

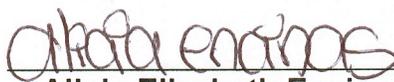
Ciudad Obregón, Sonora, a 28 de Marzo de 2012.

Instituto Tecnológico de Sonora
P r e s e n t e.

El que suscribe **Alicia Elizabeth Encinas Páez**, por medio del presente manifiesto bajo protesta de decir verdad, que soy autor y titular de los derechos de propiedad intelectual tanto morales como patrimoniales, sobre la obra titulada: **“Mejoramiento de aplanados de yeso para aumentar la tolerancia a fisuramiento”**, en lo sucesivo “LA OBRA”, misma que constituye el trabajo de tesis que desarrolle para obtener el grado de **Ingeniero Civil** en ésta casa de estudios, y en tal carácter autorizo al Instituto Tecnológico de Sonora, en adelante “EL INSTITUTO”, para que efectúe la divulgación, publicación, comunicación pública, distribución y reproducción, así como la digitalización de la misma, con fines académicos o propios del objeto del Instituto, es decir, sin fines de lucro, por lo que la presente autorización la extiendo de forma gratuita.

Para efectos de lo anterior, EL INSTITUTO deberá reconocer en todo momento mi autoría y otorgarme el crédito correspondiente en todas las actividades mencionadas anteriormente de LA OBRA.

De igual forma, libero de toda responsabilidad a EL INSTITUTO por cualquier demanda o reclamación que se llegase a formular por cualquier persona, física o moral, que se considere con derechos sobre los resultados derivados de la presente autorización, o por cualquier violación a los derechos de autor y propiedad intelectual que cometa el suscrito frente a terceros con motivo de la presente autorización y del contenido mismo de la obra.


Alicia Elizabeth Encinas Páez
(Nombre y firma del autor)



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA
Educar para Trascender

**“MEJORAMIENTO DE APLANADOS DE YESO PARA
AUMENTAR LA TOLERANCIA A FISURAMIENTO”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

ALICIA ELIZABETH ENCINAS PÁEZ

CD. OBREGON, SONORA

MARZO DE 2012

CAPITULO I.- INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Objetivo general	3
1.3.1 <i>Objetivos específicos</i>	3
1.4 Hipótesis	3
1.5 Delimitación del problema	3
1.6 Justificación	4
II.- MARCO TEÓRICO	5
2.1 El yeso	6
2.1.1 Composición química	6
2.1.2 Proceso de producción	6
2.1.3 Propiedades físicas y mecánicas	7
2.1.4 Principales usos	8
2.2 La cal	9
2.2.1 Composición química	9
2.2.2 Proceso de producción	10
2.2.3 Propiedades físicas y mecánicas	10
2.2.4 Principales usos	11
2.3 Cemento	11
2.3.1 Composición Química	11
2.3.2 Proceso de Producción	12
2.3.3 Propiedades físicas y mecánicas	12
2.3.4 Principales usos	13
2.4 Morteros para aplanados	13
2.4.1 Tipos de morteros	14
2.4.2 Componentes	15
2.4.3 Principales características	16
2.4.4 Principales usos	17
2.5 Aplanados	17
2.5.1 Tipos de aplanados	18

2.5.2 Componentes	20
2.5.3 Principales características	20
2.5.4 Principales usos	20
2.6 Fisuramiento en aplanados	20
2.6.1 Causas del agrietamiento	21
2.6.2 Soluciones al agrietamiento	22
2.7 Pruebas de laboratorio en los morteros	22
2.7.1 Fraguado inicial y final	23
2.7.2 Resistencia a compresión	23
2.7.3 Resistencia a tensión	23
2.7.4 Curva esfuerzo-deformación	24
CAPÍTULO III.- METODOLOGÍA	25
3.1 Materiales empleados	25
3.2 Equipo de laboratorio utilizado	26
3.3 Procedimiento de prueba de fraguado	28
3.4 Procedimiento de prueba A COMPRESIÓN	31
3.4.1 Variables independientes	34
3.4.2 Variables dependientes	35
CAPITULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS	36
4.1 Pruebas de fraguado	37
4.2 Pruebas de resistencia a compresión	39
4.3 Pruebas para determinar la curva esfuerzo-deformación	42
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
5.1 CONCLUSIONES	44
5.2 RECOMENDACIONES	45

- *A mis padres: Ángel Encinas Camacho y Alicia Guadalupe Páez Juárez, por darme la vida y siempre su amor, cariño, paciencia, confianza y sobre todo siempre su apoyo en toda mi vida. Jamás terminaré de agradecerles todo lo que han hecho por mí. Los quiero mucho.*
- *A mi hijo Ricardo, por apoyarme siempre y darme su amor y paciencia.*
- *A mi hermano Ángel, mi tía Sonia y mi primo Alex por apoyarme siempre en todo lo que hago.*
- *A mis amigos por darme siempre su amistad, amor, apoyo y por tantos momentos inolvidables que hemos pasado juntos.*

¡Los quiero mucho!

A Dios: Por permitirme llegar a esta etapa tan bonita de mi vida con salud y rodeado de personas que me aprecian y me brindan mucho cariño

A mi maestro asesor. Dagoberto López López: Por brindarme su apoyo, disponibilidad y comprensión en mis ideas. También por la paciencia demostrada cuando me encontraba desorientada con relación al trabajo

A todos mis maestros que formaron parte del conocimiento que poseo y las buenas vivencias que pase con ellos, como también a mis amigos y compañeros de clases que hicieron que todos estos años de esfuerzos pasaran como un abrir y cerrar de ojos dejando experiencias y amistades.

Al ITSON por darme la oportunidad de estudiar una carrera profesional

RESUMEN

Se realizó un estudio comparativo de diferentes dosificaciones de mortero de yeso-cal para determinar algunas propiedades físicas de ellos y posteriormente ser comparados.

Para este estudio se dispusieron 3 diferentes materiales (Yeso, Cal, Cemento). A estos se les practicaron pruebas de fraguado y pruebas de resistencia a compresión.

La prueba de fraguado se realizó para obtener el tiempo en que cada una de las mezclas tarda en fraguar y así obtener el tiempo en que se le puede dar su colocación o su acabado final.

Las pruebas de resistencia a compresión se realizaron con cada uno de los materiales mencionados, en diferentes dosificaciones.

Los resultados obtenidos en cada una de las pruebas fueron analizados y comparados entre sí para obtener los resultados para saber que dosificación de mortero es más recomendable y cual es más desfavorable para la construcción.

CAPITULO I.- INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En las construcciones de interés social difícilmente puede ser utilizado este material por el alto costo que representa este tipo de acabados.

El yeso está compuesto de Sulfato de Calcio anhidro (Ca_2SO_4) que incorporado al agua forma una pasta plástica que es fácil de colocar moldear y dar acabado mientras permanece plástico. El tiempo de fraguado tiende a ser corto (entre 20 y 30 minutos), por lo que la mezcla preparada tiene que ser colocada y dar el acabado en ese lapso de tiempo para evitar grandes desperdicios en el material.

Una vez fraguado el yeso adquiere gran resistencia, pero tiene la desventaja de presentar una gran fragilidad, esto es, la presencia de deformaciones y distorsiones pequeñas en los elementos de soporte le producen fisuras y grietas que a veces se aprecian escandalosas.

Introducción.

El presente proyecto surge a raíz de la necesidad de resolver una problemática reiterada que presenta una constructora local que se dedica a construir vivienda de interés medio, los acabados de que emplea son a base de yeso para cumplir con estándares de calidad en este tipo de vivienda pero de frecuentemente sus prototipos presentan fisuras en sus aplanados, a veces por causas estructurales y otras por efectos de contracción por cambios de temperatura o de humedad.

1.2 Planteamiento del problema

El yeso es el material de construcción mayormente empleado en los aplanados de plafones y muros de construcciones de nivel medio y residencial, esto debido al buen acabado que proporciona a las superficies. Tiene el inconveniente de su alto costo y de la susceptibilidad a fisuramiento.

