

UNIVERSIDAD DE CUENCA

MAESTRÍA EN CONSTRUCCIONES

SEGUNDA COHORTE

**“ELABORACIÓN DE BLOQUES CON SÍLICE PARA
MAMPOSTERÍA NO PORTANTE”.**

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

AUTOR: ARQ. OMAR FLORENCIO CALLE ULLAURI

DIRECTOR: ING. PhD. JAIME BOJORQUE IÑEGUEZ

Cuenca, Diciembre 2015

RESUMEN

La investigación planteada en el presente documento está enfocada en la utilización de un nuevo material de construcción con la aplicación de sílice de la región austral del Ecuador. En la ciudad de Cuenca existen grandes depósitos de puzolana que contiene un alto porcentaje de sílice, por ejemplo, en el sector de Llacao, que también serán utilizados dentro del proceso de investigación.

Se elaboraron bloques con sílice de similares dimensiones de uso común en el país, por lo cual se realizaron inicialmente varios ensayos con la finalidad de obtener la dosificación correcta para fabricar un bloque tipo que servirá para la construcción de mampostería no portante.

Una vez concluido los ensayos en el laboratorio se obtuvo como resultados una resistencia promedio de 229 kg/cm^2 , lo que permite ser utilizados en el sector de la construcción de nuestra región.

El ahorro de energía en la fabricación de este nuevo material es un aspecto importante, debido a que la máxima temperatura que se somete esta entre $200 - 250^\circ\text{C}$ (vapor recalentado), muy bajo con respecto a los 750°C que alcanzan los hornos de ladrillo convencional. Además, al quemar un ladrillo con carbón mineral, se produce CO_2 , al contrario se evita en este proceso, lo cual implica que este nuevo bloque es ecológico.

Siempre es valiosa la búsqueda de nuevos materiales, y tratar de aprovechar al máximo sus propiedades físicas y químicas, de esta manera tener un campo más amplio de opciones en el segmento de materiales para la construcción, de allí surge la importancia de probar con el sílice en esta investigación.

Palabras Clave: Puzolana, Bloques con sílice, ensayos, dosificación, mampostería no portante, contaminación.

Abstract

The research proposed in this document emphasizes the use of a new building material Silica, applicable in the southern region of Ecuador. In the city of Cuenca there are vast of pozzolan deposits containing a high percentage of silica, as in the Llacao sector, which will also be included in the research.

Silica blocks are made of similar dimensions commonly used in this country. Several tests were initially conducted, in order of obtaining the correct amount of materials (silica) to produce a prototype block. Such block will be used to construct non-bearing masonry.

Once testing was completed, the laboratory results reflected an average strength of 229 kg/cm², promoting its use in the construction industry within our region.

Energy savings in the manufacture of this new material is an important aspect because the maximum temperature which it undergoes between 200 - 250°C (superheated steam) very low with respect to the 750°C that reaches conventional brick ovens. Also by burning a brick with coal CO₂ is produced; on the contrary is avoided in this process which means that this new block is ecological.

It is always feasible to search new types of materials, in order to maximize their physical and chemical properties, so that you ultimately have a wider range of options in the selection of building materials; hence the importance of these type of research such as the material silica in this project.

Keywords: Pozzolan, silica blocks, tests, amounts, non-bearing masonry, pollution.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1. LINEAMIENTOS

1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.5 HIPÓTESIS.....	3
1.6 METODOLOGÍA.....	3
1.7 SUMARIO.....	3

CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE

2.1 INTRODUCCIÓN.....	4
2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS PIEZAS DE MAMPOSTERÍA.....	4
2.3 ESTADO DEL ARTE EN LAS UNIDADES SÍLICO-CALCÁREAS.....	5
2.3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	5
2.3.2 CLASIFICACIÓN.....	5
2.3.2.1 Piedra Artificial de Cal.....	6
2.3.2.2 Unidades Sílico-Calcáreo.....	6
2.3.3 PROPIEDADES.....	7
2.3.4 ENSAYOS.....	7
2.3.4.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	7
2.3.4.2 ABSORCIÓN DE AGUA.....	8
2.3.5 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA UTILIZADA.....	8
2.3.5.1 GENERALIDADES.....	8
2.3.5.2 LOCALIZACIÓN 1.....	8
2.3.5.2.1 GEOMORFOLOGÍA.....	9
2.3.5.3 LOCALIZACIÓN 2.....	10

2.3.5.3.1 GEOMORFOLOGÍA.....	10
------------------------------	----

CAPITULO 3. ELABORACIÓN DEL BLOQUE

3.1 INTRODUCCIÓN.....	12
3.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES A UTILIZAR.....	13
3.2.1 SÍLICE. DESCRIPCIÓN COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN.....	13
3.2.2 LA CAL. DESCRIPCIÓN COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN.....	15
3.2.3 EL AGUA CARACTERÍSTICAS.....	16
3.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE BLOQUES.....	17
3.3.1 ESTUDIO EXPERIMENTAL.....	17
3.4 ELABORACIÓN DE MURETES.....	27
3.5	29

CAPITULO 4. CONCLUSIONES Y RECONEMDACIONES

4.1 CONCLUSIONES.....	30
4.2 RECOMENDACIONES.....	31

ANEXOS.....	32
-------------	----

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Yo, Omar Florencio Calle Ullauri, autor de la tesis "ELABORACIÓN DE BLOQUES CON SÍLICE PARA MAMPOSTERÍA NO PORTANTE" 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, Diciembre del 2015



Omar Florencio Calle Ullauri
C.I: 0103922100

Omar Florencio Calle Ullauri, autor de la tesis "ELABORACIÓN DE BLOQUES CON SÍLICE PARA MAMPOSTERÍA NO PORTANTE", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, Diciembre del 2015



Omar Florencio Calle Ullauri
C.I. 0103922100

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida. El esfuerzo desplegado durante estos años han sido el reflejo del apoyo incondicional de una gran mujer para ti, Tania Molina, te dedico el mejor trabajo que demuestra el culmino de esta etapa de mi carrera profesional. Karina María y Omar Andrés, les entrego esta investigación para que sea el primer paso para demostrarles que nunca es tarde para empezar. Nelly Calle, tu ejemplo demostrado a través de estos años han dado fruto, el cual está reflejado en este presente trabajo de investigación. Tarquino Punín, tus enseñanzas, tu tiempo fueron bien invertidos y son retribuidos con este presente. Miguel Molina y Yolanda Lituma, la motivación constante, el cariño y respeto que he recibido de su parte me ha estimulado para seguir superándome.

“ELABORACIÓN DE BLOQUES CON SÍLICE PARA MAMPOSTERÍA NO PORTANTE”

CAPÍTULO 1. LINEAMIENTOS

Entonces se inicia este capítulo con la introducción, luego se revisa el Planteamiento del problema que consta en su identificación, formulación y delimitación; para continuar analizando los objetivos de la investigación tanto generales como específicos para concluir con la justificación, hipótesis y metodología.

1.1 INTRODUCCIÓN

El presente estudio investiga la elaboración de bloques cuya materia prima será el Sílice como material de agregado, conjuntamente con un aglomerante de cal; para su utilización dentro del proceso constructivo de mamposterías de viviendas. Entendiendo el sílice como un material muy duro que se encuentra en casi todas las rocas. El sílice está compuesto de un átomo de silicio y dos átomos de oxígeno (SiO_2), es el elemento principal de la arena, arenisca, cuarcita, granito, etc.

Para lograr este fin se realizará una investigación sobre los diferentes tipos de sílice que se podrían encontrar en la ciudad de Cuenca; una vez identificada la materia prima se procederá a establecer que tipos de sílice son los adecuados para ser utilizados a través de laboratorio; adicionalmente se tendrá que identificar un proceso de obtención de la materia prima acorde a las exigencias del proceso de elaboración de los diferentes prototipos, con la finalidad de obtener parámetros que servirán para el diseño de las mezclas.

Identificado las materias primas adecuadas y acorde a las exigencias del proceso se ensayaran las mismas dentro del laboratorio de suelos de la Universidad de Cuenca, para comprobar y verificar sus potencialidades, lo cual permitirá realizar el diseño de las diferentes dosificaciones necesarias para realizar el prototipo.

Establecido el diseño de las muestras se continuará con la elaboración del primer prototipo o bloque de sílice, el mismo que contemplará todos los parámetros exigidos por la norma NEC-10

(Norma Ecuatoriana de la Construcción) [1], así como las diferentes normas internacionales para materiales de construcción: norma NTC 922. (Norma Técnica Colombiana) [2]; esta norma establece los requisitos que debe cumplir los ensayos, a los cuales deben someterse los ladrillos sílico-calcáreos, macizos, perforados o huecos, utilizados principalmente en la construcción de muros y tabiques y ASTM C73 [3].

Cabe aclarar que Bloques con Sílice que se menciona en el título de esta investigación hace referencia a la terminología Bloques Sílico-Calcáreos, llamados de esta manera en otros países.

Una vez elaborado el modelo o prototipo, se someterá al mismo a una serie de ensayos en laboratorio a nivel de unidad (compresión, porcentaje de absorción) y ser parte de un proceso constructivo para la elaboración de varios muretes; y así evidenciar sus potencialidades, teniendo al alcance una nueva alternativa como material de construcción.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

IDENTIFICACIÓN

El desconocimiento sobre materiales de construcción alternativos conlleva a que estos nuevos materiales se vean limitados en su utilización en nuestro medio. Consecuentemente, es necesario empezar a buscar nuevos ámbitos del conocimiento tecnológico respecto a concebir y producir elementos de construcción que cubran las diferentes expectativas de materiales alternativos que nacen a partir de la idea de eco-vivienda; en donde el objetivo principal es brindar un alto grado de factibilidad constructiva, y con diversidad para los procesos constructivos. Es así que se plantea una alternativa que es la elaboración de un bloque de sílice.

FORMULACIÓN

El bloque es un material de construcción utilizado en nuestro medio; por lo que un trabajo de investigación en este campo proporcionará argumentos valederos y confiables para que los constructores tengan a su alcance una alternativa válida como material de construcción.

DELIMITACIÓN

Se plantea una alternativa muy viable que es la elaboración de un bloque sílico-calcáreo; el mismo que no estará elaborado con cemento si no que se utilizará un mortero formado con cal y sílice, el primero serviría de aglomerante y el segundo como agregado fino para la elaboración de morteros.

Elaborado el bloque de sílice; tomando en cuenta todas las normas que contempla la Norma Ecuatoriana de la Construcción en cuanto a materiales se refiere; el prototipo será endurecido curándose al vapor en cámaras de autoclave con elevada presión [7]. Un plus adicional que se pretende brindar al prototipo es el de alcanzar una superficie completamente lisa, lo cual permitiría a los constructores la eliminación de los enlucidos de las mamposterías que en la actualidad alcanzan una considerable cantidad de dinero dentro de los presupuestos en edificaciones [12].

El aporte que brindará esta investigación tendrá un valor agregado que será el brindar un nuevo material de construcción alternativo y más acoplado con el medio ambiente, reduciendo la contaminación o polución de elementos altamente tóxicos emanados por las cementeras.

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

OBJETIVOS GENERAL

- Elaborar bloques con sílice, confeccionados con materiales propios de la zona, para la fabricación de paredes no portantes para viviendas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los tipos de sílice que existen en la zona, para utilizarlos como materia prima.
- Investigar sobre los diferentes tipos de sílice, a fin de obtener parámetros para el diseño y definir los que se van a utilizar en el presente trabajo.

- Identificar los métodos y procedimientos de ensayos de las materias primas y diseño de muestras de acuerdo a los requisitos técnicos vigentes.
- Elaborar bloques tomando en cuenta todas las normas que contempla la Norma Ecuatoriana de la Construcción en cuanto a materiales.
- Elaboración de muretes para ser ensayados.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Con la presente investigación se pretende introducir un nuevo material en el campo de la construcción, elaborado a base de materia prima de la zona o sector de Llacao, introduciendo una tecnología de vanguardia para este tipo de material.

Se busca que los bloques puedan ser utilizados en todo tipo de obra de mampostería no portante.

Al diseñar la dosificación de bloques, implementando sílice y cal, el resultado será muy importante para establecer una propuesta que cumpla las Normas INEN y la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), correspondiente a los materiales de la construcción de similar uso en nuestro país.

1.5 HIPÓTESIS

Los bloques pueden ser elaborados con sílice y convertirse en una solución para el proceso constructivo de mamposterías en edificaciones, brindando una contribución al medio ambiente.

1.6 METODOLOGÍA

A través de la información documental será preciso remitirse al estado del arte, con la finalidad de analizar la composición de la materia prima, señalar e interpretar los datos secundarios registrados y testimonios de expertos profesionales.

Posteriormente, con la información de campo se accede a las diferentes canteras o minas de la zona, es necesario obtener

información municipal correspondiente y consecutivamente tomar muestras para los ensayos de laboratorio.

Consecuentemente del diseño experimental se permitirá ser congruentes con el objetivo general y los objetivos específicos, se tendrá que efectuar los siguientes tipos de ensayos: compresión, absorción de agua, peso; los prototipos elaborados serán ensayados en el laboratorio de la Universidad de Cuenca.

1.7 SUMARIO

El presente trabajo de investigación está organizado de la siguiente manera:

Capítulo 1.- Lineamientos

Entonces iniciaremos este capítulo revisando el Planteamiento del problema que consta en su identificación, formulación y delimitación; para continuar analizando los objetivos de la investigación tanto generales como específicos para concluir con la justificación, hipótesis y metodología.

Capítulo 2.- Estado del Arte

Este capítulo inicia con una breve introducción, luego describe la clasificación de las piezas de mampostería dentro de la cual se analizan: piezas de arcilla cocida, piezas de hormigón y piezas sílico- calcáreos; posteriormente se revisará el estado del arte de los bloques sílico- calcáreos.

Capítulo 3.- Elaboración del Bloque

En este capítulo se inicia con la introducción, la cual describe a breves rasgos el proceso por el cual se pasó para elaborar los bloques con sílice; también estudia las características de los materiales a utilizar (sílice, cal y agua), siguiendo con la descripción del proceso para la elaboración de bloques, elaboración de muretes y se finaliza con las conclusiones

Capítulo 1.- Conclusiones y Recomendaciones

En este capítulo se detallan las conclusiones a las cuales se llegó después de toda la investigación realizada y las recomendaciones hechas para futuras investigaciones relacionadas al tema.

CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE

Este capítulo inicia con una breve introducción, luego describe la clasificación de las piezas de mampostería dentro de la cual se analizan: piezas de arcilla cocida, piezas de hormigón y piezas sílico- calcáreos; posteriormente se revisará el estado del arte de los bloques sílico- calcáreos.

2.1 INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción utiliza materiales de la corteza terrestre con reducida modificación, como son la arena, ripio y piedra; y si bien las características físicas del material rocoso (dureza y densidad) pueden variar, no representan dificultades al momento de su utilización [5]. El uso de nuevos materiales existentes en la región austral y la existencia de elementos como los son "el sílice y la cal" conducen a explorar en el campo tecnológico-constructivo y brindar un aporte a los estudios ya existentes.

Esta investigación pretende experimentar con la utilización del sílice y cal, lo que dará lugar a un elemento adicional en la fabricación de bloques convencionales en la ciudad de Cuenca, las unidades (bloques y ladrillos) "sílico-calcáreas"; si bien se utilizan ejemplos constructivos provenientes de países vecinos, la metodología propuesta ofrecerá un conjunto de variables que permitan caracterizar los lugares de procedencia del material.

2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS PIEZAS DE MAMPOSTERÍA

Un ladrillo es un material de construcción, generalmente cerámica y con forma ortoédrica, cuyas dimensiones permiten que se pueda colocar con una sola mano por parte de un operario. Se emplea en albañilería para la ejecución de obras en general.

No se ha encontrado en el código ecuatoriano una clasificación de los ladrillos, por lo que se presenta a continuación la realizada por el ing. Flavio Abanto (Castillo, 2003) y Según la materia prima (Norma Ecuatoriana de la Construcción) NEC-11. 1.2 Materiales. Piezas de Mampostería; se clasifican en:

PIEZAS DE ARCILLA COCIDA

Son fabricados de forma artesanal o industrial. Según la clasificación de INEN 297, existen 5 tipos, siendo de menor a mayor calidad: tipos I, II, III, IV y V, de acuerdo a sus variaciones de dimensiones, alabeo, resistencia a la compresión, densidad mínima y otros.

PIEZAS DE HORMIGÓN

Los bloques de concreto son fabricados con mezclas de cemento portland, arenas, piedras pequeñas y agua, los cuales son dosificados y moldeados convenientemente.

PIEZAS SÍLICO-CALCAREAS

Los ladrillos sílico- calcáreos son producto de una mezcla de tres componentes, 1) arena fina natural con un alto contenido de sílice, 2) cal viva finamente molida e hidratada en la mezcla y 3) agua. La mezcla húmeda de cal y arena es moldeada a alta presión (16 atmósferas) y endurecida por curado a vapor en autoclaves durante 8 horas como mínimo. Las unidades de albañilería sílico-calcáreas se usan para la construcción de muros, los cuales pueden ser muros portantes (albañilería confinada o armada) y muros no portantes.

2.3 ESTADO DEL ARTE EN LAS UNIDADES SÍLICO-CALCAREAS

2.3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Las materias primas de las unidades sílico-calcáreo son la cal-viva, arena natural o roca triturada o una combinación de ellas. Estas fueron conocidas inicialmente como unidades de cal y arena, cuando se fabricaban solo con arenas naturales.

En el Perú existe una sola fábrica (La Casa) que produce este tipo de unidad en varias modalidades, como bloques, ladrillo (hueco y macizo) y unidades apilables [7]. En algunos países como Colombia se utilizan residuos mineros en lugar de arenas sílicas. [6].

En términos generales estas unidades se elaboran realizando una mezcla húmeda de cal, arena de sílice y agua con una consistencia de un 60 % de agua aproximadamente, se forma en moldes a presión

elevada, usando prensas mecánicas o hidráulicas. Las unidades así formadas son endurecidas por el curado de vapor a alta presión (entre 8 y 17 atmósferas), pero usualmente entre 12 y 15 en autoclave [7].

Durante este tratamiento, la cal reacciona químicamente con el sílice superficial de los agregados para producir silicatos-cálcicos hidratados, que actúan como un agente cementante fuerte y durable que une las partículas de la arena y otros agregados.

Dado que es posible que las proporciones de los ingredientes sean variadas, se pueden producir unidades de diferentes calidades. Ellas son distinguibles, casi exclusivamente, por su resistencia a la compresión, ya que todas las unidades sílico-calcáreas se caracterizan por tener variabilidad dimensional muy reducida, ser muy perfiladas y de textura más bien suave, la que depende en alguna medida, de las características de la arena.

Para ser adecuadas, la arena o roca triturada que se utilice debe tener un contenido razonable de sílice, normalmente más del 75% [7], dado que el endurecimiento depende de la reacción química entre la cal y las superficies libres del sílice. Se emplea cal aérea o hidráulica en función del tipo de arena y de la resistencia a compresión. Se utiliza cal viva que se apaga en el proceso.

Muchos fabricantes utilizan arenas compuestas esencialmente de granos de cuarzo; sin embargo, las arenas no cuarzosas han sido utilizadas con éxito cuando no contienen en cantidades importantes, sustancias deletéreas (contaminantes), como arcillas expansivas, sales solubles, álcalis, sulfatos solubles, arcillas y limos.

Por otro lado, no es posible fijar límites rígidos para las características de la arena, porque su aceptabilidad depende de circunstancias locales, sino se ha de modificar la arena, dependerá de la resistencia y durabilidad adecuadas a las condiciones de clima y construcción a los que la unidad está destinada o, cuando se debe modificar la arena, de la posibilidad de tratarla en el proceso de fabricación, manteniendo a la unidad en un precio competitivo.

