



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

DISEÑO DE MATERIAL A PARTIR DE CONCRETO CON VIDRIO RECICLADO

Tesis Profesional para la Obtención del Título de Ingeniero en Diseño

Presenta:

KARINA LUNA FLORES

Con la Asesoría de:

Dr. Roberto Suárez Orduña

LOMA BONITA, OAXACA, ABRIL 2015

Dedicatoria

Con mucho cariño dedico esta tesis primeramente a Dios por darme la oportunidad y los medios necesarios para concluir mis estudios, siendo él mi fortaleza y llenándome de bendiciones todos los días.

A mis padres que también son una bendición, agradezco que a pesar de las adversidades y las circunstancias de la vida nunca perdieron la fe en mí, depositando todo su amor y confianza. Aunque en el camino se quedó mi padre éste esfuerzo también es suyo ya que siempre vivirá en mi mente y corazón como el gran hombre que fue, a mi madre por apoyarme de manera incondicional y nunca soltar mi mano, llena de valor, tenacidad y amor.

A mis hermanos que siempre tuvieron una palabra de aliento cuando más la necesite, hoy les digo, lo logramos, muchas gracias Neryluz, Miriam, Concepción, Patricia, Ismael y Juan Carlos.

A mis maestros por la paciencia y por darme las herramientas para defenderme en el ámbito profesional.

A ti mi amor muchas gracias, tú sabes que esto también es tuyo. Te amo.

Agradecimientos

A la Universidad del Papaloapan por permitirme ascender un peldaño más en mi vida profesional.

Agradezco por su apoyo al fondo sectorial CONAVI-CONACYT a través del proyecto CONAFOVI-2011-02-168189, para hacer posible esta tesis.

A mi asesor, el Dr. Roberto Suárez Orduña por depositar su confianza en mí, por ser mi guía y mi motivación tanto en el aula como en la dirección de esta tesis, éste logro también es de usted.

Agradezco también a mis profesores por compartir conmigo sus conocimientos, M. Arch. Nidia Iliana Pérez Lobato, M. Arq. José Hugo Tlachi García, Dra. Laura Patricia Rivas Vázquez, Dr. Axel Villavicencio Torres, ahora también forman parte muy valiosa de mi vida profesional.

Un agradecimiento especial a la Diputada Federal Lic. Saraí Larisa León Montero, por su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera y por confiar en mi haciéndome parte de su vida laboral y familiar.

Resumen

El concreto como material decorativo ha tenido diferentes aplicaciones, éste material como tal no ha tenido modificaciones, salvo en algunos tipos de agregados para generar texturas. En este sentido se planteó la utilización de un material alternativo al concreto, llamado vitroceto, el cual en su composición no posee agregados pétreos (Grava y arena), sino agregados vítreos (Vidrio en diferentes granulometrías). El vitroceto fue caracterizado por la resistencia a la compresión, la conductividad térmica y diferentes pruebas de durabilidad.

Se determinó que las muestras con un 100 % de vidrio presentan una elevada resistencia a la compresión (Mayor a 250 kg/cm^2). Así mismo, a pesar de tener una mayor resistencia mecánica, se estimó una conductividad muy baja (0.16 W/mK , para vitroceto verde). En cuanto a su durabilidad se observó que el material tiene una permeabilidad similar a la del concreto convencional, pero es un material frágil que puede tener elevada resistencia al desgaste, a su vez llega a absorber humedad, por lo cual la aplicación de este material se centra en zonas interiores. Una vez obtenidas las propiedades del material se comenzó con la etapa de diseño.

Se realizaron diferentes propuestas de losetas fabricadas con vitroceto, las cuales se elaboraron con dos colores de vidrio: ámbar y verde. Se estableció que el elemento fuera modular, de fácil ensamble pero a su vez que pudiera adaptarse al gusto del consumidor. Entre las propuestas que se realizaron, la que se optó por seguir consistió en un modelo basado en seis piezas, debido a que mediante este enfoque es posible darle diferentes ordenamientos, generar patrones que representen algo en particular, o desarrollar arreglos aleatorios. El material obtenido puede ser colocado en recubrimientos de paredes, por su estética y sus propiedades de aislabilidad térmica, o como loseta de piso.