La aparición de fisuras en aplanados de yeso es frecuente y a veces hasta escandaloso. Estos daños son debidos principalmente a movimientos leves en la construcción, estos movimientos pueden ser por causa estructural como baja rigidez de la cimentación, distorsión de los muros o exceso de carga. O bien pueden deberse a causas ambientales como cambios de temperatura o cambios de humedad. El yeso también es muy vulnerable a la presencia de humedad por lo que debe ser usado siempre en interiores, áreas protegidas que no estén expuestas a la humedad.

Actualmente en la ciudad se han detectado en gran cantidad la aparición de fisuras en las viviendas de dicha constructora local, debido a esto y a que varias constructoras han presentado problemas similares, nos hemos preguntado, ¿Cuál es la causa específica por la que aparecen fisuras en los aplanados de yeso?, ¿Cuál es el material o mortero correcto que se debe emplear en los aplanados de muros y losas?, ¿Qué materiales se deben utilizar para que este mortero retarde el fraguado y así poder dar más tiempo para aplicarlo?, ¿Puede ser económico a su vez? Y ¿Cuáles son los materiales que mezclados entre sí, proporcionen mayor tolerancia a la aparición de futuras grietas?

Introducción.

1.3 Objetivo general

Elaborar un mortero económico a base de yeso y cal que presente una mayor tolerancia al fisuramiento y mayor tiempo de fraguado lo que permitirá su mejor colocación.

1.3.1 *Objetivos específicos*

Determinar la resistencia de diferentes mezclas de mortero yeso-cal.

Determinar el tiempo de fraguado de diferentes mezclas de mortero yeso-cal.

Encontrar la dosificación óptima de yeso y cal que proporciona las mejores propiedades de resistencia y retardo del fraguado.

1.4 Hipótesis

La incorporación de cal en el mortero de yeso permite tener aplanados con mayor ductilidad y mayor tolerancia al fisuramiento sin pérdida importante de la resistencia y un mayor retardo en el tiempo de fraguado.

1.5 Delimitación del problema

El estudio contempla solo morteros fabricados a base de yeso y cal en diferentes dosificaciones. No fue considerado la incorporación de otro tipo de materiales.

Solo fueron realizadas pruebas de resistencia a la compresión, pruebas de fraguado y pruebas de ductilidad.

El yeso y la cal empleados en las pruebas son de la marca comercial Mocuzari y PimaCal respectivamente.

1.5 Justificación

Este proyecto se realiza con la finalidad de encontrar una correcta dosificación del mortero yeso-cal, que permita ser usado en la colocación de aplanados de alta calidad y a costos más accesibles, con la ventaja de que el mortero aplicado presentará una mayor tolerancia al fisuramiento lo que redundará en una disminución de gastos de reparación y mantenimiento del inmueble. Además de que presenta mayor retardo en el fraguado lo que facilita su colocación y disminuye de manera importante los desperdicios.

Las personas beneficiadas serían las empresas constructoras que desarrollan vivienda en el segmento de interés medio y residencial, ya que los costos en los volúmenes de material requeridos se verían disminuidos de manera importante. Estas empresas verían disminuido el costo de reparación de viviendas de manera muy significativa.

Beneficia de igual manera a constructores independientes de la misma manera que en el caso anterior.

Beneficia a los aplicadores de aplanados ya que facilita su trabajo y reduce los desperdicios de material por rápido fraguado del mortero.

Beneficia al propietario del inmueble ya que su vivienda presentará menor daño y deterioro reduciendo así el desembolso de cierto capital para llevar a cabo las reparaciones reiteradas que los morteros típicos exigen.

II.- MARCO TEÓRICO

El aplanado de yeso es una de las aplicaciones de ingeniería civil más antigua de la cual se tiene registro, se cree que su origen se encuentra en Oriente medio, en el Neolítico, en donde sustituyó el mortero de barro (de mucho menos calidad), el uso que se le dio a el yeso en esa época fue de revestir suelos, hacer cimientos, sellar las juntas en los muros y principalmente revestir los paramentos de viviendas (esto durante el milenio IX A.C.); incluso en Egipto se utilizó el yeso por sí mismo para la elaboración de la Pirámide de Keops y la Gran Pirámide de Giza, también fue utilizado para decorar tumbas en el año 2800 a.C.

2.1 El yeso

Es un material compuesto de sulfato de calcio anhidro, es decir, no contiene agua. Generalmente es color blanco, aunque puede contener impurezas que lo tiñan de diferentes colores (rojo, amarillo, gris, etc.).

La resistencia del yeso depende principalmente del grado de solubilidad que resulte la mezcla, aunque también depende mucho el tipo de impurezas que presente la roca de yeso en su estado natural y el correcto molido que se tenga después de haberse cocido. Es un material que a pesar de que no tiene por sí mismo un grado elevado de resistencia, tiene la propiedad de con el tiempo adquirir la dureza de una roca.

A pesar de la antigüedad del yeso, en la actualidad existen muchos materiales haciéndole la competencia pero por sus múltiples propiedades, éste se sigue usando al pasar de los años, ya que es un material que proporciona bienestar y comodidad al ser utilizado.

2.1.1 Composición química

El yeso es un material que se obtiene a partir de [aljez](#) (sulfato de calcio deshidratado: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) que se deshidrata por la acción del fuego, para posteriormente amasarse con ayuda de agua.

2.1.2 Proceso de producción

En su estado natural, el yeso se considera una roca sedimentaria, incolora o blanca; está compuesta por dos moléculas de agua de hidratación; por lo que se cuece a una temperatura de entre los 110 y 120°C para así lograr el total desprendimiento del agua y romper su estructura interna así se desmorona con

facilidad para posteriormente ser finamente molido. Si el yeso molido es calcinado hasta una deshidratación completa, es decir, a 400°C, y se combina con alumbre, se obtiene un yeso que fragua lentamente pero que endurece mucho más que el yeso común.

2.1.3 Propiedades físicas y mecánicas

El yeso tiene diferentes propiedades físicas y mecánicas como la solubilidad, ya que es poco soluble en agua dulce, por lo que se utiliza preferentemente en obras interiores.

La finura del molido: Anteriormente se mencionó que después de ser cocido y deshidratado el yeso, es finamente molido para su utilización, esta finura depende en mayor parte de las propiedades que adquiere el yeso al volverlo a hidratar. El fácil manejo del yeso en la construcción depende de la cantidad de hidratante y amasado que se utilice, ya que a mayor finura de molido del yeso, se obtendrá una mejor reacción y calidad del producto.

Velocidad de fraguado: La velocidad de fraguado es proporcional al grado de disolución, por lo que se recomienda hidratar el yeso en pequeñas proporciones para su mejor manejo, debido a que el yeso tiene la capacidad de endurecer con rapidez.

Resistencia mecánica: El correcto cocido, molido y finura de yeso, la hidratación y velocidad de fraguado son propiedades de un yeso con alta resistencia mecánica.

Marco Teórico.

Permeabilidad: El yeso tiene la propiedad de tener un alto grado de porosidad, por lo que el agua tiene la facilidad de penetrar a través de él acelerando la disolución y posteriormente la pérdida del material, por lo que se recomienda utilizarse en interiores ya que se ha demostrado que su uso a la intemperie daña la construcción.

Adherencia: Es menor su adherencia al contacto con el agua

Corrosión. El agua reacciona con el yeso perjudicándolo.

Resistencia al fuego: Es un excelente aislante al fuego, calor y electricidad.

(Materiales y Procedimientos de construcción, Tomo II, Univeridad La Salle)

2.1.4 Principales usos

El yeso tiene muchas aplicaciones, especialmente en la construcción, en revestimiento de interiores, detalles decorativos, en la unión provisional de elementos diversos por su fácil manejo, cubrir grietas, rellenar huecos o corregir ondulaciones en las paredes y debido a que es mal conductor de calor y electricidad, también es usado como aislante térmico, almacenando el calor cuando éste es demasiado y liberándolo cuando ha disminuido.