2.3.2 CLASIFICACIÓN

Existen diferentes tipos de unidades sílico-calcáreas; así como la composición de los mismos, por lo tanto conoceremos sus respectivos

procedimientos, al saber que estas unidades provienen de los prefabricados de cal, se realiza la siguiente descripción.

2.3.2.1 Piedra Artificial de Cal

Se obtiene mezclando un 10% de cal apagada y el resto de arena sílicea, caliza o arenisca y agua en poca cantidad. Se moldea por presión y endurece con ayuda del vapor de agua y anhídrido carbónico (CO₂). Pueden tomar diferentes formas, admite colores y se pueden labrar y pulir.

2.3.2.2 Unidades Sílico-Calcáreo

Las unidades sílico-calcáreas se muestra en productos como: ladrillo síliceo-calcáreo, bloques-placas sílico-calcáreo y bloques síliceo-calcáreo ytong.

a.-Ladrillos Sílico-Calcáreos

Se componen en un 90% de arena sílicea, y el resto de cal viva. Para moldear se prensa la cal, arena y agua. El endurecimiento se realiza mediante vapor de agua a presión en una cámara de autoclave. Estos prefabricados exigen una granulometría muy cuidada; demasiados finos, necesita mucha cal (se producen expansiones) y pocos finos implica porosidad. La cal utilizada puede ser aérea o hidráulica según el tipo de arena con la que se mezcle y la resistencia que se quiere obtener. Se suele emplear la aérea con arenas gruesas y la hidráulica conviene una granulometría continua. La cal se suele apagar después de ejecutada la mezcla. La consistencia es similar a la de la tierra húmeda aproximadamente el 6% de agua. En el autoclave se eleva rápidamente la presión y permanece durante 8 h. a 10 atm. Sus dimensiones son de 2 m. de diámetro y de 20 a 30 m. de longitud. Se suelen introducir en el autoclave mediante vagonetas. Los tipos de ladrillos son macizos, perforados y aplantillados con unas dimensiones nominales de 25 x 12 x 6'5 cm. Pesan unos 3,5 kg, son de color blanco, caras lisas y resistencia a la compresión de 100 y 200 kg/cm². Resisten la humedad y el fuego, admiten impermeabilizaciones y no producen eflorescencias, por lo que son usados en exteriores.

b.- Bloques Sílico-Calcáreos.

Son similares a los ladrillos pero lógicamente con formas diferentes. Los bloques sílico-calcáreos son igual que los ladrillos sílico-calcáreos

pero con distinta forma. Tanto la materia prima como el proceso de fabricación, son realizados mediante una masa que es producida por la mezcla de arenas naturales o artificiales, y una cal aglomerante grasa o aérea, las cuales son fundidas en autoclave. La función que cumplan; los alveolos pequeños sirven para aligerar la carga de los bloques y los alveolos grandes que recorren lo alto del bloque sirven para el reforzamiento de forma vertical mediante la apilación de bloques. Sin embargo, los canales tiene una forma curva que se extiende a lo largo del bloque y se usa para colocar los refuerzos de forma horizontal que serán llenados con Grout, (mortero especializado para el relleno de espacios), también, sirven para realizar los respectivos amarres con los verticales. El resultado es un bloque color gris común a superficie uniforme, por lo tanto, no es necesario realizarle un terrajeo [10].

Los bloques sílico-calcáreos presenta 4 celdas circulares de 7 cm de diámetro cada una, (donde se aloja el refuerzo vertical) y un canal horizontal de 11 cm de ancho por 2 cm de profundidad, donde se coloca el refuerzo horizontal. Las 12 perforaciones (2.5 cm de diámetro) sirven para aligerar la carga y para mejorar la respuesta al corte con el concreto líquido del interior (funciona como una grapa entre bloque y bloque haciendo ésta más consistente) de la unidad (21.5 kg). Se puede indicar que las perforaciones más pequeñas no atraviesan la base del bloque [8].

c.- Bloques Síliceo-Calcáreos

Se componen de arena de sílice, cal viva, a veces cemento Portland y polvo de aluminio. El polvo de aluminio genera burbujas de hidrógeno y toma una estructura alveolar que hace disminuir su densidad considerablemente y darle una estructura porosa. Su baja densidad le confiere al material un gran aislamiento térmico. Posee una aceptable resistencia al fuego ya que no colabora a la propagación del fuego. Es ligero, fácil de trabajar y de poner en obra.

Se dosifican los componentes y se los amasa con agua formando una pasta fluida. Esta pasta se vierte en moldes teniendo en cuenta que existe una expansión volumétrica, se desmolda y con hilos de acero finos se corta. Finalmente, se introduce en una autoclave [9].

Se emplea en cerramientos de fachadas, divisiones interiores, rehabilitación de locales. Presenta buena resistencia al fuego, aislante térmico y acústico, fácil trabajo y puesta en obra, ligero, aceptable resistencia a compresión. Las dimensiones normales son de 10 cm de altura, 60 cm de largo y 20 cm de ancho, generalmente de caras planas y se adosa con cemento Portland.

Se utiliza en muros portantes, cerramientos de fachada, divisiones interiores, acondicionamientos térmicos y acústicos y en formación de cubiertas. Suelen ser de 60 x 60 cm. y espesores de 5 a 10 cm.

El sistema constructivo de placas es un sistema compuesto por muros portantes hechos a base de bloques apilables sílico-calcáreos y que coinciden en los alveolos desde el primero hasta el último nivel. Estos muros están hechos para soportar cargas verticales (muros de carga) y también cargas laterales (sísmicas), teniendo así una mayor duración ante otros métodos constructivos [8].

2.3.3 PROPIEDADES

Para llegar al objetivo de obtener una pieza para mampostería, se debe caracterizar las materias primas (sílice y cal) utilizadas en la fabricación; e implementar un diseño experimental adecuado; con ello se evaluarán las diferentes mezclas con el fin de compararlas y determinar cuál de ellas cumple con la norma vigente para este tipo de elemento, los cuales serán descritos en el siguiente capítulo.

En 1975 se emitió la NTC (Norma Técnica Colombiana) NTC 922, para Ladrillos sílico-Calcáreos, esta norma establece los requisitos que debe cumplir los ensayos, a los cuales deben someterse los ladrillos sílico-calcáreos, macizos, perforados o huecos, utilizados principalmente en la construcción de muros y tabiques: Definiciones, Clasificación, Condiciones Generales, Requisitos, Toma de muestras y Recepción de producto y Ensayos [11].

De igual manera ASTM C73 y la norma NEC -10 (Norma Ecuatoriana de la Construcción). Dimensiones Modulares de Unidades de Mampostería de Arcilla Cocida. Ladrillos y Bloques Cerámicos NTC 296

Las INEN NTE (Norma Técnica Ecuatoriana) que se siguen para determinar estas propiedades en Unidades de Arcilla: INEN 297 y Bloques de Concreto: INEN.

Para los tres tipos de materia prima (Ladrillos de Arcilla, de Concreto y de Sílice-Cal); los ensayos en los ladrillos son prácticamente los mismos, con la diferencia que sobre las unidades sílico-calcáreas debe además efectuarse una prueba de contracción por secado (límite máximo 0.035%), la misma que ya está certificada por la única fábrica que las produce en el Perú [12].

2.3.4 ENSAYOS

Al conocer las propiedades de las unidades (ladrillos) es necesario básicamente tener una idea sobre la resistencia de la albañilería, así como su durabilidad ante el intemperismo.

Las propiedades de la unidad que están asociadas con la resistencia de la albañilería son: Resistencia a la compresión y tracción, Variabilidad Dimensional y Alabeo, Succión.

Las propiedades de la unidad que están relacionadas con la durabilidad de la albañilería son: Resistencia a la compresión y Densidad, Eflorescencia, Absorción y Coeficiente de Saturación [12].

2.3.4.1 Resistencia a la Compresión

Los ladrillos sílico-calcáreos, ensayados a compresión deben cumplir la normativa expuesta en el cuadro N° 2.1

Cuadro N° 2.1
Requisitos Físicos

Tipo	Resistencia mínima a la compresión en 10^5 Pa (kgf/cm^2)						% Absorción máxima	
	Promedio de 5 unidades			Individual			Promedio de 5 unidades	
	Macizo	Perforado	Hueco	Macizo	Perforado	Hueco macizo	Perforado	Hueco
I	200	120	50	160	96	40	16 %	
II	100	60	25	80	48	20	20 %	

Fuente y Elaboración: NTC 922

Cálculos: La resistencia a la compresión en 10^5 Pa. (kgf/cm^2) se calcula con la siguiente ecuación:

$$C = \frac{P}{A} \quad \text{donde } A = b \times l$$

donde:

C = Resistencia a la compresión, en 10^5 Pa (kgf / cm^2)

P = Carga de Rotura en daN = (1,02 Kgf)

A = área de sección bruta en cm^2

b = ancho de la muestra en cm

l = longitud de la muestra en cm

2.3.4.2 Absorción de Agua

Los ladrillos ensayados según el procedimiento descrito deberán cumplir con los valores especificados en el cuadro N° 2.1

Cálculos: La absorción de cada muestra expresada en % se calcula por la siguiente ecuación.

$$\text{Absorción} = \frac{P1 - P2}{P1} \times 100\%$$

Donde:

P1 = masa de la muestra desecada en gramos

P2 = masa de la muestra después de 24 h de sumergida en gramos

La NTC 922 determina que se colocan las muestras separadamente en una cámara ventilada durante cuatro horas y se hace pasar una corriente de aire, máximo durante 2 h, para llevarlas a temperatura ambiente. Luego se sumergen en agua destilada a temperatura de 15 a 30 °C durante 24 h. Al sacar las muestras se secan con toalla húmeda antes de determinar la masa. La determinación de la masa de cada muestra debe quedar antes de 5 min después de sacarlas del agua.

2.3.5 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA UTILIZADA

En general todas las fuentes consultadas mantienen el mismo esquema en cuanto se refiere a: materias primas, tecnología aplicada durante el proceso de elaboración.

Por tanto, lo que se persigue mediante la presente investigación es elaborar elementos que puedan utilizarse en la construcción de

viviendas que tengan mejor o iguales características de las existentes en el mercado de la construcción utilizando materia prima a nivel local.

2.3.5.1 GENERALIDADES

En Ecuador existen minerales metálicos y no metálicos que ofrecen buenas perspectivas para la actividad de la construcción. El INIGEMM (Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico) ha encontrado recursos de minerales en 20 de las 24 provincias del país, con 23 clases de materiales diferentes [13].

La explotación minera de materiales silíceos para usos industriales distintos de su empleo como áridos de construcción y piedra de cantería ascendió de 32.147,72 tm, en 2004, a niveles de producción notables es así que el año 2010 alcanza una producción de 60.018,80 tm [13].

De las investigaciones realizadas sobre yacimientos de arena de sílice, se ha podido comprobar que existen tres zonas donde se ubican sitios con materiales aprovechables para la fundición, a saber: península de Santa Elena, Puerto Jeli en El Oro, y Limón-Indanza en Morona-Santiago. Las principales minas de arena sílices en nuestro país se encuentran localizadas en la provincia de Zamora Chinchipe en el área de La Esperanza y Guayzimi, la calidad de estas arenas es la mejor hasta ahora reportada [13].

2.3.5.2 LOCALIZACIÓN 1

Los yacimientos de sílice localizadas en la provincia de Morona Santiago específicamente en Limón-Indanza son minas con materia prima que existen en gran cantidad y que de manera muy limitada se explota para la industria de fabricación de botellas que se realiza en la ciudad de Guayaquil.

Por otro lado también los resultados de estudios geológicos y mineros confirman que existen reservas de arena de sílice en 1.085 millones de toneladas, en una superficie de 710 hectáreas ubicadas en El Pangui, Yanzatza también de la provincia de Zamora.

En términos generales el Ecuador mantiene reservas aproximadamente de 60.018,80 tm. En la actualidad no existe ninguna empresa procesadora de arenas síliceas.

La primera materia prima (arena sílica) tiene su procedencia de canteras específicamente en el sector de San Bartolo; estudios previos indican la formación geológica (litología) encontradas en la parroquia de Indanza y será descrita de manera general valorando el origen de su procedencia [13].

Foto N° 2.1
Mina de Sílice en el cantón Limón sector San Bartolo



En la foto N° 2.1 y 2.2, se aprecia el procesamiento de la arena sílica rudimentaria. Se lo realiza a través de la criba; maquinaria que funciona a motor y por vibración realiza la separación o tamizado del material a través de mallas 8, 16 y 30 realizando la separación de las arenas indicadas como gruesa, mediana y fina respectivamente; mallas que separan las basuras e impurezas.

Foto N° 2.2
Procesamiento de la arena sílica rudimentaria



Es importante indicar que se realizaron pruebas de laboratorio respectivo.

2.3.5.2.1 GEOMORFOLOGÍA

El material que proviene de la provincia de Morona Santiago específicamente en Limón-Indanza se emplaza en la *Formación Upano* (meta-andesitas, esquistos felíticos y graníticos).- Caracterizada litológicamente por la presencia de meta-andesitas, esquistos felíticos y graníticos. En este tipo de formación se puede observar un estrato de grafito meteorizado por la acción de agentes atmosféricos, las ocurrencias y afloramientos de estos materiales son evidentes hacia los causes de los ríos y quebradas que dejan expuesto el material [13].

Su característica de alto contenido en Sílice sumado a la actividad vegetativa de la masa boscosa presente en la microcuenca, confiere al suelo formado en estos sectores una característica de acidez notable.

Conforma además la *Formación Napo* (calizas y lutitas negras).- Compuesta principalmente por materiales sedimentarios, es una de las formaciones más difundidas en el oriente ecuatoriano, la componen

calizas y lutitas negras, altamente deformadas por efecto de la placa tectónica que elevó y deformó la cordillera de los andes. Es común encontrar en esta formación gran cantidad de restos fósiles como ammonites, moluscos y peces [14].

La presencia de las calizas, provocan la formación de suelos más alcalinos, y su coloración es más clara respecto a las zonas donde están las lutitas. La alteración meteórica de estos materiales genera suelos bastante arcillosos.

Así también la *Formación de Hollín*.- Cuya formación se la ubica en el Cretácico Inferior, con rocas silíceas y conglomerados de base, se presentan plegados y estratificados. Presenta un desarrollo de suelo residual. El cambio transicional entre horizontes impide el desarrollo de planos de debilidad.

El cemento en las fracturas confiere al macizo una alta coherencia a pesar de su fracturación. La relativa dureza de los bordes da al horizonte fragmentado un comportamiento friccionante, por lo que predomina la disgregación en seco y la erosión laminar [14].

Estudios palinológicos señalan la base de edad Aptiana y la mayoría de la formación data del Albiano. Una serie de lavas y piroclastos que comprende esencialmente la parte inferior de la formación podrían ser del Cretácico Inferior [13].

2.3.5.3 LOCALIZACIÓN 2

A nivel local (Provincia del Azuay) la investigación determina que existen minas o canteras en la Parroquia de Llacao.

En nuestro país se diferencian dos zonas volcánicas; Volcanismo antiguo que abarca la parte austral del país y comprende las provincias de Azuay, Cañar, Loja y el volcanismo moderno comprende las provincias de Chimborazo, Tungurahua, Cotopaxi, Pichincha e Imbabura.

Foto N° 2.3
Sector de Llacao



En la Foto N° 2.3 se muestra la presencia de materia prima en el sector de Sidcay camino a la parroquia Llacao.

2.3.5.3.1 GEOMORFOLOGÍA

Se manifiesta con la Formación Mangán (FM). Desde el sur de la Pacchamama cubiertos ahí por la FM. Llacao y al Norte pasando por Déleg, hasta el NW de Biblián. Trae Secuencia de Limolitas, lutitas y areniscas finogranulares, en su parte inferior todos de color claro; en su parte media se encuentran lutitas asociadas con vetas de carbón; en la parte superior aflora areniscas tobácea gruesa café, que se hace conglomerática hacia arriba. Se le atribuye un estrato de 2200 m, la edad geológica de esta formación data desde el Mioceno-Tardío [15].

La Génesis, se la establece como depósitos continentales deltaicos en sistema fluvial meandriforme distal con planicies de inundación.

Los geólogos del Institute of Geological Sciences (Bristol, 1973) habían encontrado Ostrácodos, que indicarían intrusiones marino salobres.

Se muestra erosión y movimientos del terreno especialmente al estar expuestas a la intemperie y agentes atmosféricos. La alternancia de estratos competentes e incompetentes favorece el desarrollo de superficies de debilidad.

Es un material poroso de baja permeabilidad. Nivel freático poco profundo. Los materiales incompetentes se presentan fragmentados, con juntas abiertas, bordes blandos y rellenos de arcilla.

Es de fácil excavación con maquinaria pesada. Lutitas sensibles a la humedad, pueden usarse en rellenos en mezclas con areniscas.

La susceptibilidad a terrenos inestables y recomendaciones es alta; una vez erosionada la cobertura volcánica afloran las formaciones de la cuenca de Cuenca empezando grandes movimientos del terreno en los que contribuyo la Formación Mangán por sus estratos incompetentes y la sobrecarga. Actualmente esta formación susceptible a movimientos del terreno debido a la saturación de sus materiales fisiles, susceptibilidad que se incrementa por la mala utilización en construcción de viviendas y cortes inadecuados del terreno [15].

CAPITULO 3. ELABORACIÓN DEL BLOQUE

En este capítulo se inicia con la introducción, la cual describe a breves rasgos el proceso por el cual se pasó para elaborar los bloques con sílice; también estudia las características de los materiales a utilizar (sílice, cal y agua), siguiendo con la descripción del proceso para la elaboración de bloques, elaboración de muretes y se finaliza con las conclusiones

3.1 INTRODUCCIÓN

Para la presente investigación se ha establecido el siguiente procedimiento: se vuelve indispensable indicar que la materia prima para la propuesta objeto del presente estudio es el sílice, material indispensable para la elaboración del bloque. Con la finalidad de realizar una investigación integral se ha resuelto experimentar con varios tipos de sílice, como por ejemplo, el sílice de la parroquia Llacao cantón Cuenca; así como el sílice de San Bartolo en el cantón Limón-Indanza de la provincia de Morona Santiago. Una vez establecido la fuente de la materia prima se procede a realizar varios ensayos de prueba-error para obtener la dosificación óptima de morteros-cal, con la finalidad de someterlos a pruebas en el laboratorio y comprobar si están dentro de las respectivas normas INEN y NEC 11, en cuanto se refiere a ladrillos de arcilla y bloques de pómez.

Cabe indicar que los ensayos se realizarán tanto con el sílice de Llacao como con el sílice de San Bartolo, una vez determinada las dosificaciones adecuadas, estas pasarán por un lapso de tiempo de dos horas de reposo, con la finalidad de hidratar a la cal con el agua utilizada durante el proceso de mezcla entre el Sílice-Cal-Agua. Posteriormente, las mismas pasaran a un proceso de moldeado en probetas cúbicas de 5 x 5 x 5 cm. A las 24 horas se procederá a su desencofrado para luego ser introducidas a un autoclave por el lapso de 8 horas a una presión de 14 atmósferas de presión.

La materia objeto de estudio (Sílice), se la localizo principalmente en el sector de Llacao parroquia rural del cantón Cuenca. Está conformado en potentes estratos de la corteza terrestre básicamente de Puzolana con alto contenido de sílice, se estima que su formación

tuvo lugar hace millones de años por grandes procesos de actividad volcánica. Tiene gran extensión llegando incluso hasta Déleg.