Abstract

The material in the application of concrete as a decorative element has not changed, except for a few changes in the aggregate to generate different textures. For this reason, this project has been proposed, the use of an alternative material to concrete, called vitrocete, which does not have stony aggregates such as (Gravel and sand) in it's composition, these aggregates were replaced by vitreous aggregates which are composed of (Glass particles of different sizes). The vitrocete samples obtained were characterized by compressive strength, thermal conductivity and different durability tests.

It was determined that the samples with 100 % vitrocete having a high compressive strength (Greater than 250 kg / cm^2), despite having increased mechanical strength there was very low conductivity (0.16 W / mK , for green vitrocete). Furthermore, the durability of the permeability of the material observed, is similar to conventional concrete, although it is a fragile material it can resist high wear, it can also absorb moisture. Although, it should be taken into account the application of this material focuses on interior use only. Once the material properties were obtained, the design stage began.

There were different proposals for tiles made of vitrocete, which would be produced with two colors of glass: amber and green it was established that the element would be modular, easy to assemble but at the same time, it was good to know that it could be adapted to the needs of the consumer. Among the proposals that were made, it was opted to follow a model of six pieces, by taking this approach it was possible to develop different arrangements, generate patterns that represent something in particular, or develop random arrangements. Once the desired proposal was obtained we proceeded to perform the molds in wood, then pour the mixture to the material obtained in the mold. The texture of the material obtained it was, durable and could be used as wall tiles or floor tiles, because of it is aesthetic, thermal insulating properties and its resistance to wear.

Índice general

1. Introducción	1
1.1. Objetivo	2
1.1.1. Objetivos Específicos	2
1.2. Justificación	2
1.3. Metodología	3
1.4. Contribuciones	3
1.5. Estructura de la Tesis	3
2. Marco Teórico	5
2.1. El Cemento	6
2.1.1. Características de Cemento Blanco	6
2.2. Agregados	7
2.3. El Vidrio como Material de Construcción	8
2.3.1. Tipos de Vidrios	9
2.3.2. Propiedades del Vidrio	10
2.3.3. Usos y Aplicaciones del Vidrio	13
2.4. Losetas	13
2.4.1. Clasificación	13
2.4.2. Materiales Utilizados	15
3. Metodología Experimental	16
3.1. Materiales	16
3.2. Procedimiento	16
3.3. Caracterización	17

4. Desarrollo Experimental y Análisis de Resultados	19
4.1. Preparación del Vidrio	19
4.1.1. Análisis Granulométrico	22
4.1.2. Proporcionamiento de la Mezcla de Concreto	23
4.1.3. Preparación de Cubos de Mortero.	26
4.1.4. Ensayos de Compresión	27
4.1.5. Conductividad Térmica de las Muestras	28
4.1.6. Resistividad del Material	30
4.1.7. Prueba de Ultrasonido	31
5. Sugerencias de Aplicación	35
5.1. Loseta	35
5.1.1. Diseño y Elaboración de Moldes	35
5.1.2. Vaciado de Mezcla en Moldes	37
5.2. Presentación de Propuesta	39
6. Conclusiones	44
A. Datos para el proporcionamiento de mezclas de acuerdo a la ACI	48