Sin embargo, es un aislante sensible al medio ambiente, reacciona fácilmente a ciertos agentes naturales como la lluvia, por lo que se usa preferentemente en obras interiores. El yeso en su etapa de endurecimiento es sensible al agua, por lo que se debe cuidar del contacto con ésta, ya que podría humedecerse y desprenderse con mucha facilidad debido a la disolución del mismo yeso.

2.2 La cal

La cal es un material compuesto por óxido de calcio (CaO), que se obtiene en su forma natural a partir de piedra caliza, arcilla, coral o mármol, mediante la calcinación de las rocas calizas, éstas son sometidas a temperaturas mayores a los 900°C , después de este procedimiento se le denomina cal viva, que a su vez puede ser hidráulica o no-hidráulica.

Tiene la propiedad que al contacto con el agua se hidrata o apaga produciendo una reacción violenta, desprendiendo una gran cantidad de calor.

Desde la antigüedad, la cal es utilizada como aglomerante en la construcción, por lo general la utilizaban y se sigue utilizando en morteros, ya que tiene la propiedad de ser trabajable en la pega de ladrillos, piedras, en la re cementación de grietas, entre otras actividades dentro de la construcción.

La cal apagada es producida al momento de agregarle agua a la cal viva, ya que este óxido de calcio se transforma en hidróxido de calcio, comúnmente llamada cal apagada.

2.2.1 Composición química

La cal viva, está compuesta principalmente de óxido de calcio (CaO), normalmente también contiene óxido de magnesio, óxido de silicio, y en pequeñas proporciones óxido de aluminio y hierro.

El carbonato de calcio (CaCO_3) que contienen las piedras calizas son sometidas a reacciones químicas y procesos fisicoquímicos, durante este proceso se fusionan y debido al calor al que son expuestas existe un desprendimiento de una molécula de dióxido de carbono que posteriormente

pasan a convertirse en lo que comúnmente se conoce como óxido de calcio o cal.

2.2.2 Proceso de producción

Como ya se mencionó anteriormente, la cal es un material proveniente de las rocas calizas que contienen carbonato de calcio, el cual es extraído de depósitos sedimentarios, llamados caliches, las cuales son calentadas a una temperatura de entre 900 y 1200°C, por un período de 3 días en hornos rotatorios o hornos especiales romanos o árabes, en este proceso el carbonato pierde una molécula de dióxido de carbono, por lo que se forma óxido de calcio.

La cal viva que se utiliza en construcción debe combinarse con la cantidad correcta de agua (de 2 a 3 veces su peso en agua), de este proceso resulta la cal apagada ($\text{Ca}(\text{OH})_2$); en este proceso se produce el suficiente calor que al contacto con tejidos orgánicos ésta la quema.

2.2.3 Propiedades físicas y mecánicas

La cal es un material muy blanco en su estado puro, tiene gran importancia en la construcción, por su propiedad de ser manejable, además de ser de lento fraguado. Es un material cáustico (al contacto con materia orgánica, la quema).

Tiene la característica de que al secarse, la cal puede adquirir mucha dureza y puede llegar a ser un material muy resistente, además de ser impermeable y muy económico.

2.2.4 Principales usos

En la construcción la cal es de gran importancia debido a su propiedad de lento fraguado, principalmente es utilizada en la elaboración de mortero, para la pega de ladrillos, piedras y bloques, en los aplanados de muros y losas.

También es utilizada en la re cementación de grietas y en el recubrimiento de fachadas debido a su impermeabilidad.

La cal tiene gran importancia en la construcción debido a su propiedad de lento fraguado que favorece a la re cementación de grietas.

2.3 Cemento

El cemento gris o portland es un material de construcción, formado mediante la mezcla de varios elementos (como caliza y arcilla) que son calcinados y posteriormente pulverizados. Estos elementos mezclados con grava y arena, al ponerse en contacto con agua u otro líquido forman una pasta que fragua y endurece, adquiriendo una gran resistencia incluso bajo el agua. (Cemex,2010).

2.3.1 Composición Química

La composición química del cemento portland es compleja, los cementos hidráulicos están compuestos principalmente de silicatos de calcio hidráulico, esto con la finalidad de que al contacto con el agua haya una reacción química y así poder fraguar y endurecer al tiempo.

Debe seguir los requerimientos de calidad de la ASTM C150, la mayoría de los cementos superan los requisitos de calidad y resistencia de dicha norma.

2.3.2 Proceso de Producción

El cemento portland, como se mencionó anteriormente se obtiene a partir de la calcinación de elementos como caliza y arcilla.

Para su fabricación se requieren minerales que contienen óxido de manganeso, óxido de hierro, óxido de aluminio, óxido de silicio y óxido de calcio, en algunos casos es necesario agregar arcilla o minerales de hierro o residuales de fundiciones. Estos elementos se mezclan y son sometidos a temperaturas de hasta 1400°C, siempre cuidando que los materiales no se fundan. De esta mezcla se separan algunos materiales, dando lugar al clinker, que puede ser guardado durante años, antes de ponerse en contacto con el cemento, siempre y cuando éste no entre en contacto con el agua.

El cemento portland se obtiene a partir de la pulverización del clinker portland con la adición de una o más formas de sulfato de calcio.

2.3.3 Propiedades físicas y mecánicas

Las propiedades físicas y mecánicas del cemento dependen de la calidad de dicho material y se miden mediante ensayos que se les hace al cemento puro o mortero.

La densidad y el peso específico del cemento no influyen en su calidad pero influyen al mezclarlo con otros materiales, sin embargo se puede decir que el cemento tiene adiciones cuando éste tiene una finura alta y un peso específico bajo.

La correcta forma de hidratar el cemento, indica la finura que éste tiene; La finura tiene gran influencia en la velocidad de hidratación y en el aumento de resistencia con los años. Por lo que se puede decir que el tamaño de los granos (la finura del cemento) es proporcional a la resistencia y

endurecimiento en menor tiempo de la materia, sin embargo la finura excesiva se vuelve susceptible a la alteración o meteorización.

2.3.4 Principales usos

Por sus propiedades el cemento se utiliza para construcciones que requieren gran firmeza y resistencia, se utiliza como adherente y aglutinante en la construcción, en los muros de edificios, cimientos incluso en estatuas (normalmente para ésta última aplicación se utiliza el cemento blanco y no el gris por estética)

El cemento portland también es utilizado en la elaboración de mortero y de concreto armado (formado a partir de mezclar arena, grava, agua y cemento, reforzado con acero)

2.4 Morteros para aplanados

El mortero es una masa o pasta integrada por cemento, arena y agua (en algunas ocasiones puede contener algún aditivo).

El mortero se ha utilizado desde tiempos muy antiguos, se cree que hacia el año 2800 a.C. habitantes de Irán utilizaron por primera vez una mezcla parecida al mortero, años más tarde en Egipto lo utilizó en sus primeras pirámides, haciendo una mezcla de barro y arcilla para unir bloques, los griegos y los romanos también lo utilizaron mezclando diferentes elementos; fueron perfeccionándolo hasta lo que ahora se conoce como mortero.

Actualmente existen muchos tipos de morteros dependiendo el tipo de conglomerante que contenga. Entre los más comunes se encuentra el mortero cemento y arena, el cual tiene gran resistencia y tiene la propiedad de de secar rápidamente; otro mortero que se destaca es el de cal y arena el cual a

pesar de no ser tan resistente como el anterior, presenta una mayor plasticidad y es más fácil su manejo. Esto llevó al mortero cemento, cal y arena el cual es más fácil de manejar, endurece rápido y tiene una mayor resistencia a las cuarteaduras.

Las propiedades de los morteros dependen en gran medida de la calidad de cemento que se utilice para su elaboración.