Lo importante en este proceso es determinar la resistencia del mortero en sus respectivas dosificaciones, claro está que al no existir una metodología escrita en la bibliografía consultada, es indispensable obtener los resultados a través de varios ensayos y de esta manera ir estableciendo cual es el comportamiento de los componentes utilizados en el proceso, lo cual servirá como base fundamental para posteriormente establecer una relación de resistencia individual de cada bloque a la compresión en la prensa del laboratorio.

Establecida la relación de resistencia entre las varias dosificaciones analizadas, también se podrá determinar su futuro comportamiento dentro de una mampostería a través de la utilización de muretes formados por un conjunto de tres bloques unidos en hiladas con morteros de pega, este aspecto debe ser tomado en cuenta, ya que la junta juega un papel importante dentro de una pared ya lo han demostrado varios autores, M. Monteagudo, 2011, es por esta razón que la junta para los muretes de esta investigación se la establece en 1 cm.

3.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES A UTILIZAR

3.2.1 SÍLICE. DESCRIPCIÓN COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN.

“El Óxido de Silicio (SiO_2) es el más importante en concentración en la corteza terrestre, el sílice es un componente básico de la tierra, arena, granito, mármol y muchos otros minerales, ya sea formando silicatos o bien en forma libre, dando lugar a gran variedad de estructuras cristalinas y microestructuras, de las cuales el cuarzo es la forma más común del sílice cristalino, también se puede encontrar en forma de cristobalita y de tridimita, estas dos últimas más dañinas. Por el contrario, la sílice amorfa está considerada como de baja toxicidad” [17].

El término sílice corresponde a la traducción del inglés de la palabra ‘silica’ que tienen un significado muy amplio con múltiples connotaciones, ya que con este término incluye todas las formas cristalinas del óxido de silicio; las formas amorfas (sin forma regular o bien determinada), los compuestos químicos solubles; en todos los

casos el silicio en coordinación tetraédrica u octaédrica con el oxígeno. Su composición química la constituye íntegramente el bióxido de silicio (SiO_2). La arena de sílice se produce por trituración de piedra o arena de sílica textura abierta de molienda y lavado de la sílice de alta calidad [17].

CARACTERÍSTICAS

Las características descritas a continuación indican el comportamiento de forma general de sílice: [18].

- Características físicas: arena de gránulo duro.
- El tamaño de grano de las partículas es variable, es cribable
- Color marrón a gris.
- Resistente al ataque químico por todos los ácidos minerales, excepto al HF. (Hafnio. Elemento químico de símbolo *Hf*, metal de transición plateado, dúctil y resistente a altas temperaturas, Alto punto de fusión, piezoelectricidad, piroelectricidad y transparencia.
- Material cuyo rango granulométrico comprende de 1/16 a 2 mm de diámetro.
- No produce efervescencia al ser atacados por lo ácidos y no se descomponen por la acción del fuego.
- Reduce la segregación y exudación
- Contribuye a reducir el calor de hidratación
- Reduce considerablemente la permeabilidad a sulfatos y cloruros
- Incrementa la adhesión entre agregados, armaduras y fibras
- Aumenta la cohesión
- Aumenta la densidad
- Disminuye la penetración del agua
- Gran durabilidad a los ciclos de hielo y deshielo
- Control de la reacción álcali – agregado

Cuadro N° 3.1
Ficha técnica. Puzolana. Procedencia Llacao.

Sample	PUZOLANA O.CALLE
Date	12/12/2015
CalibrationMethod	Oxides
Sum (%)	91.8
Compton (%)	89.291
SiO ₂ (%)	61.52
Al ₂ O ₃ (%)	14.96
CaO (%)	4.89
Fe ₂ O ₃ (%)	3.68
Na ₂ O (%)	2.77
K ₂ O (%)	1.79
MgO (%)	1.11
TiO ₂ (%)	0.69
BaO (%)	0.12
P ₂ O ₅ (%)	0.07
MnO (%)	0.07
SrO	0.0006
SO ₃ (%)	0.05
ZrO ₂	0.0003
Cr ₂ O ₃	0.0001
ZnO	0.0001
CuO	66 PPM
Rb ₂ O	49 PPM
Ga ₂ O ₃ (PPM)	26
As ₂ O ₃	23 PPM
CoO	12 PPM

Fuente y Elaboración: Ing. Patricio Ruiz

En el Cuadro N° 3.1 se observa el análisis químico de la puzolana que proviene de la parroquia rural de Llacao, examen realizado por el Ing. Patricio Ruiz funcionario de la cementera Guapan, quien utilizó el Método por Difracción de Rayos X, y demostró que el material producto

del ensayo tiene 61,52% de sílice, lo cual lo convierte también en un excelente elemento para ser utilizado como materia prima para la elaboración de bloques o ladrillos. Por lo tanto es una opción a tomar en cuenta ya que si bien es cierto no es sílice puro como el analizado en el Cuadro N° 3.2 (ver anexo N° 1) pero tiene gran porcentaje de SiO₂.

Cuadro N° 3.2
Análisis Químico. Sílice. Procedencia San Bartolo

Análisis Químico		
% Óxido	Sílice %	Cal %
SiO ₂	94,97	7,8
Al ₂ O ₃	3,28	1,99
Fe ₂ O ₃	0,19	0,74
CaO	0,14	66,83
MgO	0,02	0,32
Na ₂ O	0	0,4
K ₂ O	0,2	0,08
P. Fuego	0,84	21,84

Fuente y Elaboración: CESEMIN

En el Cuadro N° 3.2 (ver anexo N° 1) se describe técnicamente cual es la composición química del sílice y la cal viva, análisis elaborado en el Centro de servicios y análisis de minerales metálicos y no metálicos (CESEMIN) de la Universidad de Cuenca, en él se puede observar que la cal viva tiene un 7,80% de SiO₂, material adquirido en un almacén agropecuario (sector mercado 3 de noviembre) y el sílice tiene un 94,97% de SiO₂, material que proviene de San Bartolo. Este último posee un alto contenido de pureza.

Los dos materiales analizados anteriormente demuestran que son aptos para ser utilizados en la presente investigación, pero con fines de posibles aplicaciones a gran escala de los Bloques de SiO₂ sería un grave problema tener que explotar, triturar y transportar el material a grandes distancias (San Bartolo) para la producción de este nuevo elemento constructivo en nuestra ciudad. No así la puzolana que está a escasos kilómetros del centro de la ciudad de Cuenca y prácticamente existe en grande afloramientos del material.

Por lo tanto la puzolana se convierte en una posibilidad cierta de ser el material óptimo para ser utilizado como materia prima para el presente trabajo de investigación.

3.2.2 LA CAL. DESCRIPCIÓN COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN.

La piedra caliza es una roca sedimentaria compuesta principalmente de carbonatos de calcio (CaCO_3), carbonatos de magnesio e impurezas, y se halla en diferentes formas como calcita, aragonito que es una variación de la calcita formada a altas temperaturas de estructura cristalina. Como mineral metamórfico en forma de mármol y es a menudo parte del cemento natural en las piedras areniscas.

La cal es un producto químico básico que resulta de la calcinación de piedra caliza (CO_3Ca Carbonato de Calcio), proceso del que se obtiene la cal viva (CaO Oxido de calcio), la cual después de apagarse con agua (H_2O) se convierte en cal hidratada ($\text{Ca}(\text{OH})_2$ hidróxido de calcio) y ésta se puede utilizar en innumerables aplicaciones de diversas áreas: industria, construcción, agricultura, rellenos sanitarios, tratamiento de aguas y lodos, alimentación, y muchas otras. Existen varios tipos de cal las cuales se presentan a continuación [19]:

- Cal viva: NTC 4046 (ASTM C5).

Es el material obtenido de la calcinación de la piedra caliza que al desprender anhídrido carbónico a 1000°C aproximadamente, se transforma en óxido de calcio. La cal viva debe ser capaz de combinarse con el agua, para transformarse de óxido a hidróxido y una vez apagada (hidratada), se aplique en la construcción, principalmente en la elaboración del mortero de albañilería [19].

De acuerdo con el porcentaje de óxido de calcio, las cales vivas se clasifican en dos variedades. Cales Grasas: son las más blancas, fabricadas con piedras calizas de gran pureza, que en presencia de agua reaccionan con fuerte desprendimiento de calor. Cales Magras: son más amarillentas, más impuras porque poseen sustancias como arcilla, óxido de magnesio, etc., que en presencia de agua reaccionan con poco desprendimiento de calor.

Cal apagada. Se dice que se obtiene "cal apagada" cuando se vierten agua sobre la cal viva. El apagado es exotérmico: se desprende gran cantidad de calor que evapora parte del agua utilizada. Simultáneamente la cal viva se desterrona y expande. Es pastosa y como es cáustica. Con cal apagada, arena y en ocasiones polvo de ladrillo se hace la mezcla, argamasa o mortero aéreo, para asentar ladrillos, fijar baldosas y azulejos y revocar paredes.

- Cal hidratada: NTC 4019 (ASTM C 270).

Se conoce con el nombre comercial de cal hidratada (agroindustrial) a la especie química de hidróxido de calcio, la cual es una base fuerte formada por el metal calcio unido a dos grupos hidróxidos.

El óxido de calcio al combinarse con el agua se transforma en hidróxido de calcio.

- Cal hidráulica:

Tiene la propiedad de fraguar y endurecer incluso bajo el agua.

Es permeable al agua. Tiene menos resistencia y durabilidad que el resto de los materiales pétreos. Se consideran cales aéreas, las cales cuyo índice sea menor de 0,1 e hidráulicas a las de índice superior a 0,1.

Aplicaciones:

- Estabilización de suelos. La cal, en virtud de su reacción química y física con suelos arcillosos, produce bases estables para la construcción de carreteras, calles, avenidas, etc., con un sustancial ahorro en consumo de agregados y acarreo de materiales.
- Estabilización de presas y canales de riego. La cal es muy efectiva con suelos sumergidos en agua,
- Neutralizador de tierras ácidas. Al abonar la tierra con cal se produce una serie de procesos químicos, físicos y biológicos, tales como descomposición de organismos, transformación de sustancias venenosas, dañinas e inocuas; proporcionando el calcio, magnesio a las plantas, la reducción y neutralización de

acidez de la tierra, todo ello con el beneficio de una mayor productividad del campo [19].

En la industria de la construcción se aprecia:

- Fabricación de cemento.
- Actualmente, los sistemas constructivos no la consideran y la gama de productos disponibles es cada día mayor, sin embargo no hay un material sustituto de la cal que brinde tantos beneficios a un costo tan accesible.
- Sus principales aplicaciones son dar elasticidad a los morteros, que se utilizan en el estucado. Cuando la cal se combina con agua y arena, el resultado es una mezcla que se utiliza para diferentes funciones dentro de una construcción como es el pegado de tabique, block, celosías y piedra brasa. Se recomienda utilizar cal hidratada, ya que es impermeable, con alta adherencia, flexible, así como resistente a la compresión.
- El endurecimiento se debe a la transformación de los hidróxidos de carbonato, se usaban antiguamente como único material, sin embargo su lento fraguado y endurecimiento no son compatibles con las necesidades actuales [20].

3.2.3 EL AGUA CARACTERÍSTICAS

Siempre el elemento agua ha sido fundamental para la elaboración de morteros y hormigones. El agua desempeña uno de los papeles vitales en el hormigón. Es el componente que se combina químicamente con el cemento para producir la pasta que aglutina las partículas del árido, las mantiene unidas y colabora en gran medida con la resistencia y todas las propiedades mecánicas del hormigón NEC 2015 cargas y materiales [21].

El agua empleada en la mezcla debe estar libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materiales orgánicos u otras sustancias que puedan ser nocivas al hormigón o al acero de refuerzo. El agua potable y casi cualquier agua natural que se pueda beber y que no tenga sabor u olor marcado, se pueden utilizar en la elaboración del hormigón [21].

El agua utilizada para el presente proyecto de investigación es agua potable de uso común en la ciudad de Cuenca.

3.2.4 ANÁLISIS GRANULOMERTRÍCO DE LA PUZOLANA DE LLACAO

Con la premisa y argumentos indicados anteriormente, se toma en cuenta a la puzolana como materia prima fundamental para el proceso de elaboración de los bloques sílico-calcáreos.

Cuadro Nº 3.3
Análisis granulométrico: Puzolana Llacao

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO							ASTM D-422-83
TAMIZ #.	ABERTURA mm.	PESO RETEN. g	P. RET. ACUM. g	% RETENIDO	% PASA	% ESPECIF.	
3/8"	9,50	0,00	0,00	0,00	100,00		
N.4	4,75	4,70	4,70	0,47	99,53		
N.8	2,38	37,00	41,70	4,17	95,83		
N.16	1,19	117,10	158,80	15,88	84,12		
N.30	0,59	354,70	513,50	51,35	48,65		
N.50	0,297	66,70	580,20	58,02	41,98		
N.100	0,149	374,00	954,20	95,42	4,58		
N.200	0,074	29,90	984,10	98,41	1,59		
PASA #200		15,70					
TOTAL		999,80					

Fuente y Elaboración: Laboratorio de Geotecnia y Estructuras. Universidad de Cuenca.

En el cuadro Nº 3.3 (Ver anexo Nº 2), se puede apreciar que después de un proceso de tamizado y pesado antes y después de ser lavado, se puede deducir que el material a utilizar presenta excelentes condiciones granulométricas para su uso en este trabajo de investigación.

3.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE BLOQUES

En la región austral del Ecuador uno de los materiales más utilizados para la construcción en general, es el ladrillo (arcilla) y el bloque (pómez y hormigón), estos dos elementos producen altos niveles de contaminación, es así que por ejemplo, el ladrillo durante sus diferentes etapas de fabricación genera CO², al igual que el bloque, para su elaboración se necesita cemento, lo cual también es gran emisor de contaminación ambiental por su proceso de fabricación en altos hornos para la fabricación del Clinker.

Por lo antes descrito el proceso y desarrollo del presente trabajo de investigación se ha enfoca principalmente en técnicas que no incrementen esos altos índices de contaminación ambiental.

Es así que se han realizado los análisis de los materiales como el sílice, puzolana y cal, a continuación se ejecutan los procesos de experimentación con los indicados materiales.

Con el objetivo de llegar a obtener un bloque, inicialmente se pretende probar las materias primas mediante ensayos a base de morteros, utilizando varias mezclas o dosificaciones enfocadas objetivamente a la utilización de la cal como aglomerante o materia cementante, y la puzolana como árido.

En una comparación analógica se podría decir que la cal es el cemento Portland y la puzolana sería la arena, en la elaboración de un mortero convencional.

3.3.1 ESTUDIO EXPERIMENTAL

En el cuadro N° 3.1 y 3.2, en el cual se analiza a la puzolana y el sílice, se demostró que el material ideal para la elaboración de los bloques es la puzolana debido a su porcentaje de contenido de sílice, y la ubicación de este, pero sin embargo durante el proceso de experimentación se realizó los ensayos con los dos tipos de material, para comprobar la hipótesis indicada anteriormente.

La puzolana utilizada en el proceso no tuvo ningún tipo de procesamiento en el laboratorio, es decir, no hubo, tamizaje, molienda, cocción, etc., por lo tanto para futuras investigaciones o producción industrial los costos de producción se reducirían ya que como es extraída de la cantera directamente pasaría al proceso de fabricación.

El sílice extraído de San Bartolo sí tuvo procesos de lavado debido a que contenía muchas impurezas, secado y molienda, al interior de un molino de bolas del laboratorio de suelos de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Cuenca.

La cal utilizada solo tuvo un proceso de tamizaje para la eliminación de impurezas propias de la comercialización informal en nuestra ciudad, por lo tanto la cal viva se la utilizó cribada por el tamiz número 100.

Una vez identificadas y analizadas las materias primas se procede a establecer las diferentes dosificaciones a ser utilizadas en el proceso de prueba-ensayo por lo tanto se toman en cuenta las siguientes: 1:3; 1:4; 1:5; 1:6 y 1:7. Siempre el orden de los componentes del mortero será: uno de cal y tres de sílice y así en todas las dosificaciones. El criterio utilizado se basa principalmente en experimentar cada una de ellas para establecer el comportamiento y evolución de la resistencia de cada ensayo en la prensa.

Establecidas las dosificaciones se debe especificar la cantidad de agua que se requiere para producir un mortero, con relación a esto corresponde aclarar que según la bibliografía consultada se establece como punto de partida la cantidad del 48% del peso del aglomerante que para el presente caso es la cal.

Además, se tomará en cuenta que en la bibliografía consultada hace referencia a la hidratación de la cal, al respecto se manifiesta que la cantidad de agua necesaria para la hidratación de la cal es del 32% de su peso [22].

Por lo tanto, inicialmente se tomó estos valores dando un total del 80% de agua con respecto al peso total del aglomerante,

Las dosificaciones implementadas queda así:

Dosificación: 1: 3 (80% de agua);

Dosificación: 1: 4 (90% de agua);

Dosificación: 1: 5 (100% de agua);

Dosificación: 1: 6 (110% de agua);

Dosificación: 1: 7 (120% de agua).

No es lo correcto cuando se escribe una dosificación, especificar la cantidad de agua utilizada en el proceso, pero con fines explicativos se lo hace ahora.

Determinado los materiales a utilizar se procede al cálculo de la cantidad necesaria para elaborar las probetas cúbicas. Se debe aclarar que la cantidad necesaria estará en base a obtener dos probetas cúbicas lo que significa tener seis cubos en cada dosificación. De esta forma las dosificaciones y cantidades serán:

Dosificación: 1: 3; 1100 gr de Sílice; 366.66 gr de cal; 293.32 cm³ de agua

Dosificación: 1: 4; 1100 gr de Sílice; 275,00 gr de cal; 247.5 cm³ de agua

Dosificación: 1: 5; 1200 gr de Sílice; 240,00 gr de cal; 240 cm³ de agua

Dosificación: 1: 6; 1200 gr de Sílice; 200,00 gr de cal; 220 cm³ de agua

Dosificación: 1: 7; 1400 gr de Sílice; 200,00 gr de cal; 240 cm³ de agua

Establecido las cantidades se procede a elaborar las mezclas como se aprecia en la fotografía N° 3.1:

Fotografía N° 3.1
Elaboración de probetas



En la fotografía N° 3.1 se observa el proceso de elaboración de las probetas cúbicas en cuanto se refiere al pesaje de cada una de ellas que fueron hechas en la balanza Explorer digital con una capacidad de 10.000 gr.

Una vez pesadas las cantidades, se procedió al mezclado en una batidora por un tiempo de tres minutos, al lapso de ese tiempo se procede a ingresar el agua y de igual manera se lo hace por tres minutos con la finalidad de obtener una mezcla mucho más homogénea.

Al término de este proceso se deja reposar a la mezcla por el lapso de dos horas con la finalidad de dar paso a la hidratación de la cal [12]. Transcurrido el tiempo asignado se procede a la elaboración de las probetas, que previamente fueron limpiadas y recubiertas por un desmoldante. El proceso de vertido de la mezcla se lo hizo por tres

capas y a cada una de ellas se le aplicaron ocho golpes en sentido horario y 8 golpes en sentido contrario, posteriormente a cabo de 24 horas se procede a desencofrar las diferentes probetas.

Es importante aclarar que una vez desencofradas las probetas debería haber sido introducidas en el autoclave, pero por motivos ajenos al autor de la presente investigación, siempre se iniciaba el proceso de curado en el autoclave a las 08h00 del día siguientes, porque normalmente el desencofrado era efectuado siempre pasado las 15h00 y como el tiempo necesario de curado es por 8 horas y el cierre del laboratorio es a las 18h00, no existía el tiempo suficiente por este motivo se lo hacía al día siguiente.