Índice de figuras

1. Concreto coloreado a partir de cemento blanco (pagotopoleion.blogspot.mx/ , Accedido: 24/11/2014)	7
2. Estructura amorfa de un vidrio de sílice (lacienciaysusdemonios.com/ 2012 /01 /14/ cristalizar-o-no-cristalizar-esta-es-la-cuestion/, Revisado:1/11/2014).	9
3. Utilización de mármol en implementos de cocina (www.granix.com/products /marble/breccia-oniciata/ , Revisado:1/11/2014)	15
4. Diagrama de flujo de la metodología experimental (Fuente Propia)	18
5. Secado en horno de convección natural(Fuente Propia)	19
6. Choque térmico por chorro de agua (Fuente Propia)	20
7. Resultado del choque térmico (Fuente Propia)	20
8. Molino de jarra (Fuente Propia)	20
9. Tamices para realizar análisis granulométrico de la muestra de vidrio (Fuen- te Propia)	21
10. Granulometría de las muestras de vidrio verde y ámbar (Fuente Propia)	21
11. Vertido de mortero en los moldes en base a normativa ASTM C109 (Fuente Propia)	26
12. Inmersión de cubos de mortero en agua (Fuente Propia).	26
13. Prensa para ensayos de compresión (Fuente Propia)	27
14. Gráfica de ensayos de compresión respecto al contenido de vidrio en el mortero (Fuente Propia)	28
15. Equipo para medir la conductividad térmica (Fuente Propia)	29
16. Gráfica de conductividad térmica de material vitrocreto (Fuente Propia)	29
17. Equipo para medir la resistividad eléctrica del material (Fuente Propia)	30
18. Comparativo de resistividad de diferentes materiales (Fuente Propia)	31

19.	Equipo para medir la velocidad de pulso ultrasónico (Fuente Propia)	32
20.	Onda obtenida por ensayo ultrasónico de vitroceto (V. Verde) (Fuente Propia)	33
21.	Onda obtenida por ensayo ultrasónico de vitroceto verde, indicando zonas de compresión y succión (Fuente Propia)	33
22.	Velocidad de pulso ultrasónico de diferentes materiales (Fuente Propia) . .	34
23.	Losetas Propuesta (Fuente Propia)	35
24.	Diseño de moldes realizado en el software fusion 360 de Autodesk (Fuente Propia)	36
25.	Moldes preparados para vaciado de material (Fuente Propia)	37
26.	Muestras vaciadas a espera de fraguado: vidrio verde con cemento colo- reado (Fuente Propia)	38
27.	Muestras de losetas de colores ámbar y verde (Fuente Propia)	39
28.	Textura digitalizada de losetas ambar (Fuente Propia)	40
29.	Textura digitalizada de losetas verde (Fuente Propia)	40
30.	Textura digitalizada de losetas transparentes (Fuente Propia)	40
31.	Aplicación de losetas ámbar en mosaicos de cocina (Fuente Propia)	41
32.	Aplicación de loseta multicolor (vitrocetos ámbar, verde y transparente en piso de sala-comedor)(Fuente Propia)	41
33.	Acercamiento de piso con loseta de varios colores (Fuente Propia)	42
34.	Aplicación de loseta en cuarto de baño (Aplicación de cenefa y mosaicos de piso) (Fuente Propia)	42
35.	Aplicación de loseta en estudio (Aplicación en decoración) (Fuente Propia)	43
36.	Relación agua/cemento contra resistencia media (Fuente ACI)	49

Índice de tablas

1.	Comparativa de composición de cemento gris y cemento blanco (Portland cement Association, 1999)	7
2.	Composición (%) de diferentes tipos de vidrios (Fernández Navarro, 2003)	10
3.	Escala de Dureza Mohs (Mukherjee, 2012)	12
4.	Análisis granulométrico de diferentes vidrios triturados (Fuente Propia)	22
5.	Diseño de mezcla (Fuente Propia)	25
6.	Diseño de mezclas propuesto para este trabajo (Fuente Propia)	25
7.	Nivel de calidad de proceso de mezclado en obra (Fuente ACI)	48
8.	Cantidad aproximada de agua de mezclado para diferentes asentamientos y tamaños máximos de los agregados (Fuente ACI)	48

CAPÍTULO 1

Introducción

La industria de la construcción se ha beneficiado con el hallazgo de nuevos materiales con propiedades especiales o mejoradas, en comparación con los materiales ya existentes, particularmente cuando estos están sometidos a condiciones extremas (Sismos, inundaciones, humedad y calor, entre otros).