El mortero elaborado con proporciones correctas de sus materiales que lo integran, permite un mejor manejo de éste al ser utilizado y con el tiempo adquieren una mayor resistencia.

2.4.1 Tipos de morteros

Desde la antigüedad se ha ido utilizando y perfeccionando lo que ahora se conoce como morteros, su finalidad ha sido la misma, sin embargo con el paso del tiempo se ha ido perfeccionando según las necesidades de resistencia y facilidad de ser trabajado. Los morteros más utilizados son:

Morteros de Cal

Los morteros de cal tienen ventaja de ser más económicos que los de cemento, además de ser más trabajable, su fraguado es lento y son flexibles, sin embargo, no presentan gran dureza, son menos resistentes e impermeables que los morteros de cemento.

Son elaborados a base de óxido de calcio (Cal), arena y agua; la cal agregada puede ser cal aérea o hidráulica, es importante no confundir estos dos materiales, debido a que tienen diferentes funciones, la cal hidráulica tiene propiedades semejantes a las del cemento blanco por lo que no es

recomendable utilizarla para restauración o reconstrucción de estatuas, pirámides, monumentos, etc. En cambio la cal aérea tiene la característica de ser bioclimática y de cierta forma al utilizarse dentro de una casa tiene la capacidad de “respirar” por lo que regula la temperatura dentro de la misma y al mismo tiempo la impermeabiliza.

Los morteros de cal aérea si se utilizan y conservan de una manera adecuada, tienen la capacidad de durar por un largo periodo de tiempo.

Morteros de Cemento

Están elaborados de arena, agua y cemento, la dosificación correcta de estos materiales es de gran importancia debido a que un mortero con poco cemento conocido como mortero pobre, tienen poca adherencia y son menos trabajables, y por el contrario un mortero con gran cantidad de cemento tiene la desventaja de presentar grietas en poco tiempo.

A pesar de que los morteros de cemento tienen una resistencia mayor que los de cal, son menos trabajables y fraguan rápido.

Morteros de yeso

Se conforman por yeso, arena y agua. Son menos resistentes que otros morteros, a pesar de que fraguan rápido, con el paso del tiempo este tipo de mortero pierde su capacidad de dureza. Debido a que absorbe la humedad del ambiente, no debe ser colocado en lugares húmedos ya que puede almacenar una gran cantidad de agua.

2.4.2 Componentes

Dependiendo del tipo de mortero que se elabore son los componentes que se utilizarán, siempre cuidando que los materiales sean compatibles entre sí.

Por lo general se utilizan:

Componentes inorgánicos como el cemento o la cal

Aditivos como reductores de agua, retardadores de fraguado, reductores de permeabilidad, retenedores de agua, multifuncionales, etc.

Adiciones como materiales puzolánicos (cenizas volantes)

Fibras como acero, polipropileno, etc.

Hidratante (Agua)

2.4.3 Principales características

Las características de los morteros los determinan las propiedades de cada uno de los materiales que lo conforman.

La plasticidad o manejabilidad del mortero es de gran importancia y estos factores dependen de muchos factores, como lo son, la calidad del cemento, el contenido de hidratante que se le agregue, factores ambientales e incluso del gusto propio del operador.

El tiempo en el que se puede trabajar, es el tiempo en minutos (sin necesidad de adherir más agua), que se tiene a partir de hacer la mezcla antes de que esta fragüe y sea imposible su trabajabilidad.

El correcto contenido de agua facilita la capacidad de retención de la misma, aumentando la manejabilidad del mortero; cuando éste tiene gran contenido de agua.

El agua agregada en el mortero tiene la función de hidratar los conglomerantes, el tiempo de fraguado dependerá entonces del contenido de agua que se tenga. (Técnicas de construcción II,1982)

2.4.4 Principales usos

Los morteros son de gran importancia en la construcción debido a sus múltiples aplicaciones, son utilizados desde tiempos remotos y en la actualidad con prácticamente los mismos fines; Es utilizado para pegar los bloques, ladrillos, piedras, hormigón, etc. en la construcción, y para rellenar los espacios que queden entre éstos, así como para revestimiento de paredes

2.5 Aplanados

El recubrimiento de muros se hace de forma manual o con lanzadoras de mortero, los materiales utilizados comúnmente son cal, arena; cemento blanco y polvo de mármol; yeso, cemento y arena.

En los aplanados de mortero es importante considerar una superficie libre de impurezas como polvo, clavos, alambres, grasa, etc. Esto con la finalidad de que el mortero se adhiera correctamente a la superficie y el aplanado sea correcto.

La principal función es como su nombre lo dice aplanar, o alisar superficies como muros y losas en edificios con la finalidad de proteger o decorar la construcción.

Marco Teórico.

Al realizar aplanados en los muros, los bloques de concreto o mampostería de tabique, deberán ser humedecidos previamente a la colocación del aplanado.

Es importante una vez terminado el aplanado, protegerlo contra los rayos del sol, heladas y corrientes de aire.

Los aplanados exteriores tienen la función de proteger que la superficie se humedezca con las lluvias. Estos aplanados son elaborados con mezclas de cal o cemento, mientras que los aplanados hechos a base de yeso se deben colocar sólo en interiores o climas secos; Cuando dicho aplanado es aplicado en el exterior de un edificio, se le llama estuco.

2.5.1 Tipos de aplanados

Los tipos de aplanados que existen son a plomo y regla en muros y a nivel y regla en plafones; mismos que sirven para distribuir el mortero con ayuda de reglas y afinando posteriormente la superficie.

Pueden ser empleados distintas mezclas de materiales para aplanados, según las exigencias de las especificaciones de obra.

Aplanados de mezcla de cal

Aplanados de mezcla de cemento

Aplanados de cemento y fibra de vidrio

Aplanados de yeso

Aplanados de protección contra el fuego

Marco Teórico.

Cualquier mezcla que se utilice para aplanar es importante recalcar humedecer los blocks de cemento antes de aplicarles el mortero, ya que si está completamente seco, al momento de aplicar la mezcla, el block de cemento absorbe la humedad de la mezcla impidiendo el fraguado.

Como se dijo anteriormente, según las necesidades y las restricciones de especificaciones descritas, se utilizará la mezcla correspondiente, dependiendo las características que dicha mezcla tenga. Por ejemplo, los aplanados de mezcla de cal tienen la propiedad de ser más impermeable por su elasticidad y fraguado lento, evitando grietas futuras en poco tiempo.

Si se requiere una mayor dureza o fraguado rápido, es más recomendable aplicar las mezclas de cemento ya que tiene dichas propiedades.

Los aplanados de cemento y fibra de vidrio contienen cemento, arena y fibras de vidrio, basta con añadir agua para ser utilizado. Tienen la propiedad de cubrir y aplanar muros elaborados con block de cemento con la función de evitar la aparición temprana de grietas o fisuras y aumentar la resistencia a sismos.

Los aplanados de yeso son utilizados cuando se requiere dureza y mayor rapidez al fraguado. Mientras que los aplanados de protección contra el fuego como su nombre lo dice, se utilizan para retardar el fuego sobre la mampostería, según estudios hechos por el “New York Bereau of Buildings” un aplanado con 6 mm de espesor retarda 30 minutos aproximadamente la acción del fuego; estos aplanados son hechos a base de fibra de asbesto muy pequeñas, las cuales son mezcladas con agua y aplicados con pistola.

2.5.2 Componentes

La composición del aplanado depende en gran medida a la estructura de la cual está elaborado el mortero, por lo general los aplanados incluyen cal, yeso, cemento, arena y agua en diferentes proporciones cada uno.

2.5.3 Principales características

El número de capas de mortero aplicado al aplanado, puede variar de entre una capa, dos o tres, dependiendo del espesor deseado o de los requisitos en las especificaciones de la construcción.