El proceso de curado se lo efectuaba a partir de las 08h00, en el autoclave de marca Humboldt, modelo Boekel para cemento, 120V 60 Hz – H-3240. El mismo que usa medios acelerados para estimar la expansión retardada del cemento portland o aglomerante [23].

El autoclave para su funcionamiento necesita agua que será colocado al fondo del mismo, y la cantidad asignada es el 10% del volumen total de la cámara, 772.494 cm³, la cual tiene el propósito de asignar vapor a altas presiones. Una vez encendido el equipo, deben transcurrir entre 1h30 minutos para alcanzar una presión de 250 PSI y aproximadamente 1h45 minutos para llegar al objetivo final de curado que es de 300 PSI (20 atmosferas). Se vuelve necesario indicar que la maquina debe ser monitoreada constantemente para estabilizar la presión requerida, debido a una avería en el termostato que regula la temperatura, por el contrario si no se lo hace la presión supera lo necesario y además el autoclave podría explotar.

Una autoclave es un recipiente de presión metálico de paredes gruesas con un cierre hermético que permite trabajar a alta presión para realizar una reacción, una cocción o una esterilización con vapor de agua, del cual se quiere que cumpla la función de curado, a base de presión y vapor. Para el presente trabajo de investigación se espera que la presión y temperatura asignada durante las 8 horas que las probetas cúbicas están en el equipo, genere una reacción química de los

materiales, es decir, en el transcurso de este proceso la cal reacciona químicamente con el sílice, formando un agente cementante (silicato cálcico hidratado) que une las partículas de arena [7], y convertirse en una roca artificial. Si se compara con los morteros convencionales, se puede decir que la reacción química entre el cemento, arena y agua transforman a los morteros en piedras artificiales al igual que los morteros sílico-calcáreos.

Finalizado las ocho horas de curado el equipo es apagado y se deja enfriar el mismo hasta el día siguiente.

Fotografía N° 3.2
Elaboración de probetas



En la fotografía N° 3.2 se determina el peso de cada una de las muestras, así como sus medidas previo a ser ensayados en la prensa para establecer su resistencia a la compresión.

Los datos obtenidos durante el ensayo a la compresión se establecen en el Cuadro N° 3.7, en el cual se puede observar que se elaboraron tres probetas y se obtuvieron nueve cubos de la dosificación 1:3 con un porcentaje de agua del ochenta por ciento.

Cuadro N° 3.7
Ensayo a la compresión dosificación 1:3 (80% agua)

ENSAYO A LA COMPRESIÓN										
DATOS DEL ENSAYO										
Ladrillos macizos	Peso g	Lado (a) cm	Lado (b) cm	Lado (c) cm	Area cm ²	Volumen cm ³	Peso/Vol. g/cm ³	Carga Kg	Esfuerzo Kg/cm ²	Esfuerzo Mpa
1	224,94	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,80	2420	96,80	9,49
2	227,11	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,82	1435	57,40	5,63
3	227,11	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,82	1575	63,00	6,18
4	227,05	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,82	2150	86,00	8,43
5	223,82	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,79	2653	106,12	10,41
6	223,96	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,79	1993	79,72	7,82
7	222,63	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,78	1785	71,40	7,00
8	226,84	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,81	1530	61,20	6,00
9	222,33	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,78	1509	60,36	5,92

Fuente y Elaboración: Laboratorio de Geotecnia y estructuras. Universidad de Cuenca.

En el Cuadro N° 3.7 (Ver anexo N° 3) se observa que la resistencia en promedio es 75,77 kg/cm², lo cual es muy reducida y esto se debe a que la probeta presenta fracturas ocasionado principalmente por la cantidad de agua utilizada durante el proceso de elaboración de la misma.

Esta característica se observa en todas y cada una de las dosificaciones planteadas inicialmente.

Por esta consideración se procede a bajar el porcentaje de agua utilizada para este proceso en un 20%, que dando las mismas de la siguiente manera:

Dosificación: 1: 3; 1100 gr de Sílice; 366.66 gr de cal; 219.99 cm³ de agua

Dosificación: 1: 4; 1100 gr de Sílice; 275,00 gr de cal; 192.5 cm³ de agua

Dosificación: 1: 5; 1200 gr de Sílice; 240,00 gr de cal; 192 cm³ de agua

Dosificación: 1: 6; 1200 gr de Sílice; 200,00 gr de cal; 180 cm³ de agua

Dosificación: 1: 7; 1400 gr de Sílice; 200,00 gr de cal; 200 cm³ de agua

Adicionalmente las muestras presentan un alto nivel de esponjamiento durante el proceso de elaboración en las probetas cúbicas.

Esta característica ha permitido obtener un gran avance durante el proceso investigativo, ya que gracias al método de prueba-error se puede observar la evolución y cambios que van presentando las diferentes muestras.

El aspecto o forma de las probetas son irregulares en cuanto se refiere a acabado ya que estas son de aristas mal definidas y en ocasiones las superficies presentan desprendimientos del material y su textura es muy rugosa. Este particular hace que en un futuro los técnicos vinculados al mundo de la construcción no aprecien a este nuevo tipo de material para ser utilizados en sus diferentes obras.

Una vez modificado las dosificaciones se procede nuevamente con el proceso de elaboración, moldeado, desencofrado, curado y ensayo a la compresión de las probetas obteniendo los siguientes resultados:

Fotografía N° 3.3
Estado de probetas



En la fotografía N° 3.3, se puede apreciar que el acabado de la probeta es irregular en cuanto a la superficie y arista, ya que presenta fracturas de considerables dimensiones, aun así su resistencia tiene un promedio de 75,77 kg/cm².

Fotografía N° 3.4
Curado de probetas



En la fotografía N° 3.4, se aprecia el proceso de curado de las probetas cúbicas en el autoclave.

Cuadro N° 3.8
Ensayo a la compresión; dosificación 1:3 (60% agua)

ENSAYO A LA COMPRESIÓN										
DATOS DEL ENSAYO										
Ladrillos macizos	Peso g	Lado (a) cm	Lado (b) cm	Lado (c) cm	Area cm ²	Volumen cm ³	Peso/Vol. g/cm ³	Carga Kg	Esfuerzo Kg/cm ²	Esfuerzo Mpa
1	231,96	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,86	1825	73,00	7,16
2	229,91	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,84	3625	145,00	14,22
3	230,11	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,84	2275	91,00	8,92

En el Cuadro N° 3.8 (1:3; 60% agua) (Ver anexo N° 4), se aprecia una mejor resistencia de las muestras y mejor aún las mismas presentan mejores características en cuanto a su forma y textura. Tienen aristas muy bien definidas y su acabado es liso en las seis superficies de los cubos ensayados (Ver fotografía N° 3.5). Y tiene una resistencia promedio de 103 kg/cm².

Fotografía N° 3.5
Acabado de probetas



Cuadro N° 3.9
Ensayo a la compresión; dosificación 1:4 (90% agua)

ENSAYO A LA COMPRESIÓN										
DATOS DEL ENSAYO										
Ladrillos macizos	Peso g	Lado (a) cm	Lado (b) cm	Lado (c) cm	Area cm ²	Volumen cm ³	Peso/Vol. g/cm ³	Carga Kg	Esfuerzo Kg/cm ²	Esfuerzo Mpa
1	233,96	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,87	2160	86,40	8,47
2	230,91	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,85	2256	90,24	8,85
3	231,68	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,85	1590	63,60	6,24
4	231,02	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,85	2210	88,40	8,67

En el Cuadro N° 3.9 (1:4; 90% agua) (Ver anexo N° 5), se aprecia de igual manera una deficiencia en cuanto a la resistencia y acabado de las probetas ensayadas. Por lo que se procede a cambiar la cantidad de agua utilizada. La resistencia promedio fue de 82,16 kg/cm².

Cuadro N° 3.10
Ensayo a la compresión; dosificación 1:4 (70% agua)

ENSAYO A LA COMPRESIÓN										
DATOS DEL ENSAYO										
Ladrillos macizos	Peso g	Lado (a) cm	Lado (b) cm	Lado (c) cm	Area cm ²	Volumen cm ³	Peso/Vol. g/cm ³	Carga Kg	Esfuerzo Kg/cm ²	Esfuerzo Mpa
1	235,73	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,89	3493	139,72	13,70
2	232,28	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,86	3565	142,60	13,98
3	233,51	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,87	4223	168,92	16,57
4	232,89	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,86	4650	186,00	18,24
5	231,47	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,85	2075	83,00	8,14
6	231,44	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,85	3575	143,00	14,02
7	230,96	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,85	3500	140,00	13,73

En el Cuadro N° 3.10 (1:4; 70% agua) (Ver anexo N° 6), se aprecia un incremento en la resistencia de las probetas cubicas ensayada, así como un cambio radical en su forma y acabado y es evidente que el cambio implementado con respecto al agua utilizada surtió un efecto acertado. La resistencia promedio fue de 143,32 kg/cm².

Cuadro N° 3.11
Ensayo a la compresión; dosificación 1:5 (100% agua)

ENSAYO A LA COMPRESIÓN										
DATOS DEL ENSAYO										
Ladrillos macizos	Peso g	Lado (a) cm	Lado (b) cm	Lado (c) cm	Area cm ²	Volumen cm ³	Peso/Vol. g/cm ³	Carga Kg	Esfuerzo Kg/cm ²	Esfuerzo Mpa
1	234,83	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,88	2718	108,72	10,66
2	238,24	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,91	2574	102,96	10,10
3	241,65	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,93	2223	88,92	8,72
4	245,06	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,96	2280	91,20	8,94
5	237,21	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,90	3085	123,40	12,10
6	236,88	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,90	2998	119,92	11,76
7	236,55	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,89	2830	113,20	11,10
8	236,22	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,89	2108	84,32	8,27

En el Cuadro N° 3.11 (1:5; 100% agua) (Ver anexo N° 7), se aprecia la dosificación 1: 5 y también presentan serias deficiencias de resistencia y acabado por lo que se procede a realizar cambios en la cantidad de agua implementada durante el proceso de confección de las muestras. La resistencia promedio fue de 102,8 kg/cm².

Cuadro N° 3.12
Ensayo a la compresión; dosificación 1:5 (80% agua)

ENSAYO A LA COMPRESIÓN										
DATOS DEL ENSAYO										
Ladrillos macizos	Peso g	Lado (a) cm	Lado (b) cm	Lado (c) cm	Area cm ²	Volumen cm ³	Peso/Vol. g/cm ³	Carga Kg	Esfuerzo Kg/cm ²	Esfuerzo Mpa
1	219,12	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,75	2997	119,88	11,76
2	233,73	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,87	3084	123,36	12,10
3	229,47	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,84	2935	117,40	11,51
4	235,20	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,88	4073	162,92	15,98
5	236,70	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,89	3865	154,60	15,16
6	233,66	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,87	3625	145,00	14,22
7	232,55	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,86	3935	157,40	15,44
8	234,14	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,87	3370	134,80	13,22

Cuadro N° 3.12 (1:5; 80% agua) (Ver anexo N° 8), se evidencia que el exceso de agua implementada se convierte en un agravante para la investigación desarrollada hasta ese momento. Lo que se ratifica en el cuadro citado ya que la resistencia es mejor que la resistencia presentada en la dosificación con el 100% de agua utilizada. La resistencia promedio fue de 139,42 kg/cm².

Cuadro N° 3.13
Ensayo a la compresión; dosificación 1:6 (110% agua)

ENSAYO A LA COMPRESIÓN										
DATOS DEL ENSAYO										
Ladrillos macizos	Peso g	Lado (a) cm	Lado (b) cm	Lado (c) cm	Area cm ²	Volumen cm ³	Peso/Vol. g/cm ³	Carga Kg	Esfuerzo Kg/cm ²	Esfuerzo Mpa
1	237,25	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,90	1761	70,44	6,91
2	236,04	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,89	2247	89,88	8,81
3	237,07	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,90	2680	107,20	10,51
4	236,55	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,89	2761	110,44	10,83
5	237,11	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,90	2564	102,56	10,06
6	238,92	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,91	2934	117,36	11,51
7	238,11	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,90	2640	105,60	10,36
8	237,29	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,90	2585	103,40	10,14
9	236,27	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,89	2165	86,60	8,49

En el Cuadro N° 3.13 (1:6; 110% agua) (Ver anexo N° 9), también se puede apreciar la deficiencia de las probetas en cuanto su resistencia y acabado, debido a que existen roturas de las muestras. La resistencia promedio fue de 99,27 kg/cm².

Cuadro N° 3.14
Ensayo a la compresión; dosificación 1:6 (90% agua)

ENSAYO A LA COMPRESIÓN										
DATOS DEL ENSAYO										
Ladrillos macizos	Peso g	Lado (a) cm	Lado (b) cm	Lado (c) cm	Area cm ²	Volumen cm ³	Peso/Vol. g/cm ³	Carga Kg	Esfuerzo Kg/cm ²	Esfuerzo Mpa
1	233,46	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,87	2762	110,48	10,83
2	239,02	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,91	2762	110,48	10,83
3	239,79	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,92	2564	102,56	10,06
4	239,56	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,92	3555	142,20	13,95
5	239,33	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,91	3858	154,32	15,13
6	237,54	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,90	2679	107,16	10,51

En el Cuadro N° 3.14 (1:6; 90% agua) (Ver anexo N° 10), se ratifica la tendencia que presentan los ensayos del material, por la reducción en la cantidad de agua utilizada tanto en la dosificación del cuadro N° 3.14 con el 110% de agua frente 90% del cuadro citado anteriormente. La resistencia promedio fue de 121,20 kg/cm².

Cuadro N° 3.15
Ensayo a la compresión; dosificación 1:7 (120% agua)

ENSAYO A LA COMPRESIÓN										
DATOS DEL ENSAYO										
Ladrillos macizos	Peso g	Lado (a) cm	Lado (b) cm	Lado (c) cm	Area cm ²	Volumen cm ³	Peso/Vol. g/cm ³	Carga Kg	Esfuerzo Kg/cm ²	Esfuerzo Mpa
1	235,18	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,88	2617	104,68	10,27
2	234,52	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,88	2699	107,96	10,59

En el Cuadro N° 3.15 (1:7; 120% agua) (Ver anexo N° 11), está la dosificación 1: 7 con el 120% de agua utilizada, lo que produce un de esponjamiento considerable en las muestras. La resistencia promedio fue de 106,32 kg/cm².

Cuadro N° 3.16
Ensayo a la compresión; dosificación 1:7 (100% agua)

ENSAYO A LA COMPRESIÓN										
DATOS DEL ENSAYO										
Ladrillos macizos	Peso g	Lado (a) cm	Lado (b) cm	Lado (c) cm	Area cm ²	Volumen cm ³	Peso/Vol. g/cm ³	Carga Kg	Esfuerzo Kg/cm ²	Esfuerzo Mpa
1	246,40	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,97	3122	124,88	12,25
2	246,78	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,97	3122	124,88	12,25
3	246,16	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,97	3125	125,00	12,26
4	246,16	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,97	2616	104,64	10,26
5	246,54	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,97	2697	107,88	10,58
6	246,92	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,98	2450	98,00	9,61
7	247,30	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,98	2313	92,52	9,07

En el Cuadro N° 3.16 (1:7; 100% agua) (Ver anexo N° 12), está la información que se venía dando desde los inicios de esta etapa de ensayos y por lo tanto se puede concluir que la reducción al 100% de agua para este caso también se ve reflejado en los resultados obtenido. La resistencia promedio fue de 111,11 kg/cm².

Se debe tomar en cuenta que existe un factor adicional para ser analizado producto de los resultados obtenido y es que a medida que se aumenta la cantidad de sílice en las dosificaciones utilizadas se reduce la cantidad de aglomerante o cal, lo que también lo convierte en un factor determinante para la resistencia y acabado final de las probetas ensayadas.

Los diferentes ensayos realizados hasta el momento han permitido tener una clara idea de la evolución y comportamiento del material utilizado, además permite consolidar la idea planteada desde los inicios de esta investigación, es decir, si tiene asidero la idea central, sobre poder elaborar bloques o ladrillos como una alternativa constructiva para nuestro medio.

Una vez obtenido los resultados se procede a identificar la dosificación óptima con la finalidad de ser analizada y ensaya para la elaboración de los ladrillos, objetivo final del presente estudio

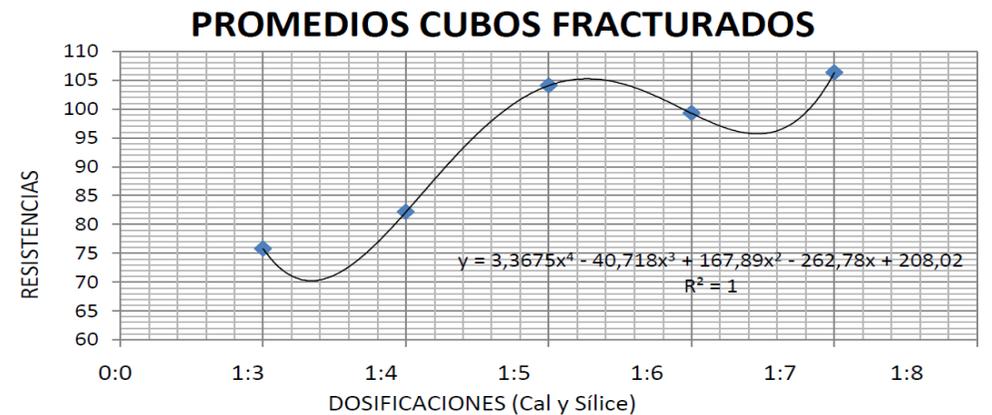
En el Cuadro N° 3.17 se observa en resumen dos tipos de curvas, la primera se refiere a los cubos que producto del incremento de agua tuvieron serias deficiencias en cuanto a su resistencia y acabado final,

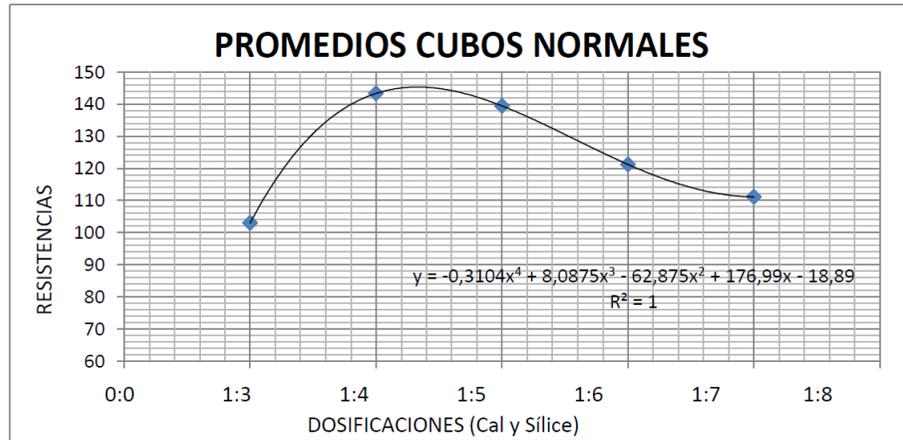
por lo que la curva no tiene una continuidad en su forma final, y en la segunda se puede apreciar una curva continua y representa a aquellos cubos que tenían un porcentaje menor de agua utilizada durante el proceso de elaboración de las mezclas.

Pero es importante destacar que gracias a la curva con "promedio de cubos normales", se puede identificar que la búsqueda del mortero óptimo tiene su justificativo técnico en el mortero cuya dosificación está en el punto de inflexión máxima de ella y demuestra que el óptimo es la dosificación 1: 4 (Ver anexo N° 13).