Desde tiempos muy remotos, el ser humano ha modificado su entorno para adaptarlo a sus necesidades. Para ello ha hecho uso de todo tipo de materiales naturales que, con el paso del tiempo y el desarrollo de la tecnología se han ido trasformando en distintos productos, mediante procesos de manufactura de creciente sofisticación. Los materiales naturales sin procesar (Arcilla, arena, mármol) se suelen denominar “materias primas”, mientras que los productos elaborados a partir de ellas (Ladrillo, vidrio, baldosa) se denominan “materiales de construcción”.

No obstante, en el proceso constructivo, muchas materias primas se siguen utilizando con poco o ningún tratamiento previo. En estos casos, estas materias primas se consideran también materiales de construcción, por este motivo, es posible encontrar un mismo material englobado en distintas categorías: por ejemplo, la arena puede encontrarse como material de construcción (Lechos o camas de arena bajo algunos tipos de pavimento), o como parte integrante de otros materiales (Los morteros). En este sentido, la aplicación de diferentes tipos de materiales de construcción relacionada a factores como la ubicación geográfica, tradición cultural, o región ecológica del país (Instituto Alfonso Romero Barcojo,2015).

1.1. Objetivo

El objetivo planteado desde el inicio de este trabajo fue el de desarrollar mosaicos, utilizando concreto con vidrio reciclado (Denominado vitrocreto). Particularmente se buscó desarrollar un material con base de concreto y vidrio reciclado, así como conocer las propiedades mecánicas (Resistencia a la compresión) y físicas (Conductividad térmica, difusión de cloruros) del material obtenido.

1.1.1. Objetivos Específicos

- Diseñar un material vitrocreto a partir de cemento y agregados de vidrio reciclado.
- Identificar los parámetros para el buen funcionamiento de las propiedades de la mezcla de cemento y vidrio reciclado.
- Probar mecánicamente y físicamente el diseño del material a partir de concreto con vidrio reciclado

1.2. Justificación

La elección de este tema se apoya en tres justificaciones: primeramente en la innovación del material, viéndolo desde un punto de interés en la industria de la construcción, ya que aportará nuevas texturas y mejoras mecánicas (Resistencia a la compresión).

La segunda es el beneficio medioambiental, esto se verá reflejado en la utilización de desechos inorgánicos y en el reemplazo de materiales pétreos tradicionales (Grava y/o arena) con el consecuente ahorro energético y ecológico (Debido a que la trituración del vidrio lleva menos tiempo por su fragilidad, en comparación de la grava). Y el tercero y sin ser menos importante, reducción de costos, ya que el material sustituto es parte de los desechos y su recolección puede ser gratuita o muy barata, tomando de referencia el costo de los materiales pétreos (Grava y/o arena).

1.3. Metodología

La primer etapa del trabajo experimental consistió en elaborar diferentes mezclas de cemento blanco con adiciones de agregados vítreos de diferentes tamaños. Con estos experimentos se obtuvo material "vitrocreto" sin necesidad de agregados pétreos.

Después se realizaron caracterizaciones pertinentes para determinar las características físicas del material, esto permitió determinar la mejor aplicación del vitrocreto en función de sus propiedades.

1.4. Contribuciones

Uno de los principales aportes de este proyecto es el reciclado de vidrio para la elaboración de un material alternativo, con el objetivo de convertir este desecho en un nuevo producto y reducir el costo de producción, aunado al ahorro de materia prima y energía, evitando así la contaminación del medio ambiente. Este material puede ser utilizado en pisos, así como en recubrimiento de muros.

1.5. Estructura de la Tesis

El siguiente trabajo está dividido en cinco capítulos, los cuales se conforman de la siguiente manera: en el capítulo uno se presenta la introducción, en la cual se mencionan algunos pormenores relacionados a este trabajo de investigación. Se comienza citando a la industria de la construcción, haciendo referencia a la existencia de materiales alternativos con características mejoradas.