El espesor del aplanado, puede variar dependiendo de los requisitos de las especificaciones y de la base en la que se aplique, de entre 3/8 a 1 pulgada

Retardante a la acción contra el fuego (con el aplanado de protección contra el fuego)

2.5.4 Principales usos

Los principales usos que se le dan a los aplanados son el recubrimiento de muros, plafones, columnas y trabes.

Como su nombre lo indica, su función principal es aplanar y alisar las superficies de muros y losas.

2.6 Fisuramiento en aplanados

La aparición de fisuras en los aplanados de yeso es frecuente y a veces hasta alarmante; la mampostería es incapaz de resistir deformaciones a cierta consideración.

Marco Teórico.

La presencia de aplanados sobre los muros incrementa su resistencia en forma considerable:

Yeso 1 Kg/cm²/cm de recubrimiento.

Cemento 2 Kg/cm²/cm de recubrimiento.

Los fisuramientos en aplanados se debe a contracciones plástica, cambios de temperatura, esfuerzos de tensión generado por desplazamientos diferenciales de los muros.

Las personas no expresan mayor preocupación al agrietamiento de sus viviendas, sin embargo se quejan del mal aspecto que da a sus viviendas y solamente el 10% mostró recuperación por la seguridad de sus viviendas a pesar de que la reacción de los usuarios aumenta de manera proporcional al nivel del agrietamiento.

2.6.1 Causas del agrietamiento

Las grietas son aberturas que surgen de manera natural en los muros, por lo general dependen del tipo de mortero, pueden originarse por los siguientes factores:

Contracción.

Cambios de temperatura.

Velocidad de deformación.

Aunque también depende en gran medida del tipo de mortero que se utilice y estructuración (tipo de refuerzo).

Marco Teórico.

El nivel de daños en la construcción se presenta en la siguiente tabla.

Tipo de daño	Daños visibles
D1	Grieta reparable sin necesidad de procedimientos elaborados de refuerzo (ancho de grieta <0,1 mm).
D2	Grieta que empieza a afectar los elementos de refuerzo y requiere fortificación de los muros.
D3	Agrietamiento que afecta radicalmente la capacidad del muro y obliga a reestructuraciones y reparaciones de consideración en la construcción.
D4	La distorsión general de la construcción es tal que obliga a su demolición.

Tabla 2.6; Daños de agrietamiento

2.6.2 Soluciones al agrietamiento

Para una solución óptima del agrietamiento debe cuantificarse primeramente, los distintos factores que afectan como lo es el costo de reparación, la pérdida de rentabilidad que consiste en la reducción que sufre la vivienda por los daños producidos y el daño a la reputación del usuario que generalmente consiste en una reacción negativa a la presencia de grietas.

2.7 Pruebas de laboratorio en los morteros

Se realizaron pruebas de laboratorio de fraguado y de resistencia a compresión, las cuales se describen con mayor énfasis en el capítulo III.

Las pruebas realizadas tanto para fraguado como para resistencia a compresión se elaboraron con las mismas dosificaciones establecidas previamente para ambas pruebas.

2.7.1 Fraguado inicial y final

Se le llama fraguado al endurecimiento total de una mezcla, en este proyecto el fraguado inicial se tomo al momento de incorporar el agua a la mezcla de materiales que se tenían previamente.

El fraguado final fue el tiempo que se tardo la mezcla desde el momento que se le adicionó agua, hasta que se endureció dicha mezcla.

2.7.2 Resistencia a compresión

La resistencia a compresión se puede definir como el máximo esfuerzo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento.

La cantidad de esfuerzo necesario para deformar el material es la resistencia a la compresión de los materiales que no se rompen en la compresión.

Para medir la resistencia a compresión, se realizan un ensayo a compresión elaborado por muestras de la mezclas de diferentes dosificaciones de mortero y colocadas en cilindros cuadrados o circulares; normalmente se realizan 6 moldes y de ellos se toman 2 para someterlos a esta prueba a los 7, 28 y 96 días.

2.7.3 Resistencia a tensión

Es la capacidad que posee un cuerpo de resistir esfuerzos de tracción y fuerzas aplicadas a este, adquiriendo deformaciones permanentes o

deteriorándose, para así poder determinar la resistencia a la rotura y las propiedades mecánicas del material.

2.7.4 Curva esfuerzo-deformación

La curva esfuerzo- deformación es la relación que existe entre el esfuerzo y la deformación en un material.

Para obtener esta gráfica, normalmente se llevan a cabo un ensayo o pruebas de tensión o compresión sobre una probeta del material.

Dependiendo del tipo de materiales, los materiales dúctiles se ensayan a tensión, los materiales frágiles se ensayan a compresión.

A partir de esta curva se obtienen las principales características mecánicas del material, como son resistencia, rigidez, ductilidad, etc.

CAPÍTULO III.- METODOLOGÍA

En este capítulo se describen los pasos que se siguieron para la prueba de fraguado y prueba de compresión simple

3.1 Materiales Empleados

Los materiales empleados tanto para la prueba de fraguado como para las pruebas de resistencia a compresión fueron:

Yeso

Cal

Cemento

3.2 Equipo de laboratorio utilizado

PRUEBA DE FRAGUADO

Vaso de precipitado

Báscula digital

Moldes para colar morteros

Aceite

Placas de vidrio

Pisón

Espátula

Charola

PRUEBA DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN

Vaso de precipitado

Báscula digital

Moldes para colar morteros

Aceite

Aparato de Vicat con accesorios

Placas de vidrio

Pisón

Espátula

charola



Figura 3.1 Aparato de Vicat

3.3 Procedimiento de prueba de fraguado

Las pruebas realizadas en el laboratorio de ingeniería civil, fueron elaboradas con la finalidad de responder las preguntas realizadas inicialmente en el planteamiento del problema y consistieron en una secuencia de pasos que se describen a continuación.

Se establecen dosificaciones para el mortero con diferentes proporciones de yeso, cal y en algunos ensayos se incorpora cemento para proporcionar dureza.

Se cubre de aceite una placa de vidrio, que es donde posteriormente se pondrá a fraguar las muestras; también se engrasa un molde para fraguar del aparato de Vicat, esto para que salgan las pruebas con mayor facilidad.

De acuerdo a las dosificaciones planteadas, se pesa el yeso en la báscula digital, después la cal y por último se pesaba el cemento.

Se mezclan los materiales en una charola.

Una vez que los materiales están perfectamente integrados, se incorpora una cantidad definida previamente de agua y se toma el tiempo en hora y minutos del día.

Posteriormente se forma una pasta llamada mortero, la cual es importante trabajarla de forma rápida (dependiendo la cantidad de yeso será la rapidez del fraguado que se tendrá, ya que el yeso es de fraguado rápido).

Metodología.

La mezcla obtenida se vacía con ayuda de una espátula al molde para fraguar del aparato de Vicat hasta la mitad, con el pisón se dan 8 golpes uniformemente, se agrega mas mezcla y una vez lleno, se vuelve a compactar con la misma cantidad de golpes uniformemente, se agrega un poco mas de mezcla y se enrasa.

Se ajusta el indicador y la aguja del aparato de Vicat, hasta quedar al ras del molde contenedor del mortero.

Se toma el tiempo desde que los materiales fueron mezclados con agua y a partir de ahí, cada dos minutos aproximadamente se afloja el tornillo de retención que dejará caer la aguja. Esto nos proporcionará los centímetros que penetra la aguja a un determinado tiempo.

A medida que pase el tiempo la mezcla por naturaleza va adquiriendo resistencia y dureza, si se suelta la aguja inmediatamente después de hacer la mezcla (con muy poco tiempo después de haber sido mezclados los materiales con el agua), la aguja cae hasta el fondo, penetrando la mezcla por completo, a medida que pasa el tiempo la aguja penetra cada vez menos hasta que endurece completamente el mortero y la aguja no penetre nada. Ese es el tiempo de fraguado que se tomará en cuenta.



Figura 3.3.1 Elaboración de muestras.