Cuadro N° 3.17
Promedio de resultados de dosificación implementadas

TABLA DE RESÚMENES DE RESULTADOS			
Dosificaciones	Prom. Resistencias Cubos Fracturados	Prom. Resistencias Cubos Normales	DATOS PROMEDIOS
Cal, Sílice y Agua	Kgf/cm ²	Kgf/cm ²	
1:3	75,78	103,00	
1:4	82,16	143,32	
1:5	104,08	139,42	
1:6	99,28	121,20	
1:7	106,32	111,11	





Una vez identificada la dosificación 1:4 como óptima se procede a la elaboración de los bloques. Para tal efecto es necesario aclarar que se necesita una máquina cuyo molde sea apropiada para su elaboración, lo cual no es un problema a considerar, no así el proceso de curado de los mismo, ya que se necesitaría de un autoclave de tamaño industrial para que pueda caber el bloque de dimensiones similares a los de libre comercialización en el medio, y por la cantidad de elementos a elaborar. Por esta consideración se fabricó ladrillos macizos con el tamaño proporcional y adecuado para poderlos introducir en el autoclave, cuyas dimensiones de la cámara son: 15,55 de diámetro x 40,64 cm. de alto [23]. Aceptada la propuesta se procede a la elaboración de un molde de madera (trupan) con las siguientes medidas, 10 x 5 x 2,5 cm, que representa a las medidas de un ladrillo convencional de arcilla cocida de nuestro medio.

El proceso de elaboración de los diferentes ladrillos es igual al utilizado durante la confección de los cubos, es decir, se toma en cuenta las medidas del molde para establecer la cantidad requerida de mezcla con la finalidad de llenar los moldes. Una vez pesada y mezclada la materia prima se deja reposar por dos horas y posteriormente son vertidos y compactados al interior del molde por capas y compactadas con dieciséis golpes con un pisón para morteros. Al día siguiente, son desencofrados para su posterior curado en el autoclave, por un tiempo de ochos horas igual que sus predecesores, los cubos de puzolana.

Fotografía N° 3.6

Desencofrado de probetas



En la fotografía N° 3.6, se observa el procesos de desencofrado de los ladrillos para su futuro curado en el autoclave.

Fotografía N° 3.7
Desencofrado de probetas



En la fotografía N° 3.7, se puede ver que las probetas una vez desmoldadas presentan formas y texturas acordes a los requerimientos establecidos por la disminución de la cantidad de agua utilizada en el proceso.

Obtenidos de esta manera, los prototipos son ensayados en la prensa para determinar su resistencia a la compresión (Ver fotografía N° 3.8) teniendo los siguientes resultados ver Cuadro N° 3.18.

Fotografía N° 3.8
Ensayo a la compresión de ladrillos



En el citado cuadro N° 3.18, se puede apreciar que la resistencia de los ladrillos es diferente a las obtenidas en los ensayos de cubos de dosificación 1:4, son de menor resistencia debido a la forma que fueron ensayados, canto contra canto. Son el resultado de procesos similares y asimismo son resistencias aceptables, y pueden ser adecuados para ser utilizados para fabricar paredes de mampostería no portante.

Cuadro N° 3.18
Resultados de ensayos de ladrillos dosificación 1:4
Canto contra canto

ENSAYO A LA COMPRESIÓN										
DATOS DEL ENSAYO										
Ladrillos macizos	Peso g	Lado (a) cm	Lado (b) cm	Lado (c) cm	Area cm ²	Volumen cm ³	Peso/Vol. g/cm ³	Carga Kg	Esfuerzo Kg/cm ²	Esfuerzo Mpa
1	281,10	10,11	2,95	5,46	29,82	162,84	1,73	2723	91,30	8,95
2	251,50	9,81	2,91	5,24	28,55	149,59	1,68	2343	82,07	8,05
3	254,20	10,12	2,85	5,42	28,84	156,32	1,63	2294	79,54	7,80
4	256,90	10,43	2,79	5,60	29,10	162,96	1,58	2645	90,89	8,91
5	259,60	10,74	2,73	5,78	29,32	169,47	1,53	2396	81,72	8,01

De los datos obtenidos en el Cuadro N° 3.18 (Ver anexo N° 14) también se puede deducir que según la norma INEN 294 si son aptos para ser utilizados para la construcción en nuestro medio, su resistencia promedio es de 85,1 kg/cm²

Cuadro N° 3.19
Resultados de ensayos de ladrillos dosificación 1:4
Tabla contra tabla

ENSAYO A LA COMPRESIÓN										
DATOS DEL ENSAYO										
Ladrillos macizos	Peso g	Lado (a) cm	Lado (b) cm	Lado (c) cm	Area cm ²	Volumen cm ³	Peso/Vol. g/cm ³	Carga Kg	Esfuerzo Kg/cm ²	Esfuerzo Mpa
1	217,75	9,92	5,01	2,42	49,70	120,27	1,81	12576	253,04	24,82
2	223,17	9,93	5,08	2,38	50,44	120,06	1,86	12533	248,45	24,37
3	225,88	10,05	5,13	2,31	51,56	119,10	1,90	10969	212,76	20,86
4	224,48	10,02	5,11	2,31	51,20	118,28	1,90	10622	207,45	20,34
5	223,81	10,11	5,05	2,36	51,06	120,49	1,86	11473	224,72	22,04

En el cuadro N° 3.19 (Ver anexo N° 15) se observa que las resistencias de los ladrillos aumentan sustancialmente, incluso son mejores que las probetas cúbicas de la dosificación óptima, estos fueron ensayados tabla contra tabla y su resistencia promedio es de 229,28 kg/cm²

Cuadro N° 3.20
Norma INEN 294 y 296

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

Según el Cuadro N° 3.20 se deduce que los ladrillos objeto de estudio estarían dentro de los elementos macizos tipo B, siendo apto y acorde a la norma Ecuatoriana INEN 294. El ladrillo prototipo también fue sometido a un ensayo de absorción que se puede evidenciar en el Cuadro N° 3.21 (Ver anexo N° 16).

Como se puede observar en el cuadro N° 3.21, se tiene un porcentaje de absorción aceptable ya que tiene un promedio del 17% siendo este acorde en lo estipulado en la norma INEN 296, el cual es macizo tipo B.

Cuadro N° 3.21
Ensayo a la Absorción de Ladrillos de Cal y Sílice

DATOS DEL ENSAYO			
LADRILLOS	PESO SAT.	PESO SECO	ABSORCIÓN
	g	g	%
1	1036	882	17,46
2	1181	1002	17,86
3	1271	1082	17,47

3.4 ELABORACIÓN DE MURETES

Una vez elaborados y ensayados los ladrillos prototipo y comprobado su capacidad de resistencia a la compresión, se procede a la elaboración de los muretes. Para tal efecto se fabricaron 18 ladrillos con el mismo procedimiento utilizado anteriormente.

El método utilizado para la elaboración de los muretes está basado en la confección de tres hiladas unidas entre sí por un mortero de dosificación 1:3 con espesor de un centímetro ya que así lo establece la norma que aplica para este proceso.

Realizado la confección de los muretes, se procede a forrarlos de una membrana de plástico por el lapso de 7 días para evitar la pérdida de agua en las juntas, en el día 21 son ensayados en el laboratorio.

Fotografía N° 3.9
Ensayo a la compresión de ladrillos



En la fotografía N° 3.9 se puede apreciar el inicio del ensayo a la compresión para comprobar la resistencia de los muretes.

Fotografía N° 3.10
Ensayo a la compresión de ladrillos



En la fotografía N° 3.10 se observa la ubicación de los muretes, los cuales fueron ensayos de dos formas. La primera, tabla con tabla y la segunda canto con canto, con la finalidad de probar su resistencia de forma tradicional como se utilizaría un ladrillo común en una pared y la ubicación que tendría un bloque convencional en una mampostería de bloque.

Fotografía N° 3.11
Ensayo a la compresión de ladrillos



En la fotografía N° 3.11 se aprecia la rotura que tuvieron los muretes constituidos de tres ladrillos colocados tabla contra tabla. La fractura es vertical, y la resistencia promedio de estos fue de 66,41 kg/cm²

Fotografía N° 3.12
Ensayo a la compresión de ladrillos



En la fotografía N° 3.12 se puede observar una de las cargas asignadas a los muretes de tabla con tabla.

Concluido con el ensayo de muretes se procede a la tabulación y análisis de la información recolectada, con la finalidad de obtener los resultados finales.

Cuadro N° 3.22
Ensayo a la compresión de muretes tabla con tabla

DATOS DEL ENSAYO							
Prismas	Lado (a)	Lado (b)	Lado (c)	Area	Carga	Esfuerzo	Esfuerzo
	cm	cm	cm	cm ²	Kg	Kg/cm ²	Mpa
Prismas con 3 hiladas de Ladrillos colocados tabla con tabla							
1	10,00	5,00	8,50	50,00	3175	63,50	6,23
2	10,00	5,00	8,50	50,00	3241	64,82	6,36
3	10,00	5,00	8,50	50,00	3545	70,90	6,95

PROMEDIO RESISTENCIA (Kgf/cm²) 66,41

En el Cuadro N° 3.22 (Ver anexo N° 17) se puede observar que los promedios de las resistencias de los muretes es considerablemente reducida (-70%), esto con respecto a las resistencias de los ladrillos ensayados de la misma forma, es decir tabla contra tabla.

Cuadro N° 3.23
Ensayo a la compresión de muretes canto con canto

DATOS DEL ENSAYO							
Prismas	Lado (a)	Lado (b)	Lado (c)	Area	Carga	Esfuerzo	Esfuerzo
	cm	cm	cm	cm ²	Kg	Kg/cm ²	Mpa
Prismas con 3 hiladas de Ladrillos colocados canto con canto							
4	10,00	2,50	16,00	25,00	1563	62,52	6,13
5	10,00	2,50	16,00	25,00	1581	63,24	6,20
6	10,00	2,50	16,00	25,00	1599	63,96	6,27

PROMEDIO RESISTENCIA (Kgf/cm²) 63,24

En el Cuadro N° 3.23 (Ver anexo N° 18) se aprecia que la perdida de resistencia de estos muretes es razonable (-25%) en relación a los ladrillos ensayados canto contra canto.

CAPITULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se detallan las conclusiones a las cuales se llegó después de toda la investigación realizada y las recomendaciones hechas para futuras investigaciones relacionadas al tema.

4.1 CONCLUSIONES

A continuación se recogen de los capítulos anteriores las conclusiones que se han considerado más importantes para el objetivo de esta tesis.

-El estudio de la materia prima procedente de diferentes localidades en nuestra región, ha permitido establecer con claridad, mediante pruebas en el laboratorio la dosificación óptima para ser utilizadas en la presente investigación.

-Con la finalidad de reducir costos de producción a escala industrial en un futuro, se vuelve indispensable la utilización de puzolana del sector, Llacao ubicado en el cantón Cuenca.

-La experimentación de la materia en laboratorio ha demostrado que la fabricación de los ladrillos sílico-calcáreos son factibles de elaborarlos, alcanzando resistencias adecuadas.

-Se optó por la utilización de cal apagada no así cal viva, por que se quiere suprimir el tiempo de apagarla, con la finalidad de acelerar el proceso de fabricación y optimización de recursos. Por tal motivo, se adiciona agua en la dosificación óptima para hidratarla, dejándola reposar por el lapso de dos a tres horas.

-El aglomerante adecuado para el proceso debe ser cal viva. La calidad de la cal debe ser tal que, si es viva, hidrate completamente durante la etapa del proceso destinada a su hidratación, con anterioridad al moldeado. Este requisito es esencial, por la expansión que ocurre cuando la cal se hidrata. Si la hidratación no se ha completado previamente, ella ocurre en el autoclave y la expansión resultante, si es pequeña, reduce la resistencia de las unidades y si es grande, las agrieta y hasta puede destruirlas.

-Una vez concluido los ensayos en laboratorio se obtuvo como resultados una resistencia promedio de 229 kg/cm², lo que permite ser utilizados en el sector de construcción de nuestra región.

-Una de las propiedades más importantes del ladrillo es su resistencia, por lo que se fabrican en grandes volúmenes para ser utilizados en la industria de la construcción, las unidades de ladrillos sílico-calcáreos sobrepasan los estándares de resistencia de otro tipo de materiales; mientras que un ladrillo de construcción estándar resiste una compresión de 160 kg/cm², el ladrillo sílico-calcáreo de la presente investigación específica una resistencia de 229 kg/cm².

-Un aspecto importante con respecto al gran ahorro de energía en la fabricación de este nuevo material, es que la máxima temperatura a la que se debe someter el ladrillo dentro del proceso es entre 200 – 250°C (vapor recalentado), muy bajo con respecto a la temperatura que alcanzan los hornos de ladrillo convencional de 750°C. Además, al quemar un ladrillo con carbón mineral, la emisión de CO₂ por la combustión se evita en este proceso, lo cual implica que nuestro ladrillo es ecológico.

-Los ladrillos sílico-calcáreos pueden calificarse como unidades ecológicas, debido a que la utilización de estos ladrillos disminuye la cantidad de cemento que actualmente se adiciona en la mampostería convencional.

4.2 RECOMENDACIONES

-Por lo descrito e investigado se puede concluir que el objetivo principal de la presente investigación que es elaborar bloques con sílice, confeccionados con materiales propios de la zona, para la fabricación de paredes no portantes para viviendas, ha sido alcanzado ya que se ha demostrado que si se puede fabricar los ladrillos sílico-calcáreos, alcanzando resistencias apropiadas.

-Al ser un material de construcción nuevo en el medio, se recomienda para futuras investigaciones darle el potencial necesario; por lo tanto se deben realizar nuevas exploraciones para implementar y desarrollar sistemas constructivos innovadores en lo que a ladrillo sílico-calcáreo se refiere.

-Se sugiere así también investigaciones futuras en el desarrollo de este elemento constructivo sin la utilización de este sistema de curado, (autoclave), buscando otras alternativas.

-En futuras investigaciones se propone estudiar otros elementos constructivos como estructuras para cielo raso, paneles y puertas.

ANEXOS

ANEXOS N° 1: Análisis Químico. Sílice y Cal

ANEXOS N° 2: Ensayo granulométrico de la materia prima Puzolana del sector de Llacao.

ANEXOS N° 3: Ensayo a la compresión. Cubos de Cal y sílice (Puzolana del sector de Llacao). Dosificación 1:3" con 80% de Agua

ANEXOS N° 4: Ensayo a la compresión. Cubos de Cal y sílice (Puzolana del sector de Llacao). Dosificación 1:3 con 60% de Agua

ANEXOS N° 5: Ensayo a la compresión. Cubos de Cal y sílice (Puzolana del sector de Llacao). Dosificación 1:4" con 90% de Agua

ANEXOS N° 6: Ensayo a la compresión. Cubos de Cal y sílice (Puzolana del sector de Llacao). Dosificación 1:4 con 70% de Agua

ANEXOS N° 7: Ensayo a la compresión. Cubos de Cal y sílice (Puzolana del sector de Llacao). Dosificación 1:5" con 100% de Agua

ANEXOS N° 8 Ensayo a la compresión. Cubos de Cal y sílice (Puzolana del sector de Llacao). Dosificación 1:5 con 80% de Agua

ANEXOS N° 9 Ensayo a la compresión. Cubos de Cal y sílice (Puzolana del sector de Llacao). Dosificación 1:6" con 110% de Agua

ANEXOS N° 10 Ensayo a la compresión. Cubos de Cal y sílice (Puzolana del sector de Llacao). Dosificación 1:6 con 90% de Agua

ANEXOS N° 11 Ensayo a la compresión. Cubos de Cal y sílice (Puzolana del sector de Llacao). Dosificación 1:7" con 120% de Agua

ANEXOS N° 12 Ensayo a la compresión. Cubos de Cal y sílice (Puzolana del sector de Llacao). Dosificación 1:7 con 100% de Agua

ANEXOS N° 13 Tabla de Resumen de los Resultados (Prmedios)

ANEXOS N° 14 Ensayo a la compresión. Ladrillos de Cal y sílice (Puzolana del sector de Llacao). Dosificación 1:4 (Canto contra Canto)

ANEXOS N° 15 Ensayo a la compresión. Ladrillos de Cal y sílice (Puzolana del sector de Llacao). Dosificación 1:4 (Tabla contra Tabla)

ANEXOS N° 16 Datos del Ensayo a la Absorción de Ladrillos de Cal y sílice (Puzolana del sector de Llacao) Dosificación 1:4.

ANEXOS N° 17 Prismas confeccionados con tres hiladas de ladrillo macizos de sílice y cal (Puzolana del sector de Llacao). Dosificación

1:4(Tabla contra Tabla)

ANEXOS N° 18 Prismas confeccionados con tres hiladas de ladrillo macizos de sílice y cal (Puzolana del sector de Llacao). Dosificación

1:4(Canto contra Canto)

 <p>CESEMIN Centro de Servicios y Análisis de Minerales Metálicos y No Metálicos UNIVERSIDAD DE CUENCA</p>	REPORTE DE RESULTADOS	N° RMG699-700 Hoja 1 de 1
---	------------------------------	------------------------------

CLIENTE Arq. Omar Calle

MUESTRAS: Dos

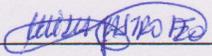
FECHA: 2015-06-02

ANÁLISIS QUÍMICO

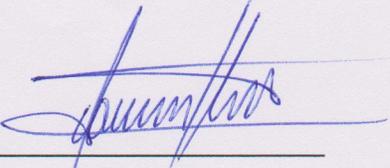
%OXIDO	Cal	Sílice
SiO ₂	7,80	94,97
Al ₂ O ₃	1,99	3,28
Fe ₂ O ₃	0,74	0,19
CaO	66,83	0,14
MgO	0,32	0,02
Na ₂ O	0,40	0,00
K ₂ O	0,08	0,20
P. Fuego	21,84	0,84

OBSERVACIONES:

- Método: Fusión con Hidróxidos.
Extracción Ácida
Espectroscopía de Absorción Atómica.
- El CESEMIN no realiza el muestreo, los análisis se efectúan sobre la muestra entregada por el Cliente. Los datos sobre la muestra, incluido el nombre, fueron proporcionados por el Cliente y son de su entera responsabilidad.



Responsable análisis



Director

cc. archivo

Notas: Este informe sólo afecta a los objetos sometidos a ensayo.

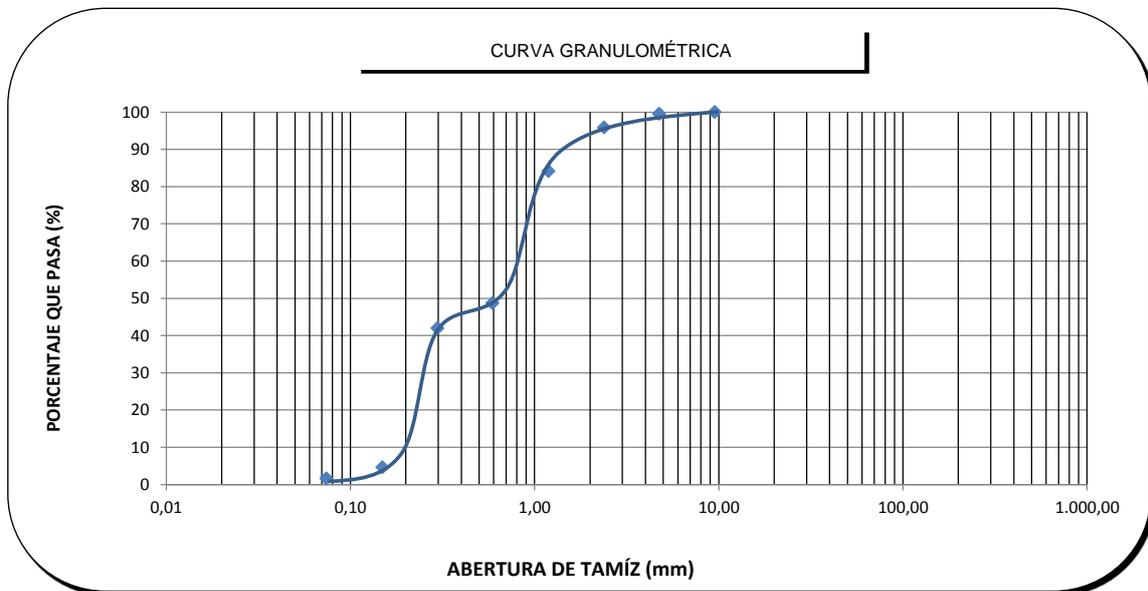
Este el informe no deberá reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del **CESEMIN**.
El laboratorio no se responsabiliza del muestreo, los análisis se efectúan sobre la muestra entregada por el cliente.
Los datos sobre la muestra, incluido el nombre, son proporcionados por el cliente y son de su entera responsabilidad.