Encontramos también, la evolución que ha tenido la construcción desde sus inicios y las últimas tendencias.

Posteriormente, en el Capítulo Dos, se encuentra el Marco teórico y referencial, en éste apartado se describe brevemente los antecedentes de los materiales que se utilizarán para elaborar un mosaico de concreto con vidrio reciclado, para medir sus propiedades, características y uso dentro de la construcción.

En el Capítulo Tres se encuentra la metodología experimental realizada durante el trabajo, detallando el material utilizado para el experimento, a su vez especificando las

cantidades de cada material que se utilizaron. También encontramos el proceso de manufactura, la descripción de la recolección de materiales, trituración del vidrio, tamizado, preparación de la mezcla y vaciado en moldes, curado y por último la caracterización del nuevo material.

El Capítulo Cuatro es el más extenso y corresponde al análisis de resultados, en el cual a partir de la metodología experimental se llevará a cabo la preparación de las muestras, desde la recolección de vidrio hasta su procesamiento y la caracterización del material vitrocreto. Con los datos obtenidos de las propiedades del material, se presentaron sugerencias en la aplicación del nuevo material.

Finalmente se presentan las conclusiones de este trabajo en el Capítulo Cinco.

Adicionalmente se cuenta con un anexo de tesis en el cual se consideró pertinente colocar los datos para el diseño de mezcla que se utilizaron en base a las recomendaciones proporcionadas por la ACI (American Concrete Institute) y todos los planos de las sugerencias de aplicación del material.

CAPÍTULO 2

Marco Teórico

La industria de la construcción ha generado un impacto ambiental considerable debido a la extracción de materias primas, necesarias para la obtención de los materiales utilizados en la misma, lo cual ha alcanzado el agotamiento de yacimientos, como la extracción de grava y arena, esto ha generado diferentes tipos de problemáticas ambientales como la erosión de lechos de ríos, la contaminación ocasionada por el procesamiento de manufactura de los diferentes materiales de construcción, entre otros. En este sentido, los materiales para la construcción han ido evolucionando aunado a las investigaciones sobre materiales provenientes de la naturaleza, dando como resultado un adelanto en el desarrollo tecnológico y económico de países industrializados y no industrializados.

La demanda de innovación en la construcción exige más día a día, pero la producción de estos nuevos materiales es demasiado costosa causando una disminución en sus ventas, por esta razón, se propone una alternativa al problema, utilizando materiales de desecho, los cuales pueden sustituir total o parcialmente a los agregados o al cemento, provocando cambios estructurales en las propiedades del material constructivo. Para este trabajo se reemplazaron los agregados. A continuación se presentan algunos de los agregados más utilizados comúnmente en la manufactura de concreto (Gutiérrez de López, L., 2003).

2.1. El Cemento

A lo largo tiempo el cemento ha sido un material que ha ido evolucionando, pero su aparición es milenaria (El invento se atribuye a Apsdin, que patentó en 1824, pero su aparición en el mercado fue después de 1944), (Alejandre, 2002) surgiendo por la necesidad del hombre primitivo por dejar las cuevas y comenzar a delimitar su espacio. En sus inicios se utilizaba ceniza volcánica como cementante natural. Al transcurrir de los siglos se utilizaban rocas para levantar edificios utilizando arcilla y cal como pasta, pero al estar expuestas a la intemperie se deterioraban con facilidad. Muchos experimentos a partir de agua con minerales triturados fueron hechos en la búsqueda de una pasta homogénea que permitiera unir y formar estructuras estables (www.revistacyt.com).