Figura 3.3.2 Prueba de fraguado con aparato de Vicat.

3.4 Procedimiento de prueba A COMPRESIÓN

Primeramente con el material requerido, se establecieron diferentes dosificaciones para las diferentes pruebas que se realizarían las cuales fueron variando en la cantidad de yeso, cal, cemento y agua que se les suministraría, aunque el principal material era el yeso y a pesar de que en las primeras pruebas las muestras se hicieron a base de puro yeso, a medida que se hacían más muestras, se variaba la dosificación entre yeso, cal y cemento.

A continuación se describe el procedimiento para realizar las pruebas a compresión.

Antes de empezar a pesar y mezclar los materiales utilizados, se cubre perfectamente con aceite una placa de vidrio de 15 cm x 15 cm), que es donde posteriormente se pondrá a fraguar las muestras, al mismo tiempo se engrasan los moldes de PVC de 5cm de altura que se utilizarán, esto para que salgan las pruebas con mayor facilidad.

Se pesa el yeso en la báscula digital, después la cal y por último se pesa el cemento que se utilizará.

Se mezcla todo en una charola y una vez que los materiales están perfectamente integrados, estos se agregan a una cantidad definida previamente de agua, es importante recalcar que los materiales son los que se agregan al agua y no el agua a los materiales, esto debido a que dichos materiales son materiales anhidros (sin agua) lo que hace que se formen cristales y rigidicen la mezcla, si se agregara el agua a los materiales hace más lenta la rigidización ya que los granos de estos materiales ya están hidratados.

Metodología.

Una vez mezclados perfectamente los materiales con el agua se forma una pasta llamada mortero, se vacía dicha mezcla con ayuda de una espátula a los tubos de PVC hasta la mitad, con el pisón se compacta la mezcla dándole 8 golpes uniformemente, agregamos más mezcla y una vez lleno volvemos a compactar el tubo con la misma cantidad de golpes, se agrega un poco más de mezcla para enrasar. Por cada mezcla que se hacía, daba como resultado una cantidad promedio de 7 muestras en los tubos de PVC.

Se espera un promedio de 24 horas a temperatura ambiente para des-cimbrar dichas muestras.

Una vez que las probetas han alcanzado la resistencia de diseño, son sometidas a compresión en la prensa universal VERSA TESTER con capacidad de 30 toneladas, para determinar su resistencia a la compresión.

Se obtienen resultados que son capturados y graficados, los cuales muestran cuál es la dosificación de mezcla más resistente.



Figura 3.3.3 Prensa universal VERSA TESTER con capacidad de 30 toneladas



Figura 3.3.4 Elaboración de muestras

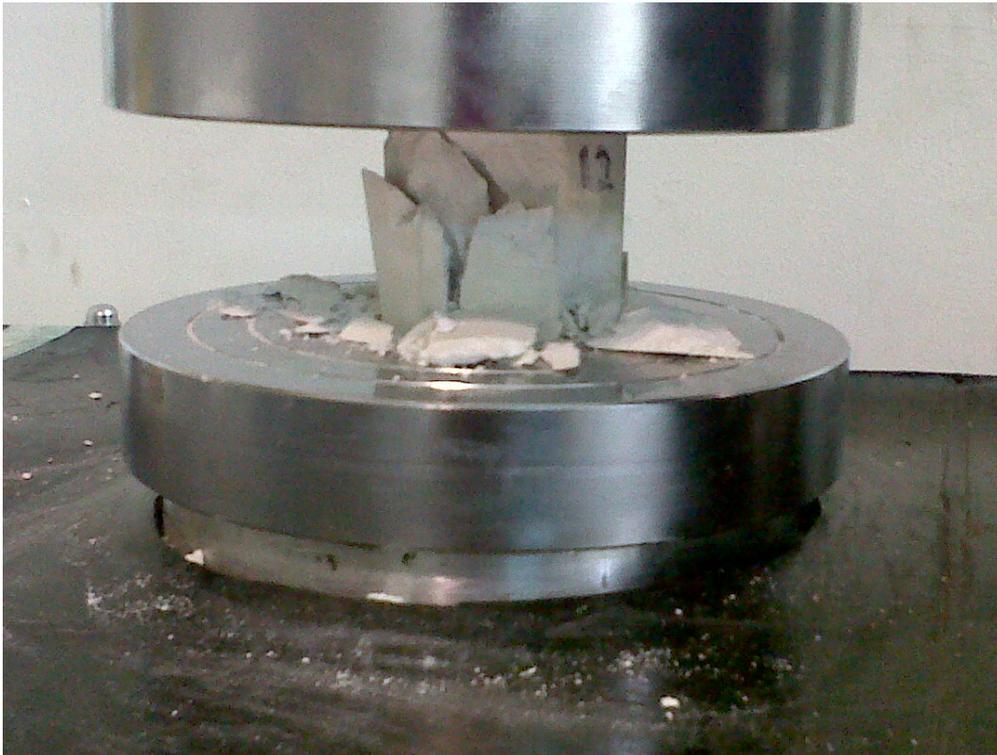


Figura 3.3.5 Muestras sometidas a compresión

DEFINICIÓN DE VARIABLES UTILIZADAS EN EL EXPERIMENTO

Las variables utilizadas en las pruebas se dividen en variables independientes y variables dependientes y se describen a continuación.

3.4.1 Variables independientes

Concentrado de yeso = [5]

Concentrado de cal = [0,1,2,3,4]

Concentrado de cemento = [0,1]

Metodología.

Los concentrados citados anteriormente son cantidades expresadas en relaciones de peso.

3.4.2 Variables dependientes

Las variables dependientes expresadas del presente estudio son:

Tiempo de fraguado inicial (TFI)

Tempo de fraguado final (TFF)

Resistencia a compresión ($f'c$)

La siguiente tabla muestra la dosificación utilizada en los diferentes morteros, en cada dosificación salieron un total de 7 muestras aproximadamente.

Estas dosificaciones se utilizaron tanto para las pruebas de fraguado como para las pruebas a compresión.

Dosificación	Yeso	Cal	Cemento	Agua
	(g)	(g)	(g)	(ml)
1	500	0	0	500
2	500	100	0	500
3	500	200	0	500
4	500	300	0	500
5	500	300	100	500
6	500	400	100	500

Tabla 3.2 Dosificación de muestras de mortero a base de yeso.

CAPITULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se muestran todos los resultados de las diferentes dosificaciones empleadas anteriormente de yeso, cal y cemento.

Como se describió anteriormente se hicieron pruebas a compresión y pruebas de fraguado a los diferentes morteros a base de yeso.

El yeso utilizado es de la marca comercial Mocúzari.

La cal utilizada en este proyecto es de la marca Pimacal.

Se utilizó en pequeñas proporciones y sólo en algunos ensayos cemento de la marca comercial Campana, esto para proporcionar dureza.

Análisis de resultados.

Los resultados obtenidos para cada mezcla son los siguientes.