PROYECTO:	Elaboración de Bloques con Silíce para Mampostería No Portante
UBICACIÓN:	Universidad de Cuenca
DIRECTOR DE TESIS:	Ing. PhD. Jaime Bojorque Iñiguez
SOLICITADO POR:	Arq. Omar Calle
DESCRIPCIÓN :	Puzolana del Sector de Llacao
FECHA:	23/10/2015

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO						ASTM D-422-63
TAMIZ #.	ABERTURA mm.	PESO RETEN. g	P. RET. ACUM. g	% RETENIDO	% PASA	% ESPECIF.
3/8"	9,50	0,00	0,00	0,00	100,00	
N.4	4,75	4,70	4,70	0,47	99,53	
N.8	2,38	37,00	41,70	4,17	95,83	
N.16	1,19	117,10	158,80	15,88	84,12	
N.30	0,59	354,70	513,50	51,35	48,65	
N.50	0,297	66,70	580,20	58,02	41,98	
N.100	0,149	374,00	954,20	95,42	4,58	
N.200	0,074	29,90	984,10	98,41	1,59	
PASA #200		15,70				
TOTAL		999,80				

PESO ANTES ENSAYO = _____ g PESO ANTES LAVADO (seco)= 1000,00 g
 PESO DESPUÉS ENSAYO = _____ g PESO DESPUÉS LAVADO = 999,80 g



Datos de la Gráfica		
D10=	0,17	mm
D30=	0,25	mm
D60=	0,78	mm

Coefficiente de Uniformidad = $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$

Coefficiente de Curvatura = $C_c = \frac{D_{30}^2}{(D_{60} * D_{10})}$

RESULTADOS		
Diámetro Efectivo		
D 10=	0,17	mm
Coeficiente de Uniformidad		
Cu=	4,59	mm
Coeficiente de Curvatura		
Cc=	0,47	mm



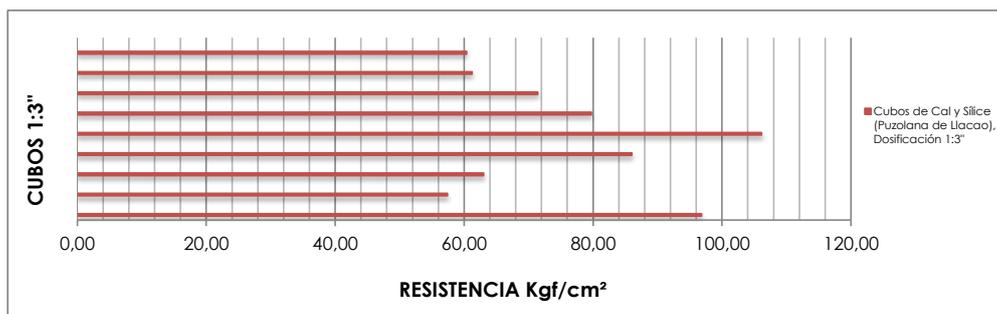
PROYECTO:	Elaboración de Bloques con Silice para Mampostería No Portante
UBICACIÓN:	Universidad de Cuenca
DIRECTOR DE TESIS:	Ing. Ph.D. Jaime Bojorque Iñiguez
SOLICITADO POR:	Arq. Omar Calle
DESCRIPCIÓN :	Puzolana del Sector de Llacao
FECHA:	23/10/2015
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
ASTM D-422-63	

CÁLCULO DE LOS DATOS PARA LOS COEFICIENTES

INTERPOLACIONES							
CÁLCULO DEL DIÁMETRO EFECTIVO (D10) por medio de interpolaciones							
Material que pasa (%)			Aertura del tamiz (mm)				
Porcentaje = 10%=	Y=	10	%	Diámetro Efectivo=D10	X=	0,17	mm
Porcentaje < 10%=	Y1=	4,58	%	Aertura tamiz < 10%=	X1=	0,149	mm
Porcentaje > 10%=	Y2=	41,98	%	Aertura tamiz > 10%=	X2=	0,297	mm
CÁLCULO DEL (D30) por medio de interpolaciones							
Material que pasa (%)			Aertura del tamiz (mm)				
Porcentaje = 30%=	Y=	30	%	Cálculo del=D30	X=	0,25	mm
Porcentaje < 30%=	Y1=	4,58	%	Aertura tamiz < 30%=	X1=	0,149	mm
Porcentaje > 30%=	Y2=	41,98	%	Aertura tamiz > 30%=	X2=	0,297	mm
CÁLCULO DEL (D60) por medio de interpolaciones							
Material que pasa (%)			Aertura del tamiz (mm)				
Porcentaje = 60%=	Y=	60	%	Cálculo del=D60	X=	0,78	mm
Porcentaje < 60%=	Y1=	48,65	%	Aertura tamiz < 60%=	X1=	0,59	mm
Porcentaje > 60%=	Y2=	84,12	%	Aertura tamiz > 60%=	X2=	1,19	mm



PROYECTO:	Elaboración de Bloques con Sílice para Mampostería No Portante									
UBICACIÓN:	Universidad de Cuenca									
DIRECTOR DE TESIS:	Ing. PhD. Jaime Bojorque Iñiguez									
SOLICITADO POR:	Arq. Omar Calle									
DESCRIPCIÓN :	Cubos de Cal y Sílice (Puzolana de Llacao), Dosificación 1:3"									
FECHA:	23/10/2015									
ENSAYO A LA COMPRESIÓN										
DATOS DEL ENSAYO										
Ladrillos macizos	Peso g	Lado (a) cm	Lado (b) cm	Lado (c) cm	Area cm ²	Volumen cm ³	Peso/Vol. g/cm ³	Carga Kg	Esfuerzo Kg/cm ²	Esfuerzo Mpa
1	224,94	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,80	2420	96,80	9,49
2	227,11	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,82	1435	57,40	5,63
3	227,11	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,82	1575	63,00	6,18
4	227,05	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,82	2150	86,00	8,43
5	223,82	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,79	2653	106,12	10,41
6	223,96	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,79	1993	79,72	7,82
7	222,63	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,78	1785	71,40	7,00
8	226,84	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,81	1530	61,20	6,00
9	222,33	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,78	1509	60,36	5,92



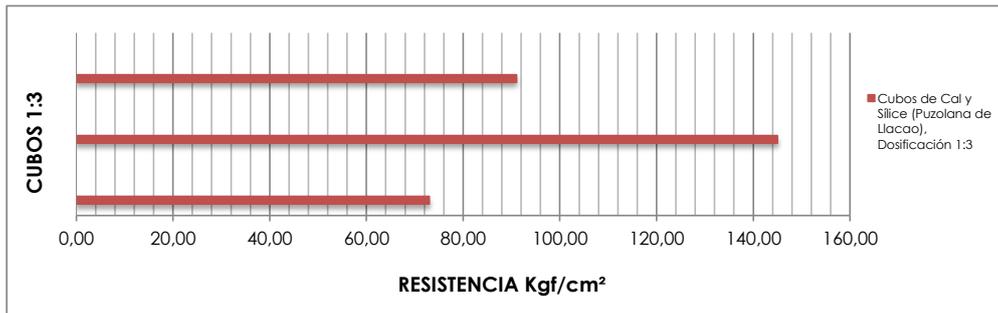
PROMEDIO RESISTENCIA (Kgf/cm²) 75,78



Nota: las muestras en el momento de ser ensayadas presentaban fracturas



PROYECTO:	Elaboración de Bloques con Sílice para Mampostería No Portante									
UBICACIÓN:	Universidad de Cuenca									
DIRECTOR DE TESIS:	Ing. PhD. Jaime Bojorque Iñiguez									
SOLICITADO POR:	Arq. Omar Calle									
DESCRIPCIÓN :	Cubos de Cal y Sílice (Puzolana de Llacao), Dosificación 1:3									
FECHA:	23/10/2015									
ENSAYO A LA COMPRESIÓN										
DATOS DEL ENSAYO										
Ladrillos macizos	Peso g	Lado (a) cm	Lado (b) cm	Lado (c) cm	Area cm ²	Volumen cm ³	Peso/Vol. g/cm ³	Carga Kg	Esfuerzo Kg/cm ²	Esfuerzo Mpa
1	231,96	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,86	1825	73,00	7,16
2	229,91	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,84	3625	145,00	14,22
3	230,11	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,84	2275	91,00	8,92

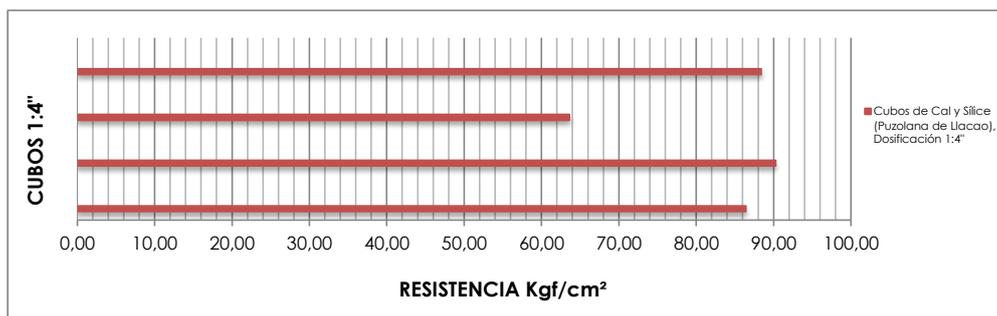
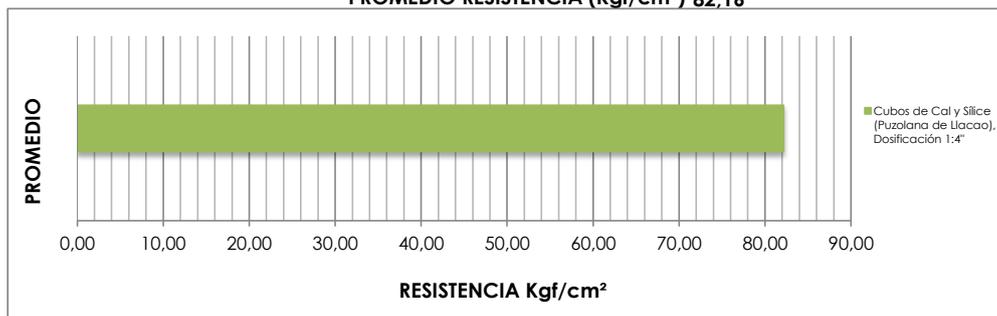




PROYECTO: Elaboración de Bloques con Sílice para Mampostería No Portante
UBICACIÓN: Universidad de Cuenca
DIRECTOR DE TESIS: Ing. PhD. Jaime Bojorque Iñiguez
SOLICITADO POR: Arq. Omar Calle
DESCRIPCIÓN : Cubos de Cal y Sílice (Puzolana de Llacao), Dosificación 1:4"
FECHA: 23/10/2015

ENSAYO A LA COMPRESIÓN**DATOS DEL ENSAYO**

Ladrillos macizos	Peso g	Lado (a) cm	Lado (b) cm	Lado (c) cm	Area cm ²	Volumen cm ³	Peso/Vol. g/cm ³	Carga Kg	Esfuerzo Kg/cm ²	Esfuerzo Mpa
1	233,96	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,87	2160	86,40	8,47
2	230,91	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,85	2256	90,24	8,85
3	231,68	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,85	1590	63,60	6,24
4	231,02	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,85	2210	88,40	8,67

**PROMEDIO RESISTENCIA (Kg/cm²) 82,16**

Nota: las muestras en el momento de ser ensayadas presentaban fracturas

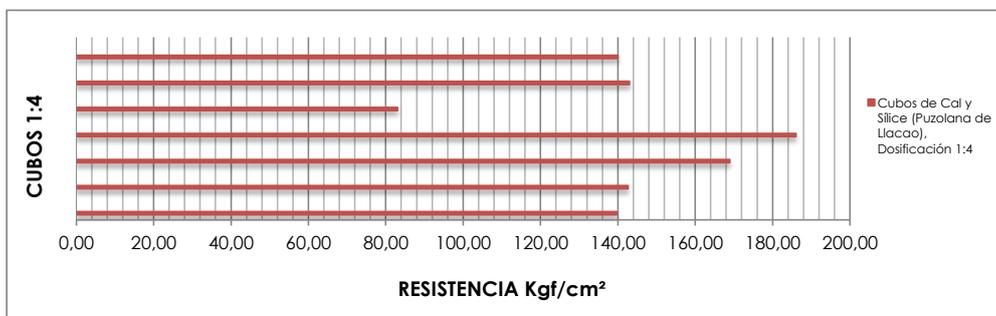


PROYECTO:	Elaboración de Bloques con Sílice para Mampostería No Portante
UBICACIÓN:	Universidad de Cuenca
DIRECTOR DE TESIS:	Ing. PhD. Jaime Bojorque Iñiguez
SOLICITADO POR:	Arq. Omar Calle
DESCRIPCIÓN :	Cubos de Cal y Sílice (Puzolana de Llacao), Dosificación 1:4
FECHA:	12/10/2015

ENSAYO A LA COMPRESIÓN

DATOS DEL ENSAYO

Ladrillos macizos	Peso	Lado (a)	Lado (b)	Lado (c)	Area	Volumen	Peso/Vol.	Carga	Esfuerzo	Esfuerzo
	g	cm	cm	cm	cm ²	cm ³	g/cm ³	Kg	Kg/cm ²	Mpa
1	235,73	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,89	3493	139,72	13,70
2	232,28	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,86	3565	142,60	13,98
3	233,51	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,87	4223	168,92	16,57
4	232,89	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,86	4650	186,00	18,24
5	231,47	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,85	2075	83,00	8,14
6	231,44	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,85	3575	143,00	14,02
7	230,96	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,85	3500	140,00	13,73



PROMEDIO RESISTENCIA (Kgf/cm²) 143,32

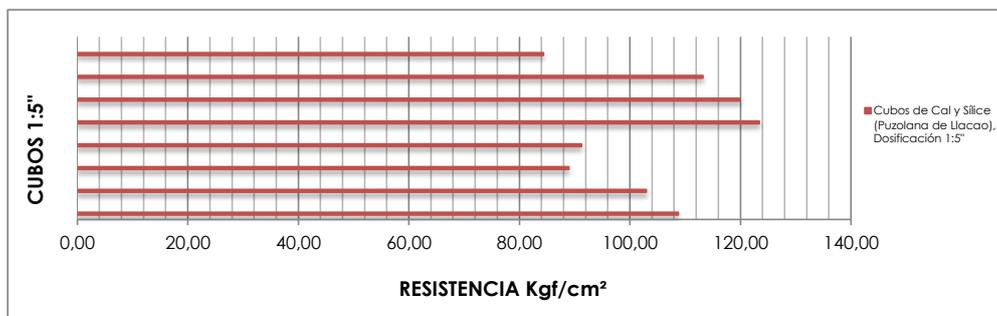




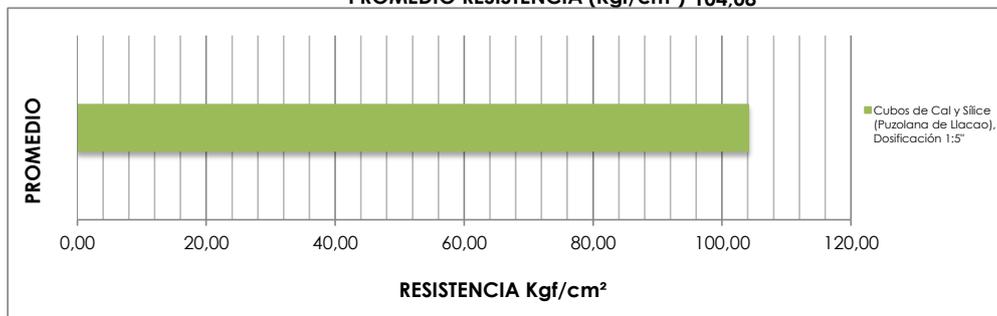
PROYECTO: Elaboración de Bloques con Sílice para Mampostería No Portante
UBICACIÓN: Universidad de Cuenca
DIRECTOR DE TESIS: Ing. PhD. Jaime Bojorque Iñiguez
SOLICITADO POR: Arq. Omar Calle
DESCRIPCIÓN : Cubos de Cal y Sílice (Puzolana de Llacao), Dosificación 1:5"
FECHA: 23/10/2015

ENSAYO A LA COMPRESIÓN**DATOS DEL ENSAYO**

Ladrillos macizos	Peso	Lado (a)	Lado (b)	Lado (c)	Area	Volumen	Peso/Vol.	Carga	Esfuerzo	Esfuerzo
	g	cm	cm	cm	cm ²	cm ³	g/cm ³	Kg	Kg/cm ²	Mpa
1	234,83	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,88	2718	108,72	10,66
2	238,24	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,91	2574	102,96	10,10
3	241,65	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,93	2223	88,92	8,72
4	245,06	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,96	2280	91,20	8,94
5	237,21	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,90	3085	123,40	12,10
6	236,88	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,90	2998	119,92	11,76
7	236,55	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,89	2830	113,20	11,10
8	236,22	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,89	2108	84,32	8,27



PROMEDIO RESISTENCIA (Kgf/cm²) 104,08



Nota: las muestras 1 y 2 en el momento de ser ensayadas presentaban fracturas

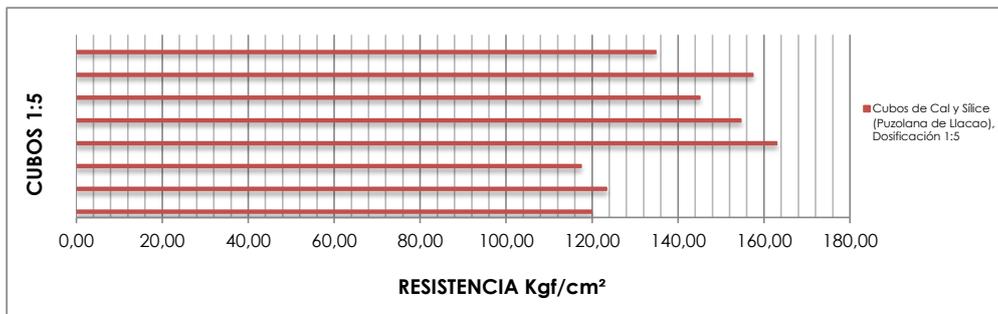


PROYECTO:	Elaboración de Bloques con Sílice para Mampostería No Portante
UBICACIÓN:	Universidad de Cuenca
DIRECTOR DE TESIS:	Ing. PhD. Jaime Bojorque Iñiguez
SOLICITADO POR:	Arq. Omar Calle
DESCRIPCIÓN :	Cubos de Cal y Sílice (Puzolana de Llacao), Dosificación 1:5
FECHA:	23/10/2015