A mediados del siglo XVIII, James Parker de manera accidental fundió piedras calizas y fue allí donde nació el cemento, pero éste fue patentado hasta el 21 de octubre de 1824 como cemento portland obtenido de caliza arcillosa y carbón expuestos a altas temperaturas, teniendo un color grisáceo (Hewlett, 2003). Actualmente el cemento portland proviene de mezclar calizas y arcillas (La composición química aproximada de un cemento Portland está formada por un porcentaje entre 61 y 67 % de óxido de calcio (CaO), entre 19 y 23 % de óxido de silíceo (SiO_2), entre 2.5 y 6 % de óxido de aluminio (Al_2O_3), entre 0 y 6 % de óxido de hierro (Fe_2O_3), y entre 1.5 y 4.5 % de otros compuestos químicos minoritarios) fundidas artificialmente a una temperatura de 1500 °C y se encuentra en diferentes colores (www.revistacyt.com).

2.1.1. Características de Cemento Blanco

Actualmente podemos encontrar diferentes colores en el cemento. El cemento blanco comparte características mecánicas similares a la del cemento gris, pero éste presenta equilibrio entre resistencia y cualidades estéticas. Es un material versátil que se puede utilizar en grandes obras y en acabados superficiales, ya que las posibilidades de uso de éste material son infinitas por su resistencia y su moldeabilidad (www.cemex.es).

En la Tabla 1 se muestra la composición del cemento blanco en comparación con el cemento gris, observando como principal diferencia la poca proporción de Fe_2O_3 . El cemento blanco tiene como características la capacidad de colorearse con diferentes tonalidades,

lo cual ha beneficiado a los arquitectos, al desarrollar propuestas como el concreto coloreado (Figura 1).

Tipo de cemento	Componentes químicos principales (%)							Componentes mineralógicos principales (%)				
	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	MgO	P.F	Na ₂ O	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
Blanco	66	22,5	4,5	0,4	2,8	1,0	1,7	0,17	60	19	11	1
Gris	64	20,5	5,4	2,6	3	2,1	1,4	1,4	54	18	10	8

Tabla 1: Comparativa de composición de cemento gris y cemento blanco (Portland cement Association, 1999)

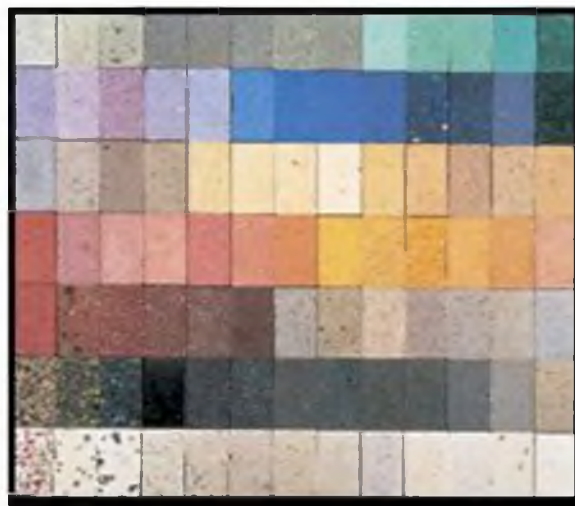


Figura 1: Concreto coloreado a partir de cemento blanco (pagotopoleion.blogspot.mx/, Accedido: 24/11/2014)

2.2. Agregados

Los agregados son una parte importante dentro de las obras civiles, ya que proporcionan volumen a la mezcla, haciéndola durable y estable. Existen dos tipos de agregados, los naturales y los artificiales (Padilla Rodríguez, 2004).

Agregados naturales: la denominación es por su forma de extracción, obtiene de material de cantera o de río. Ambos conservan sus propiedades mecánicas tales como la resistencia al desgaste.

Agregados artificiales: estos agregados se obtienen de productos y/o procesos industriales (Arcillas expandidas, escorias de altos hornos, limaduras de hierro, entre otras) (Padilla Rodríguez, 2004).

También se suele clasificar a los agregados con base al tamaño, el cual se realiza con un análisis granulométrico.