4.1 Pruebas de fraguado

Los resultados obtenidos para cada una de las mezclas son los siguientes:

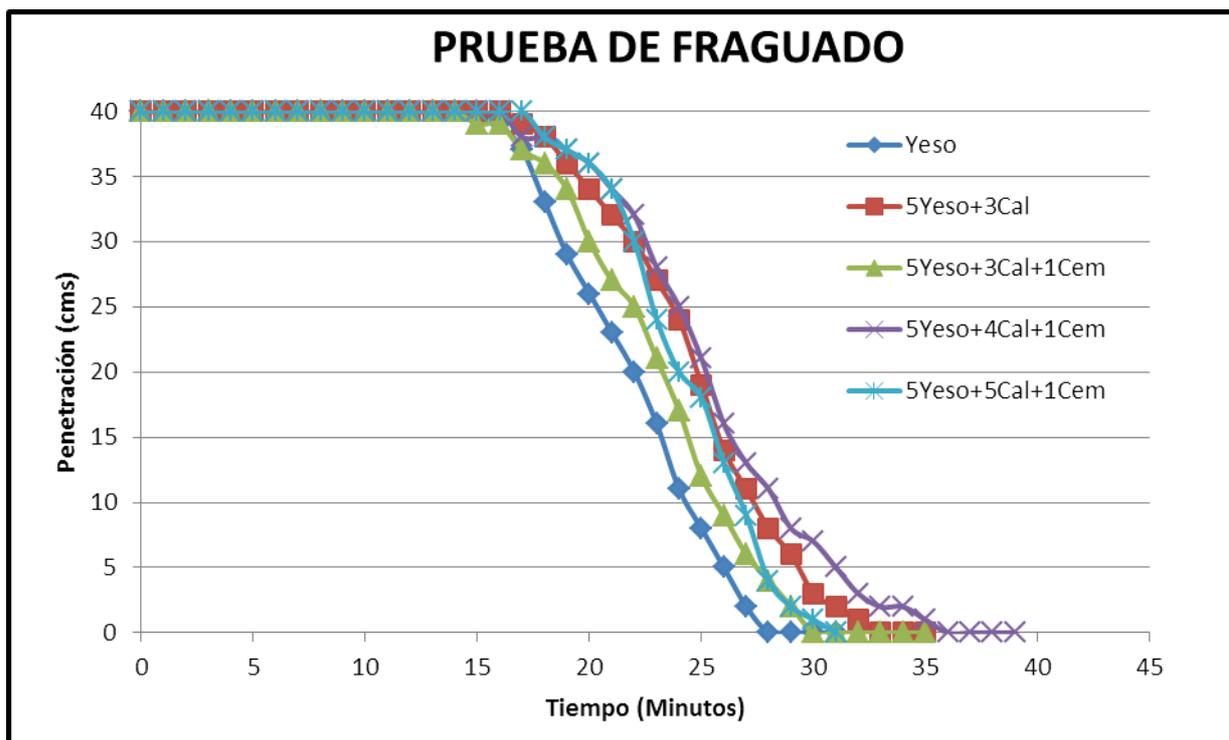
	MEZCLA 1	MEZCLA 2	MEZCLA 3	MEZCLA 4	MEZCLA 5
	Yeso	5Y+3Cal	5Y+3Cal+1Ce	5Y+4Cal+1Cem	5Y+5Cal+1Cem
TIEMPO	PENETRACIÓN	PENETRACIÓN	PENETRACIÓN	PENETRACIÓN	PENETRACIÓN
0	40	40	40	40	40
1	40	40	40	40	40
2	40	40	40	40	40
3	40	40	40	40	40
4	40	40	40	40	40
5	40	40	40	40	40
6	40	40	40	40	40
7	40	40	40	40	40
8	40	40	40	40	40
9	40	40	40	40	40
10	40	40	40	40	40
11	40	40	40	40	40
12	40	40	40	40	40
13	40	40	40	40	40
14	40	40	40	40	40
15	40	40	39	40	40
16	39	40	39	40	40
17	37	39	37	38	40
18	33	38	36	38	38
19	29	36	34	37	37
20	26	34	30	36	36
21	23	32	27	34	34
22	20	30	25	32	30
23	16	27	21	28	24

Análisis de resultados.

24	11	24	17	25	20
25	8	19	12	21	18
26	5	14	9	16	13
27	2	11	6	13	9
28	0	8	4	11	4
29	0	6	2	8	2
30	0	3	0	7	1
31	0	2	0	5	0
32	0	1	0	3	
33	0	0	0	2	
34	0	0	0	2	
35	0	0	0	1	

Tabla 4.1 Resultado de prueba de fraguado

GRÁFICA DE DESARROLLO DEL FRAGUADO



Gráfica 4.1 Muestra del desarrollo de fraguado.

Análisis de la gráfica:

En esta gráfica se muestra el comportamiento de cada uno de las mezclas elaboradas a base de yeso. Se puede observar que el fraguado de yeso puro es lento, empieza a fraguar a los 17 minutos y su fraguado final, es a los 33 minutos.

En cuanto al tiempo de fraguado la dosificación más óptima que ese encontró es la de 500 gramos de yeso, 500 gramos de cal, 100 gramos de cemento y 500 ml de agua, esta mezcla empezó a fraguar a los 18 minutos, y su fraguado final fue a los 33 minutos.

Con esta gráfica se pudo concluir que a medida que se incorpora cal se va mejorando y alargando mas el tiempo de fraguado.

Esto nos sirve para dar más tiempo a colocar

El yeso puro su fraguado inicial es a los 17 minutos, empieza a fraguar y sui tiempo final es a los 33 minutos, a medida que se va mezclando cal se empieza alentar

4.2 Pruebas de resistencia a compresión

Las pruebas de resistencia a compresión simple fueron a los 28 días de su colado y los resultados están en sistema internacional de unidades (Kg/cm^2) como se muestra a continuación.

Análisis de resultados.

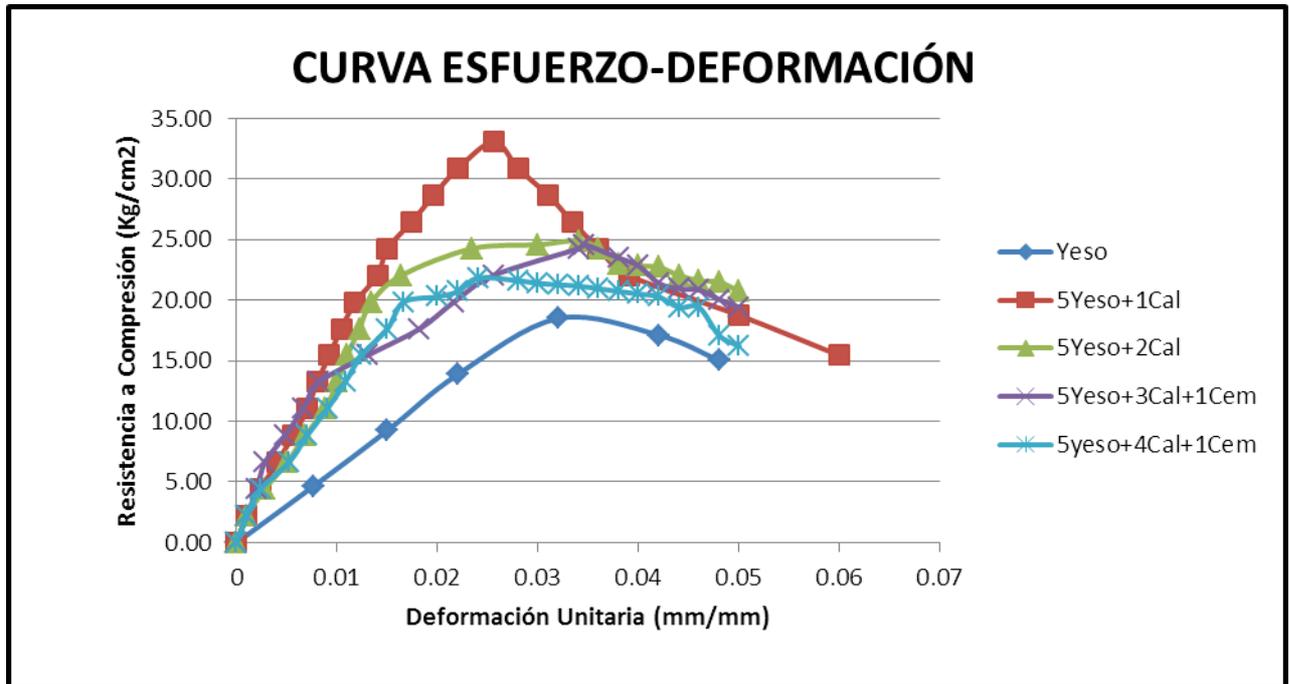
IDENTIFICACIÓN	YESO	CAL	CEMENTO	AGUA	PESO (Kg)	DIAM (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	VOL. (cm ³)	P. VOL (Kg/m ³)	ENSAYE A			
											COMPRESION		TENSION	
											CARGA MAX (lbs)	RES. COMP (Kg/cm ²)	CARGA MAX (lbs)	RES. TENSION (Kg/cm ²)
1	500	0	0	500	0.087	4.54	4.77	16.2	77.2	1121	1845	51.74		
2	500	0	0	500	0.086	4.55	4.94	16.3	80.3	1064	2270	63.38		
3	500	0	0	500	0.092	4.35	4.83	14.9	71.8	1279	2290	69.96		
4	500	0	0	500	0.091	4.38	5.17	15.1	77.9	1162			1615	20.61
5	500	0	0	500	0.092	4.34	5.16	14.8	76.3	1209			1595	20.59
6	500	0	0	500	0.094	4.41	4.68	15.3	71.5	1312			1445	20.24
											ENSAYE B			
11	500	100	0	500	0.089	4.38	4.7	15.1	70.8	1262	1665	50.17		
12	500	100	0	500	0.083	4.56	5.06	16.3	82.6	1006	1475	41		
13	500	100	0	500	0.084	4.52	5.2	16.1	83.4	1007	1390	39.33		
14	500	100	0	500	0.101	4.54	4.94	16.2	80	1265			1465	18.88
15	500	100	0	500	0.076	4.6	5.07	16.6	84.3	903			655	8.12
16	500	100	0	500	0.085	4.45	5.05	15.6	78.5	1076			540	6.95
											ENSAYE C			
21	500	200	0	500	0.073	4.64	4.86	16.9	82.2	888	955	25.64		
22	500	200	0	500	0.074	4.6	4.95	16.6	82.3	900	870	23.77		
23	500	200	0	500	0.074	4.5	5	15.9	79.5	931	815	23.26		
24	500	200	0	500	0.083	4.56	5.3	16.3	86.6	959			620	7.41
25	500	200	0	500	0.079	4.42	5.2	15.3	79.8	990			685	8.61
26	500	200	0	500	0.074	4.6	5	16.6	83.1	891			520	6.53
											ENSAYE D			
41	500	300	100	500	0.091	4.57	5.05	16.4	82.8	1099	885	24.49		