ENSAYO A LA COMPRESIÓN

DATOS DEL ENSAYO

Ladrillos macizos	Peso	Lado (a)	Lado (b)	Lado (c)	Area	Volumen	Peso/Vol.	Carga	Esfuerzo	Esfuerzo
	g	cm	cm	cm	cm ²	cm ³	g/cm ³	Kg	Kg/cm ²	Mpa
1	219,12	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,75	2997	119,88	11,76
2	233,73	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,87	3084	123,36	12,10
3	229,47	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,84	2935	117,40	11,51
4	235,20	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,88	4073	162,92	15,98
5	236,70	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,89	3865	154,60	15,16
6	233,66	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,87	3625	145,00	14,22
7	232,55	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,86	3935	157,40	15,44
8	234,14	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,87	3370	134,80	13,22

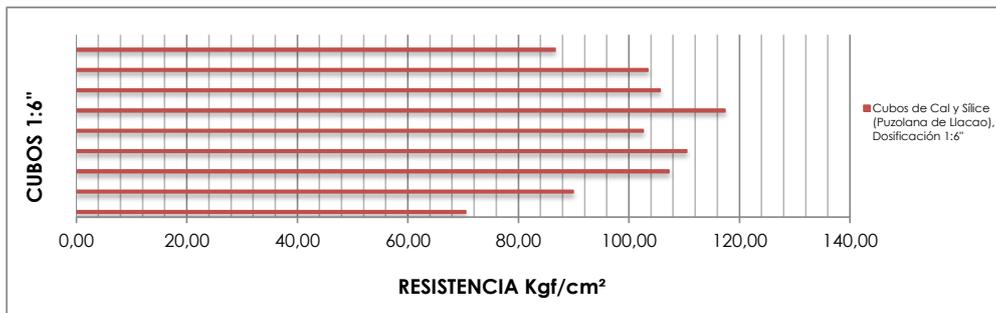


PROMEDIO RESISTENCIA (Kgf/cm²) 139,42

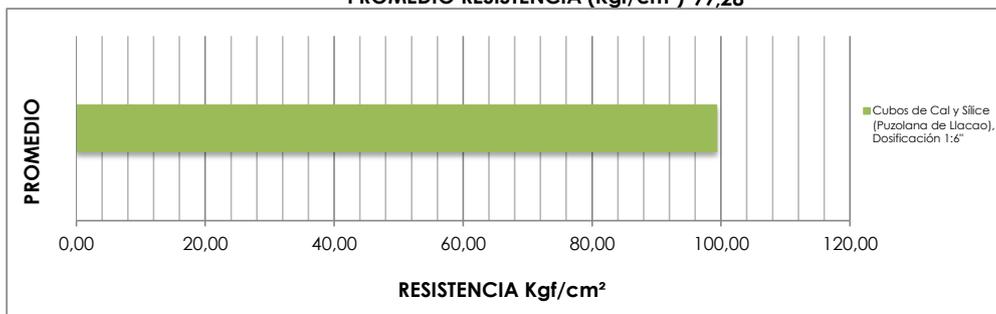




PROYECTO:	Elaboración de Bloques con Sílice para Mampostería No Portante									
UBICACIÓN:	Universidad de Cuenca									
DIRECTOR DE TESIS:	Ing. PhD. Jaime Bojorque Iñiguez									
SOLICITADO POR:	Arq. Omar Calle									
DESCRIPCIÓN :	Cubos de Cal y Sílice (Puzolana de Llacao), Dosificación 1:6"									
FECHA:	23/10/2015									
ENSAYO A LA COMPRESIÓN										
DATOS DEL ENSAYO										
Ladrillos macizos	Peso g	Lado (a) cm	Lado (b) cm	Lado (c) cm	Area cm ²	Volumen cm ³	Peso/Vol. g/cm ³	Carga Kg	Esfuerzo Kg/cm ²	Esfuerzo Mpa
1	237,25	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,90	1761	70,44	6,91
2	236,04	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,89	2247	89,88	8,81
3	237,07	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,90	2680	107,20	10,51
4	236,55	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,89	2761	110,44	10,83
5	237,11	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,90	2564	102,56	10,06
6	238,92	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,91	2934	117,36	11,51
7	238,11	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,90	2640	105,60	10,36
8	237,29	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,90	2585	103,40	10,14
9	236,27	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,89	2165	86,60	8,49



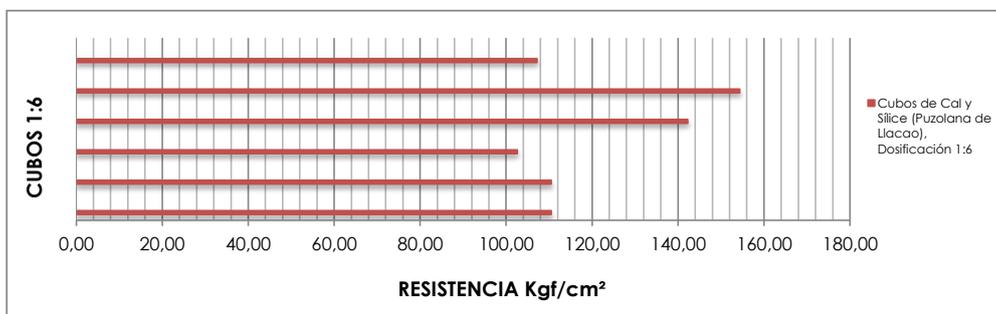
PROMEDIO RESISTENCIA (Kgf/cm²) 99,28



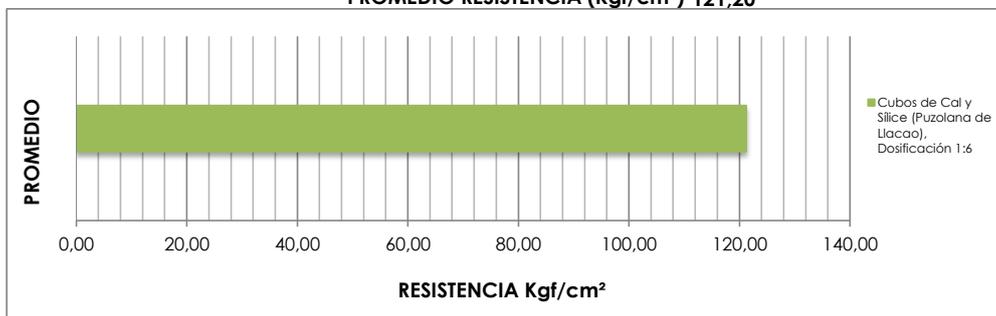
Nota: las muestras en el momento de ser ensayadas presentaban fracturas



PROYECTO:	Elaboración de Bloques con Sílice para Mampostería No Portante									
UBICACIÓN:	Universidad de Cuenca									
DIRECTOR DE TESIS:	Ing. PhD. Jaime Bojorque Iñiguez									
SOLICITADO POR:	Arq. Omar Calle									
DESCRIPCIÓN :	Cubos de Cal y Sílice (Puzolana de Llacao), Dosificación 1:6									
FECHA:	23/10/2015									
ENSAYO A LA COMPRESIÓN										
DATOS DEL ENSAYO										
Ladrillos macizos	Peso g	Lado (a) cm	Lado (b) cm	Lado (c) cm	Area cm ²	Volumen cm ³	Peso/Vol. g/cm ³	Carga Kg	Esfuerzo Kg/cm ²	Esfuerzo Mpa
1	233,46	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,87	2762	110,48	10,83
2	239,02	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,91	2762	110,48	10,83
3	239,79	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,92	2564	102,56	10,06
4	239,56	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,92	3555	142,20	13,95
5	239,33	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,91	3858	154,32	15,13
6	237,54	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,90	2679	107,16	10,51

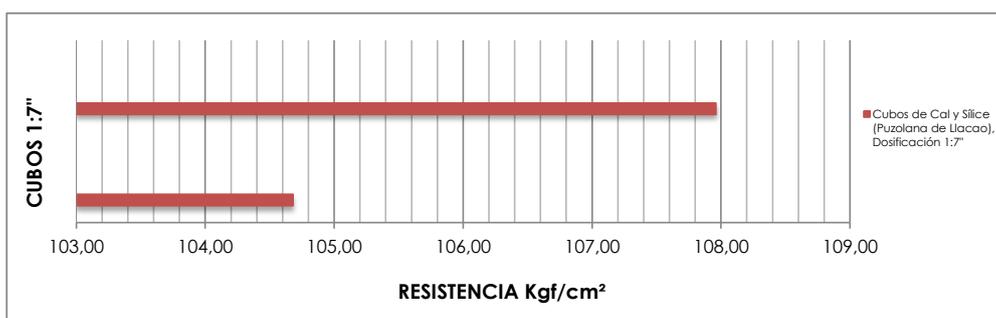


PROMEDIO RESISTENCIA (Kgf/cm²) 121,20





PROYECTO:	Elaboración de Bloques con Sílice para Mampostería No Portante									
UBICACIÓN:	Universidad de Cuenca									
DIRECTOR DE TESIS:	Ing. PhD. Jaime Bojorque Iñiguez									
SOLICITADO POR:	Arq. Omar Calle									
DESCRIPCIÓN :	Cubos de Cal y Sílice (Puzolana de Llacao), Dosificación 1:7"									
FECHA:	23/10/2015									
ENSAYO A LA COMPRESIÓN										
DATOS DEL ENSAYO										
Ladrillos macizos	Peso g	Lado (a) cm	Lado (b) cm	Lado (c) cm	Area cm ²	Volumen cm ³	Peso/Vol. g/cm ³	Carga Kg	Esfuerzo Kg/cm ²	Esfuerzo Mpa
1	235,18	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,88	2617	104,68	10,27
2	234,52	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,88	2699	107,96	10,59



PROMEDIO RESISTENCIA (Kgf/cm²) 106,32



Nota: las muestras en el momento de ser ensayadas presentaban fracturas

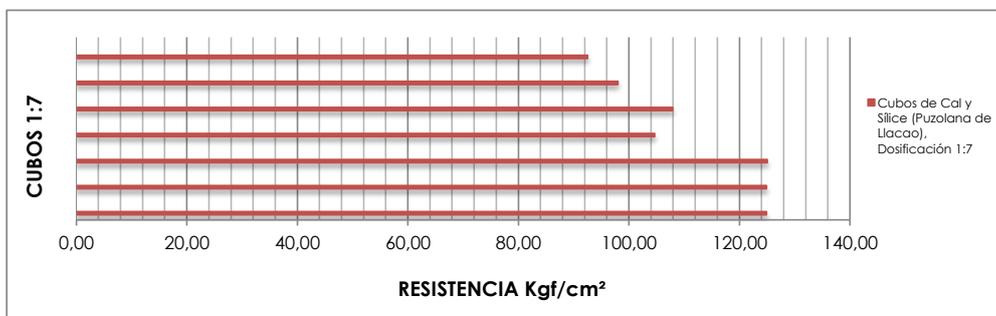


PROYECTO:	Elaboración de Bloques con Sílice para Mampostería No Portante
UBICACIÓN:	Universidad de Cuenca
DIRECTOR DE TESIS:	Ing. PhD. Jaime Bojorque Iñiguez
SOLICITADO POR:	Arq. Omar Calle
DESCRIPCIÓN :	Cubos de Cal y Sílice (Puzolana de Llacao), Dosificación 1:7
FECHA:	12/10/2015

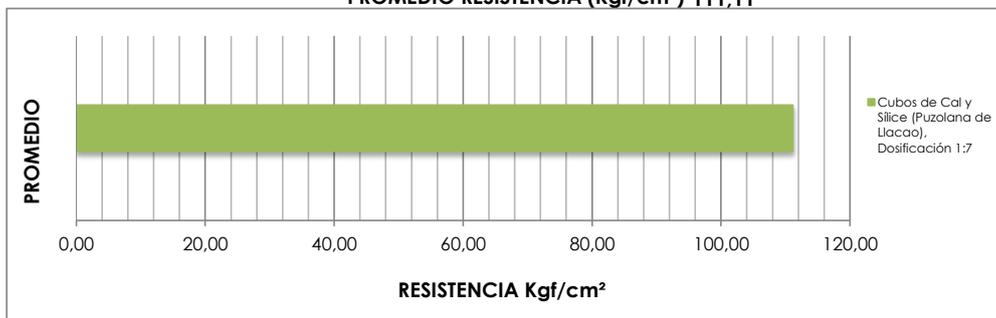
ENSAYO A LA COMPRESIÓN

DATOS DEL ENSAYO

Ladrillos macizos	Peso	Lado (a)	Lado (b)	Lado (c)	Area	Volumen	Peso/Vol.	Carga	Esfuerzo	Esfuerzo
	g	cm	cm	cm	cm ²	cm ³	g/cm ³	Kg	Kg/cm ²	Mpa
1	246,40	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,97	3122	124,88	12,25
2	246,78	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,97	3122	124,88	12,25
3	246,16	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,97	3125	125,00	12,26
4	246,16	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,97	2616	104,64	10,26
5	246,54	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,97	2697	107,88	10,58
6	246,92	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,98	2450	98,00	9,61
7	247,30	5,00	5,00	5,00	25,00	125,00	1,98	2313	92,52	9,07



PROMEDIO RESISTENCIA (Kgf/cm²) 111,11

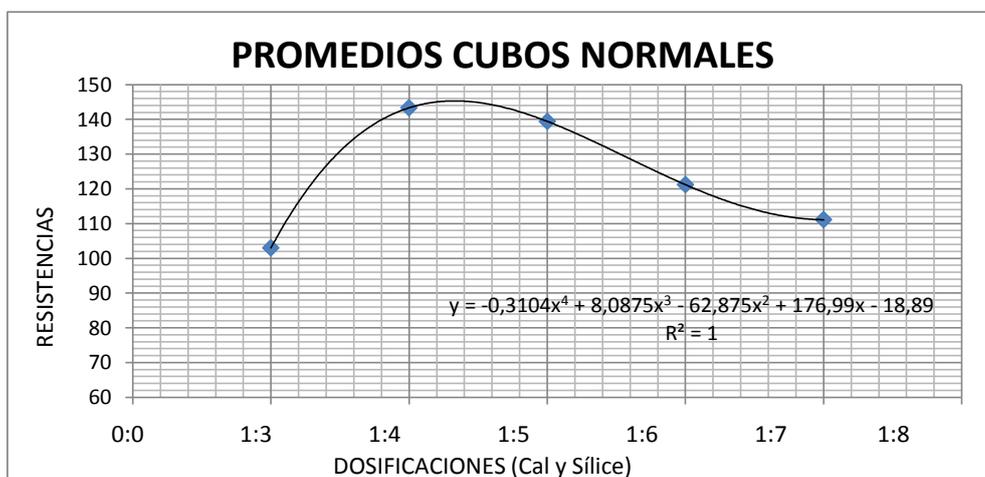
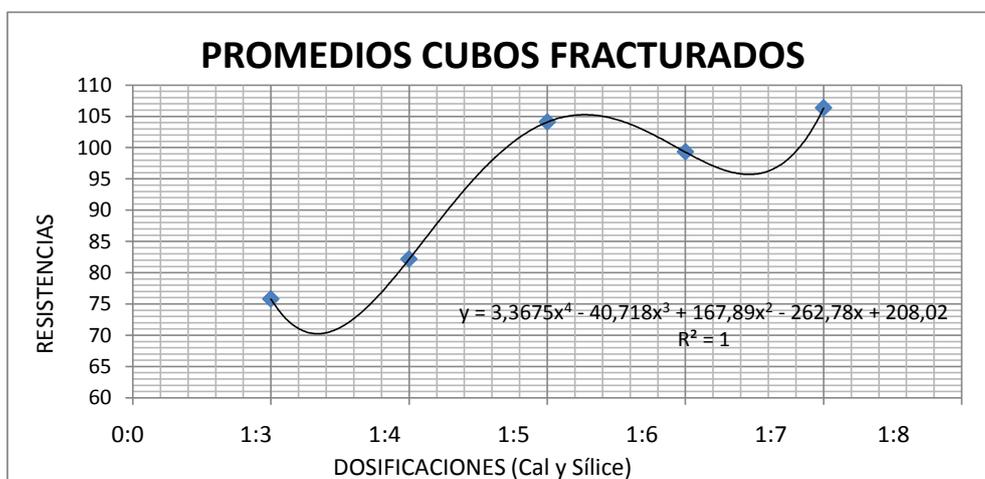




PROYECTO: Elaboración de Bloques con Sílice para Mampostería No Portante
UBICACIÓN: Universidad de Cuenca
DIRECTOR DE TESIS: Ing. PhD. Jaime Bojorque Iñiguez
SOLICITADO POR: Arq. Omar Calle
DESCRIPCIÓN : Ladrillos de Cal y Sílice (Puzolana de Llaoca)
FECHA: 21/11/2015

ENSAYO A LA COMPRESIÓN

TABLA DE RESÚMENES DE RESULTADOS			DATOS PROMEDIOS
Dosificaciones	Prom. Resistencias Cubos Fracturados	Prom. Resistencias Cubos Normales	
Cal, Sílice y Agua	Kgf/cm ²	Kgf/cm ²	
1:3	75,78	103,00	
1:4	82,16	143,32	
1:5	104,08	139,42	
1:6	99,28	121,20	
1:7	106,32	111,11	



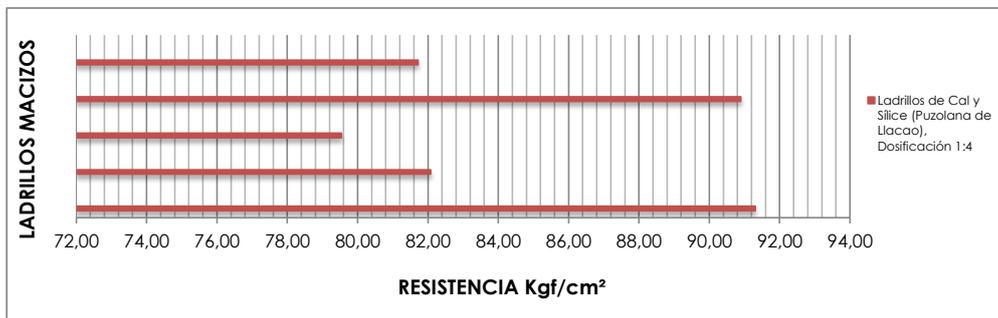


PROYECTO:	Elaboración de Bloques con Sílice para Mampostería No Portante
UBICACIÓN:	Universidad de Cuenca
DIRECTOR DE TESIS:	Ing. PhD. Jaime Bojorque Iñiguez
SOLICITADO POR:	Arq. Omar Calle
DESCRIPCIÓN :	Ladrillos de Cal y Sílice (Puzolana de Llaoca), Dosificación 1:4
FECHA:	21/11/2015