Agregado grueso o grava: material retenido en el tamiz No. 4 y que posee un tamaño comprendido entre 7.6 cm y 4.76 mm *Agregado fino o arena:* material capaz de pasar a través de la malla no.4, pero que es retenido por la malla No. 200, con tamaños entre 4.76mm y 74 micras (0.074 mm).

Finos: son partículas tan finas que pueden pasar a través del tamiz no. 200, que tienen tamaños comprendidos entre 0.074 mm y 0.002 mm.

Sucio de río: término empleado para denominar en su totalidad el material de arrastre de un río sin separar de tamaños, y tal como se puede extraer de un depósito natural.

Gravilla: material de río o de cantera, comprendido entre los tamices de 3/4 pulgada y el No. 4, con tamaños de partícula de entre 19.1 mm y 4.76 mm.

Arenón: Se le denomina así a la arena natural de río o de veta, con un tamaño intermedio entre 9.51 mm y 0.420 mm (Entre los tamices de 3/8 pulgada y el no. 40).

Cascajo: Hace referencia exclusivamente al agregado con tamaños entre 38.1 mm y 4.76 mm (Padilla Rodríguez, 2004).

2.3. El Vidrio como Material de Construcción

Desde tiempos muy remotos la utilización de vidrio ha sido fundamental en la fabricación de diversos objetos, éste material es utilizado como recubrimiento de piezas utilitarias, en ornamentaciones, en joyería y en arquitectura. A lo largo del tiempo, el vidrio ha ido evolucionado, debido a las nuevas demandas y apoyándose del avance tecnológico se ha utilizado de forma más compleja (Sorroche Cruz, 2005).

El vidrio es un material que se encuentra en la naturaleza, por ejemplo, la obsidiana, obtenida como consecuencia de altas temperaturas presentes en las erupciones volcánicas, también puede ser de índole artificial. Las principales características de este material es su dureza y fragilidad, transparencia, resistente a la corrosión, al desgaste y a la com-

presión. Industrialmente, la obtención de este material se lleva a cabo mediante la fusión de materias primas como la sílice (Arena), piedra caliza (Carbonato de calcio) y carbonato de sodio, y en general de cualquier óxido metálico en hornos de fundición que alcanzan temperaturas de hasta 1500 °C (Fernández Navarro, 2003).

En general, la estructura del vidrio es amorfa similar a un líquido, debido a las elevadas velocidades de enfriamiento, en las cuales se evita el reacomodo cristalino, se considera a este material como un líquido Sub-enfriado. En la Figura 2 se la estructura típica de la sílice amorfa, constituida principalmente por átomos de silicio enlazados covalentemente con átomos de oxígeno, formando estructuras tetraédricas. Esta estructura presenta amplias zonas vacías que dan al vidrio sus características básicas como transparencia y coeficiente de expansión térmica bajo.

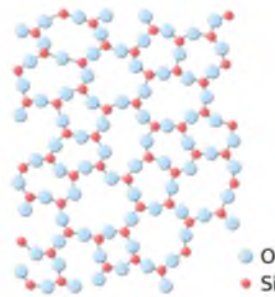


Figura 2: Estructura amorfa de un vidrio de sílice ([lacienciaysusdemonios.com/ 2012 /01 /14/ cristalizar-o-no-cristalizar-esta-es-la-cuestion/](http://lacienciaysusdemonios.com/2012/01/14/cristalizar-o-no-cristalizar-esta-es-la-cuestion/), Revisado:1/11/2014).

2.3.1. Tipos de Vidrios

Existe un sinfín de vidrios para diferentes aplicaciones y composiciones (Tabla 2), se considera que los más utilizados son:

Vidrio soda-cal: Este vidrio es el más utilizado actualmente, observándolo en espacios arquitectónicos de cualquier tipo, como vidrios para ventana. Este material está compuesto por sílice (Arena), sodio y calcio (Elemento importante que da estabilidad al vidrio, sin calcio, el vidrio sería soluble en agua y no tendría ninguna aplicación).