Análisis de resultados.

42	500	300	100	500	0.085	4.5	4.93	15.9	78.4	1084	915	26.12		
43	500	300	100	500	0.096	4.59	5.2	16.6	86	1116	875	24.01		
44	500	300	100	500	0.094	4.61	5.21	16.7	87	1081			690	8.3
45	500	300	100	500	0.096	4.62	5.15	16.8	86.3	1112			675	8.2
46	500	300	100	500	0.095	4.61	5.17	16.7	86.3	1101			680	8.25
											ENSAYE E			
50	500	400	100	500	0.088	4.55	4.94	16.3	80.3	1096	950	26.53		
51	500	400	100	500	0.086	4.48	4.81	15.8	75.8	1134	820	23.62		
52	500	400	100	500	0.087	4.49	4.85	15.8	76.8	1133	630	18.06		
53	500	400	100	500	0.092	4.6	4.89	16.6	81.3	1132			410	5.27
54	500	400	100	500	0.091	4.58	5.09	16.5	83.9	1085			445	5.52
55	500	400	100	500	0.093	4.58	5.3	16.5	87.3	1065			435	5.18

Tabla 4.2 Resultado de la prueba de resistencia a compresión

4.3 Pruebas para determinar la curva esfuerzo-deformación



Gráfica 4.3 Muestra del desarrollo de la curva esfuerzo- deformación

Análisis de la gráfica:

En esta gráfica se muestra que todas las mezclas aumentaron la resistencia respecto a la muestra de yeso puro, la cual dio una resistencia máxima de 18.50 kg/cm² y una capacidad de deformación de 0.048 mm/mm.

El resto de las mezclas dieron por arriba de la muestra natural de yeso y todas dieron deformaciones por arriba de la de yeso puro. La mezcla de 5yeso+4cal+1cemento dio una resistencia máxima de 21.83 kg/cm² y una capacidad de deformación de 0.048 mm/mm.

La mezcla de 5yeso+2 cal dio una resistencia máxima de 24.59 kg/cm² y una capacidad de deformación de 0.05 mm/mm.

Análisis de resultados.

La mezcla de 5yeso+3cal+1cemento dio una resistencia máxima de 24.59 kg/cm² y una capacidad de deformación de 0.05 mm/mm.

Y la mejor dosificación resultó la de 5yeso+1 cal, la cual dio como resistencia máxima 33.08kg/cm² y una capacidad de deformación de 0.06 mm/mm.

Lo anterior muestra que meter cal de mas no ayuda, ya que baja la resistencia, aumenta un poco la ductilidad respecto a el yeso puro, pero se satura el mortero de cal, tanta cal perjudica, lo recomendable es una pisca de cal.

La siguiente tabla indica la resistencia, ductilidad y tiempo de fraguado de cada una de las mezclas, se observa que la dosificación optima es la de 5yeso+1cal ya que tiene un incremento de resistencia de 79% y una ductilidad de 25% respecto a las muestras de yeso puro, a pesar de que tiene un tiempo de fraguado rápido.

Mezcla	Resistencia		Ductilidad		Tiempo Fraguado	
	[Kg/cm2]	Incremento	%	Incremento	Minutos	Incremento
Yeso	18.5	0%	4.8	0%	28	0%
5Yeso+1Cal	33.08	79%	6.0	25%	29	4%
5Yeso+2Cal	24.59	33%	5.0	4%	30	7%
5Yeso+3Cal+1Cem	24.26	31%	5.0	4%	30	7%
5Yeso+4Cal+1Cem	21.83	18%	5.0	4%	36	29%

Tabla 4.3 Comparación de las distintas dosificaciones

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

La prueba de resistencia a la compresión, en las diferentes mezclas, mostraron que la mejor opción de todas las mezclas es aquella que tiene una porción de cal por 5 de yeso, ya que aumento un 79% la resistencia y 25% la ductilidad.

Poner exceso de cal si bien es cierto si beneficia en un 29% el tiempo de fraguado, no tiene beneficios en ductilidad ni en resistencia ya que ésta dosificación de 5yeso+4cal+1cemento da un 18% de incremento de resistencia y un 4% de incremento de ductilidad respecto a la prueba de yeso puro.

Conclusiones y recomendaciones.

Todas las mezclas que se hicieron, dieron mejores resultados de ductilidad, resistencia y fraguado que las de yeso puro.

5.2 RECOMENDACIONES

Se sugiere probar con otras marcas de yeso para comparar el comportamiento, se pueden elaborar distintas muestras con diferentes marcas ya que existen en el mercado materiales más dúctiles y trabajables.

Hacer más pruebas con otras combinaciones de mezclas para tener una variedad más amplia de resultados.

Sugerir a los constructores que apliquen esta dosificación (5yeso+1cal) para que mejore su rendimiento.

Referencias Bibliográficas.

Ángel Vian Ortuño. (1994), Introducción a la química industrial, Barcelona, España, Editorial Reverté.

Materiales e interpretación de planos (Enciclopedia de Albañilería),(2003), Barcelona, España, Edición Ceac.

Tesis de Jesús Emilio Martinie Vega, Estudio comparativo de resistencias a compresión en morteros elaborados con diferentes cementos, (2011)

Frederick S. Merritt, M. Kent Loftin, Jonathan T. Ricketts, (2008), Manual del ingeniero civil (4ta Ed.) Mexico, D.F, McGraw-Hill/Interamericana editores, S.A DE C.V.

Buenaventura Bassegoda Musté (1982), Técnicas de Construcción II, Barcelona, España,

Materiales y procedimientos de construcción, Tomo II, Universidad La Salle

<http://www.cemexmexico.com/index.asp>