortero de cemento-cal-arena C5, dosificación volumétrica con árido seco.....	73
ILUSTRACIÓN N° 25 Resistencias a la compresión del mortero de cemento-cal-arena C4, dosificación volumétrica con árido seco.....	73
ILUSTRACIÓN N° 27 Comparación de resistencia a la compresión, $f'c$, del mortero CA y C1 (curado en agua 28 días) y de CA° y C1° (curado en agua 7 días).....	74
ILUSTRACIÓN N° 28. Comparación de resistencia a la compresión, $f'c$, del mortero C2 (curado en agua 28 días) y de C2° (curado en agua 7 días).....	75
ILUSTRACIÓN N° 29. Comparación de resistencia a la compresión, $f'c$, del mortero C3 (curado en agua 28 días) y de C3° (curado en agua 7 días).....	75
ILUSTRACIÓN N° 31 Comparación de resistencia a la compresión, $f'c$, del mortero C5 (curado en agua 28 días) y de C5° (curado en agua 7 días).....	76
ILUSTRACIÓN N° 30 Comparación de resistencia a la compresión, $f'c$, del mortero C4 (curado en agua 28 días) y de C4° (curado en agua 7 días).....	76
ILUSTRACIÓN N° 33 Análisis de la resistencia a compresión ($f'c$) de los morteros en estudio, con un periodo de tiempo de siete días de curado en agua.....	77
ILUSTRACIÓN N° 34 Cuadro de retención de agua en cubos de mortero endurecido en diferentes periodos de tiempo.....	78
ILUSTRACIÓN N° 35, Absorción de agua en diferentes mampuestos utilizados en la ciudad de Cuenca.....	79
ILUSTRACIÓN N° 36 Análisis de la resistencia a compresión $f'c$, de mampuestos utilizados en el cantón Cuenca.....	80
ILUSTRACIÓN N° 37 CALCULO DE VOLUMEN DE MORTERO PARA UN M2 DE MAMPOSTERIA DE LADRILLO	81

BIBLIOGRAFÍA

- Ashurst, J. 1990.** *"Mortars for stone buildings"*. s.l. : Conservation of Building and decorative stone. Vol 2 pp.78-96, 1990.
- ASOCRETO. 2011.** *Manejo y Colocación en Obra, Tomo II.* Bogotá, D.C. : Legis S A., 2011.
- Callaza Vázquez, Olga. 2002.** *MORTEROS DE CAL. APLICACIÓN EN EL PATRIMONIO HISTÓRICO.* UNIVERSIDAD DE GRANADA. GRANADA : DEPARTAMENTO DE MINERALOGIA Y PETROLOGÍA, 2002. TESIS DOCTORAL.
- Chatterji, S. 1995.** *"Mechanism of expansion of concrete due to the presence of dead-burnt Cao and MgO"*. s.l. : Cement and Concrete Research. Vol 25 n°1,pp: 51-56, 1995.
- Frederick, S. Merritt- Jonathan T. Ricketts. 1997.** *Manual integral para diseño y construcción, tomo 1, quinta edición.* Santafé de Bogotá, D.C. : Mc Graw Hill, 1997.
- INECYC, Instituto Ecuatoriano del cemento y concreto. 2007.** *Consejos prácticos sobre el hormigón, El manual de Pepe Hormigón.* Quito : INECYT y APRHOPEC (Asociación de productores de hormigón premezclado del Ecuador, 2007.
- Les motiers anciens. Histoire et essais d'analyse scientifique.* **Furlan, v. y bissegger,P. 1975.** 1975, Revue suisse d'Art et d'Archéologie, págs. 1-14. Citado en la tesis de Cazalla Vázquez Olga.
- LIME.* **Watkins, K.W. 1983.** 1983, Journal of Chemical Education, págs. 60-63. Citado en la tesis de Cazalla Vázquez Olga.
- Lynch, G. 1998.** *"Lime mortars for brickwork: traditional practice and modern misconception-pat one"*. s.l. : Journal of Architectural Conservation N°1,pp 7-20, 1998.
- NTE INEN 2 518. 2010.** *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA.* QUITO-ECUADOR : INEN, 2010.
- NTE151. 2010.** *NTE INEN 151:2010.* QUITO-ECUADOR : INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, 2010.
- Papadakis, G.V. y Vayenas, C.G. and Fardis. 1991.** *Fundamental modeling and experimental investigation of concrete carbonation.* s.l. : ACI materials Journal pp 363-373, July-August, 1991.

Production and use of lime in the developing countries. **Bessey, G.E. 1975.** N°161, 1975, Overseas Building Note 161, Building Research Station, págs. 31-47. Citado en la tesis de Cazalla Vázquez Olga.

Proyecto de vivienda tipo unifamiliar de 100 m². **Cámara., de la Construcción de Cuenca. 2015.** 1, Cuenca. : Cámara de la Construcción de Cuenca., 2015., Vol. Año 30.

Salazar Jaramillo, Alejandro. 2000. *GUÍA PRÁCTICA. MORTEROS DE PEGA PARA MUROS DE MAMPOSTERÍA.* Santiago de Cali : Facultad de Ingenierías de la Universidad del Valle, 2000.

San Bartolomé, Ángel & Quiun, Daniel & Silva, Wilson. 2011. *Diseño y construcción de estructuras sismoresistentes de albañilería.* Lima, Perú : Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2011.

Sánchez de Guzmán, Diego. 2001. *TECNOLOGÍA DEL CONCRETO Y MORTERO.* Santa Fé de Bogotá. D.C.-Colombia : Bhandar Editores Ltda., 2001.

—. **2001.** *TECNOLOGÍA DEL CONCRETO Y MORTERO.* Santa Fé de Bogotá. D.C.-Colombia : Bhandar Editores Ltda., 2001.