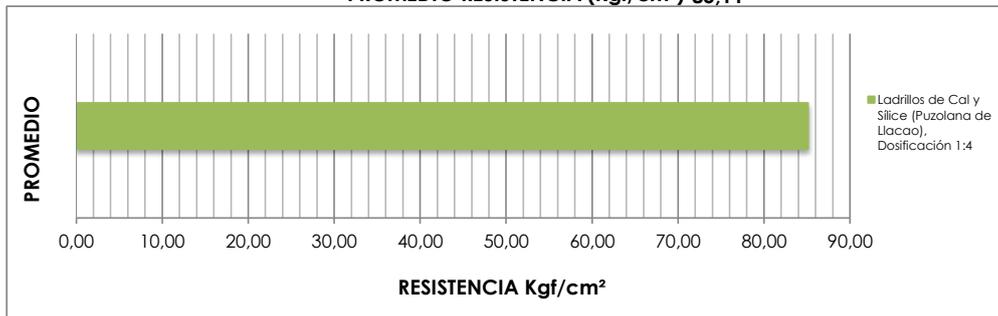
ENSAYO A LA COMPRESIÓN

DATOS DEL ENSAYO

Ladrillos macizos	Peso g	Lado (a) cm	Lado (b) cm	Lado (c) cm	Area cm ²	Volumen cm ³	Peso/Vol. g/cm ³	Carga Kg	Esfuerzo Kg/cm ²	Esfuerzo Mpa
1	281,10	10,11	2,95	5,46	29,82	162,84	1,73	2723	91,30	8,95
2	251,50	9,81	2,91	5,24	28,55	149,59	1,68	2343	82,07	8,05
3	254,20	10,12	2,85	5,42	28,84	156,32	1,63	2294	79,54	7,80
4	256,90	10,43	2,79	5,60	29,10	162,96	1,58	2645	90,89	8,91
5	259,60	10,74	2,73	5,78	29,32	169,47	1,53	2396	81,72	8,01



PROMEDIO RESISTENCIA (Kgf/cm²) 85,11



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

Nota: Los ladrillos han sido ensayados canto contra canto

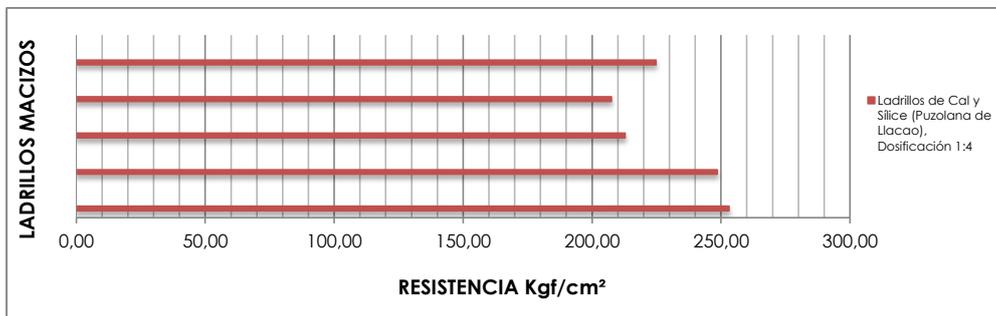


PROYECTO:	Elaboración de Bloques con Sílice para Mampostería No Portante
UBICACIÓN:	Universidad de Cuenca
DIRECTOR DE TESIS:	Ing. PhD. Jaime Bojorque Iñiguez
SOLICITADO POR:	Arq. Omar Calle
DESCRIPCIÓN :	Ladrillos de Cal y Sílice (Puzolana de Llaoca), Dosificación 1:4
FECHA:	21/11/2015

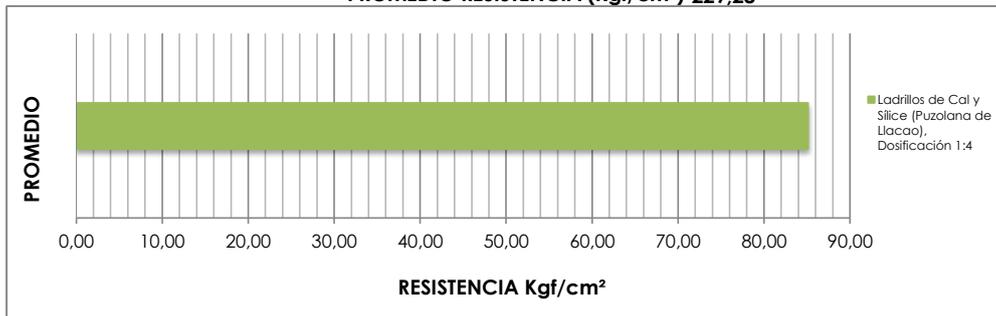
ENSAYO A LA COMPRESIÓN

DATOS DEL ENSAYO

Ladrillos macizos	Peso g	Lado (a) cm	Lado (b) cm	Lado (c) cm	Area cm ²	Volumen cm ³	Peso/Vol. g/cm ³	Carga Kg	Esfuerzo Kg/cm ²	Esfuerzo Mpa
1	217,75	9,92	5,01	2,42	49,70	120,27	1,81	12576	253,04	24,82
2	223,17	9,93	5,08	2,38	50,44	120,06	1,86	12533	248,45	24,37
3	225,88	10,05	5,13	2,31	51,56	119,10	1,90	10969	212,76	20,86
4	224,48	10,02	5,11	2,31	51,20	118,28	1,90	10622	207,45	20,34
5	223,81	10,11	5,05	2,36	51,06	120,49	1,86	11473	224,72	22,04



PROMEDIO RESISTENCIA (Kgf/cm²) 229,28



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

Nota: Los ladrillos han sido ensayados tabla contra tabla



Fundada en 1867

UNIVERSIDAD DE CUENCA

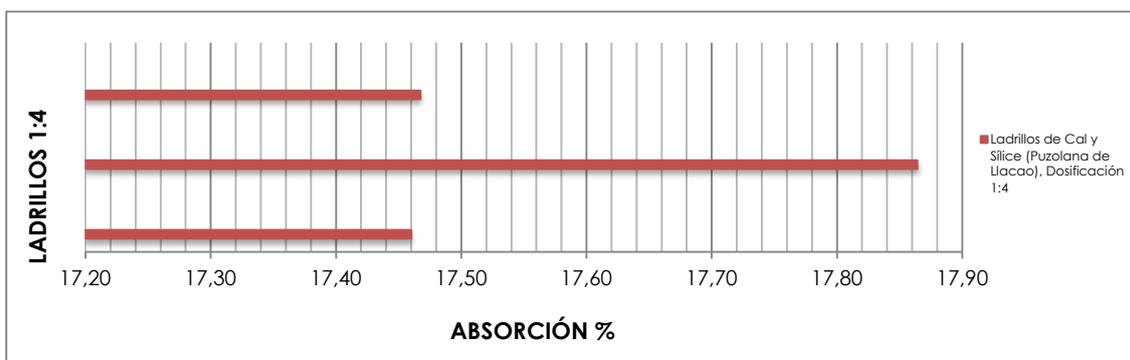
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ESTRUCTURAS FACULTAD DE INGENIERÍA

laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec

Teléfono: 405-1000 Ext:2354

PROYECTO:	Elaboración de Bloques con Sílice para Mampostería No Portante
UBICACIÓN:	Universidad de Cuenca
DIRECTOR DE TESIS:	Ing. PhD. Jaime Bojorque Iñiguez
SOLICITADO POR:	Arq. Omar Calle
DESCRIPCIÓN :	Ladrillos de Cal y Sílice (Puzolana de Llacao), Dosificación 1:4
FECHA:	23/11/2015

DATOS DEL ENSAYO			
LADRILLOS	PESO SAT.	PESO SECO	ABSORCIÓN
	g	g	%
1	1036	882	17,46
2	1181	1002	17,86
3	1271	1082	17,47



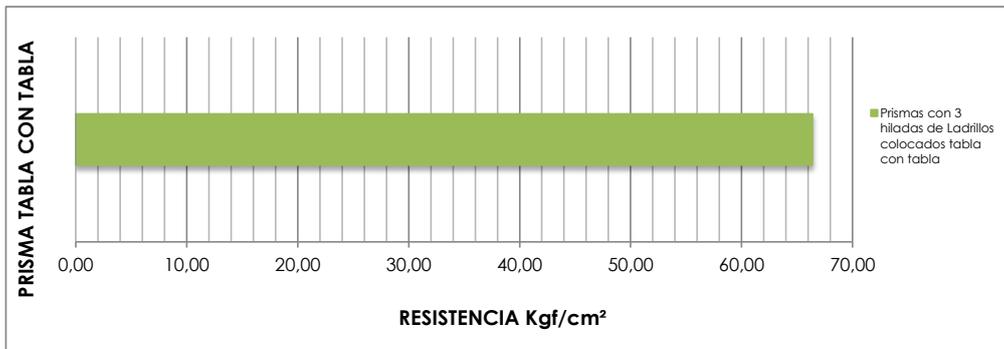
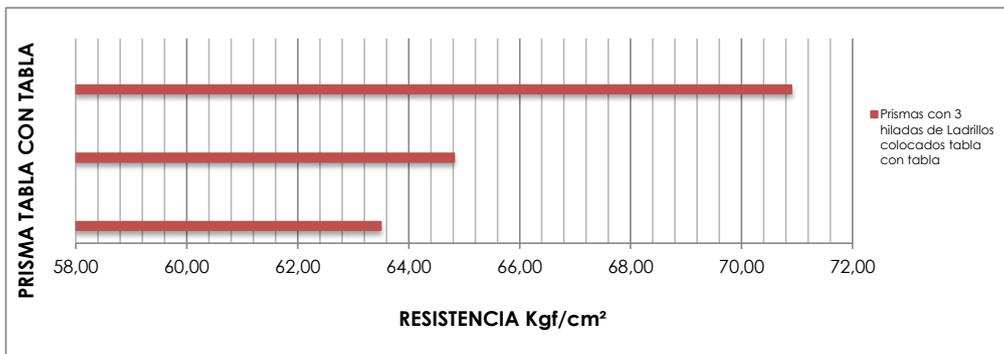
Tipo De Ladrillo	Resistencia mínima a la compresión MPa* (ver nota 1)		Resistencia mínima a la flexión MPa* (Ver nota 1)	Absorción máxima de humedad %
	Promedio de 5 unidades	Individual	Promedio de 5 unidades	Promedio de 5 unidades
macizo tipo A	25	20	4	16
macizo tipo B	16	14	3	18
macizo tipo C	8	6	2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



PROYECTO:	Elaboración de Bloques con Sílice para Mampostería No Portante
UBICACIÓN:	Universidad de Cuenca
DIRECTOR DE TESIS:	Ing. PhD. Jaime Bojorque Iñiguez
SOLICITADO POR:	Arq. Omar Calle
DESCRIPCIÓN :	Prismas Confeccionados con tres Hiladas de Ladrillos Macizos de Cal y Sílice (Puzolana de Llacao), Dosificación 1:4
FECHA:	21/11/2015
ENSAYO A LA COMPRESIÓN	

DATOS DEL ENSAYO							
Prismas	Lado (a)	Lado (b)	Lado (c)	Area	Carga	Esfuerzo	Esfuerzo
	cm	cm	cm	cm ²	Kg	Kg/cm ²	Mpa
Prismas con 3 hiladas de Ladrillos colocados tabla con tabla							
1	10,00	5,00	8,50	50,00	3175	63,50	6,23
2	10,00	5,00	8,50	50,00	3241	64,82	6,36
3	10,00	5,00	8,50	50,00	3545	70,90	6,95

PROMEDIO RESISTENCIA (Kgf/cm²) 66,41

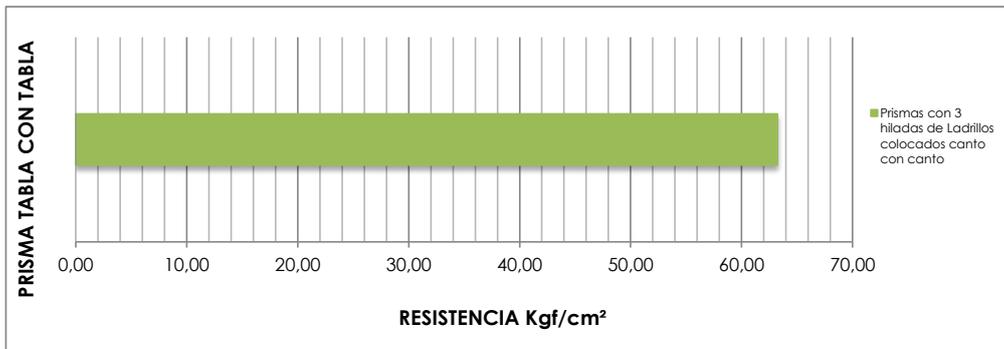
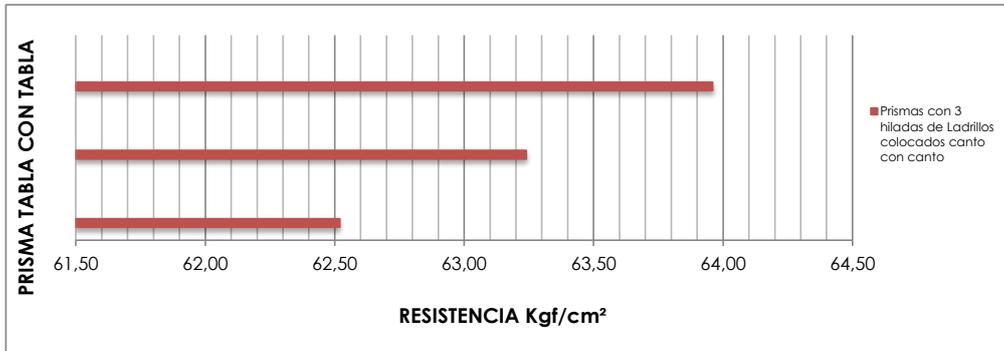




PROYECTO:	Elaboración de Bloques con Sílice para Mampostería No Portante
UBICACIÓN:	Universidad de Cuenca
DIRECTOR DE TESIS:	Ing. PhD. Jaime Bojorque Iñiguez
SOLICITADO POR:	Arq. Omar Calle
DESCRIPCIÓN :	Prismas Confeccionados con tres Hiladas de Ladrillos Macizos de Cal y Sílice (Puzolana de Llaqueo), Dosificación 1:4
FECHA:	21/11/2015
ENSAYO A LA COMPRESIÓN	

DATOS DEL ENSAYO							
Prismas	Lado (a)	Lado (b)	Lado (c)	Area	Carga	Esfuerzo	Esfuerzo
	cm	cm	cm	cm ²	Kg	Kg/cm ²	Mpa
Prismas con 3 hiladas de Ladrillos colocados canto con canto							
4	10,00	2,50	16,00	25,00	1563	62,52	6,13
5	10,00	2,50	16,00	25,00	1581	63,24	6,20
6	10,00	2,50	16,00	25,00	1599	63,96	6,27

PROMEDIO RESISTENCIA (Kgf/cm²) 63,24



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MIDUVI (2008). (Ministerio de Desarrollo y Vivienda). *Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-10. Cargas y Materiales*.
- [2] ICONTEC. (1975). (INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIONES). *Norma Técnica Colombiana NTC Ladrillos sílico- Calcáreo 922. Colombia. ICOTEC*.
- [3] Sociedad Americana para ensayos de Materiales. ASTM C73 Specification for calcium silicate face brick (Sand-lime brick). (NTC 922).
- [4] UNE-EN 772-15:2000. (2000). "Métodos de ensayo de piezas para fábricas de albañilería. Parte 15: Determinación de la permeabilidad al vapor de agua de los bloques de hormigón celular curado en autoclave". AENOR.
- [5] Bustamante T. y Lara R.- (2010) *El Dorado o la caja de Pandora: matices para pensar la minería en Ecuador*. Minería; Desarrollo Económico y Social; Ecuador; Chile. Quito. Ecuador. FLACSO.
- [6] León Nilson Ariel. (2008). *Evaluación Experimental de Unidades Sílico- Calcáreas a Partir de Escoria de Alto Horno y Cal Hidráulica para Mampostería*. Colombia. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Minas.
- [7] San Bartolomé A. (1994). *Construcciones de Albañilería. Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural*. Perú. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica de Perú.
- [8] Ursula Deza. (2010). *Mejora De La Adherencia Ladrillo-Mortero En Muros Confinados Construidos Con Unidades Sílico- Calcáreo/ Pontificia Universidad Católica Del Perú*.
- [9] Xella Thermopierre SA. Ytong-Siporex <http://www.ytong.fr>
- [10] Jiménez, Rocío /Arquitectura y construcción <http://www.arqhys.com/construccion/silicos-ladrillos.html>
- [11] ICONTEC. (1975). (INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIONES). *Norma Técnica Colombiana NTC Ladrillos Sílico- Calcáreo 922. Colombia. ICOTEC*.
- [12] Compañía Minera Luren. Ladrillos La Casa, http://www.mineraluren.com/Productos_Materiales.html
- [13] INIGEMM. (2011). *El Inigemm y la Investigación De Rocas Y Minerales Industriales En El Ecuador*. Ecuador. Coordinación General De Minería Dirección General De Desarrollo Minero
- [14] Arthur Holmes .GEOLOGÍA FÍSICA. Ediciones Omega
- [15] PRECUPA, Prevención de desastres naturales, cuneca del Paute, Cuerpo Suizo de socorro en caso de catástrofes (CSS), Instituto Ecuatoriano de electrificación (INECEL)
- [16] Héctor Gallegos Y Carlos Casabonne. (2005). *Albañilería Estructural/ Fondo Editorial De La Pontificia Universidad Católica De Perú*.
- [17] PALACIOS C. MA ANDREA 2005 UNIVERSIDAD DE CUENCA.' *Diseño De Un Método Para Optimizar La Formación De Sílice Amorfa En Una Arcilla Mediante Tratamiento Térmico''*
- [18] Karen Alejandra Álvarez Mejía. (2009). *Características y propiedades de los Materiales, Universidad Autónoma Del Estado De México, Facultad De Arquitectura Y Diseño*.
- [19] Ore matos, (2011). *Proceso para la producción de cal viva, Huancayo Perú, Universidad Nacional del centro de Perú. Facultad de Ingeniería Química*
- [20] SPIROPULOS J. Small Scale Production of Lime for Building, Deutsche Gesellschaft, 1985.
- [21] NEC. (2015). *NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN*.
- [22] Mohammad Hassibi. (1999). *UNA PERSPECTIVA GENERAL DEL APAGADO DE LA CAL Y LOS FACTORES QUE AFECTAN EL PROCESO*.
- [23] HUMBOLDT. www.humboldtmg.com

BIBLIOGRAFIA.-

- Juan Chacón. (2014). Historia De La Minería En Cuenca. Cuenca Instituto De Investigaciones Sociales De La Universidad De Cuenca.
- Inigemmm/
- INIGEMM/ El INIGEMM. (2011). La Investigación de rocas y Minerales Industriales en el Ecuador.
- Minera Luren. La casa 2005.
- Edison Montaluisa M. (2008). Diseño de un horno para la producción de cal viva y cal hidratada de 120 toneladas de producción diario, Escuela Politécnica nacional.
- Rocío I. Jiménez., para arquitectura y construcción en Arqhys.com.
Vía: Fuente: <http://www.arqhys.com/construccion/silicos-ladrillos.html>
- PALACIOS C. MA ANDREA. (2005). Diseño De Un Método Para Optimizar La Formación De Sílice Amorfa En Una Arcilla Mediante Tratamiento Térmico. UNIVERSIDAD DE CUENCA
- *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de Indanza (PDOT) 2012.*
- CAMIMEX—2014- PERU
- fuente: www.arqhys.com/construccion/silicas-arenas.html
- fuente: http://www.cemexmexico.com/pr/pr_po_ca.html
- fuente: www.quiminet.com.mx/sh9/sh_armrsdfarmaasd.htm
- fuente http://www.anfacal.org/usos_menu.htm
- <http://www.arqhys.com/construccion/cal-tipos.html>
- Nilson Ariel León. (2008). Evaluación Experimental De Unidades Sílico Calcárea A Partir De Escoria De Alto Horno Y Cal Hidráulica Para Mampostería.
- Perfil minero. (2013.) Sílice. Coordinación General De Minería Dirección General De Desarrollo Minero.

- <http://www.agt.cl/doc/FactAfectanPreparacionLechadaCal.pdf>