Vidrio al plomo: Este material funde a baja temperatura y se obtiene al sustituir el calcio por plomo. Estos vidrios sirven para absorber diferentes tipos de radiaciones como rayos X y ultravioleta, por lo cual este material es utilizado como escudo contra radiaciones y

debido a su bajo punto de fusión permite darle forma y grabarlo con facilidad (Borsella, 2009).

Vidrio de Borosilicato. Debido a la adición de boro, se obtiene un vidrio muy estable químicamente que resiste ataques ácidos y básicos y elevada resistencia mecánica, dichas características favorecen su aplicación en manufactura de cristalería

Vidrio de sílice. Este es el vidrio más difícil de fabricar debido a su elevado contenido de sílice (96 % SiO_2). Esta composición hace que se requieran temperaturas muy elevadas para fabricarlo. Sus principales aplicaciones están en los laboratorios donde se requieran materiales con elevada resistencia al calor, en protecciones para termopares y en tubos de rayos ultravioleta (Borsella, 2009).

Elementos	V. Soda-cal	V. Plomo	V. Borosilicato	V. Sílice
Sílice	70-75	53-68	73-82	96
Sodio	12-18	5-10	3-10	
Potasio	0-1	1-10	0.4-1	
Calcio	5-14	0-6	0-1	
Plomo		15-40	0-10	
Boro			5-20	3-4
Aluminio	0.5-3	0-2	2-3	
Magnesio	0-4			

Tabla 2: Composición (%) de diferentes tipos de vidrios (Fernández Navarro, 2003)

2.3.2. Propiedades del Vidrio

El vidrio se caracteriza por ser un material duro, frágil, resistente a la corrosión, al desgaste y a la compresión.

Los vidrios poseen diversas propiedades, dentro de las cuales se encuentran (Borsella, 2009):

Propiedades ópticas: La capacidad de transparencia, cualidad importante para crear muros transparentes que brinden beneficios al espacio, por ejemplo controlar el consumo de energía eléctrica, aprovechando al máximo la luz natural, también la propiedad

reflejante de este material puede brindarle atributos a la fachada de una construcción, como componente neutro recayendo en la tendencia arquitectónica “High Tec” (De la Casa Gómez, 1988).

Propiedades Químicas: Las propiedades químicas de este material lo hacen resistente a la actividad de reactivos químicos, solo el ácido fluorhídrico hace estragos sobre él.

Viscosidad: La viscosidad de este material es una propiedad que se caracteriza por su resistencia a la fluidez, haciéndolo denso y pegajoso sometido a altas temperaturas (En estado fundido, tiene una viscosidad de entre 10^{13} y $10^{13,5}$ dPas).

Corrosión: La resistencia a la corrosión del vidrio es impresionante ante la exposición con el medio ambiente, ya que no cede ante el desgaste. Pero existen reactivos químicos que podrían dañarlo, como el ácido fluorhídrico (Borsella, 2009).

Propiedades Térmicas: La conductividad térmica de un vidrio se describe cuando la radiación solar llega a éste, una parte es rechazada y puesta en el exterior, otra pasa al interior y la restante la masa del material la absorbe. El vidrio permite la transmisión de la radiación solar entre las longitudes de onda de 315 y 2500 nm, pasando por el visible (380-780nm), hasta el infrarrojo (780-2500 nm). Entre las propiedades térmicas mas importantes podemos mencionar el aislamiento que se puede dar en primer lugar a partir de la fracción de calor transmitido a través del vidrio en el sólido y por ultimo a través de la transmisión de luz a partir de la transparencia del vidrio que permite la transmisión del calor por radiación.

La dilatación, tiene por definición el aumento de las dimensiones de un cuerpo cualquiera por consecuencia de la exposición de calor. El vidrio no es la excepción, ya que si es expuesto a altas temperaturas sufre tensiones internas las cuales pueden llevar al material a sufrir una fractura. El dato de la expansión térmica del vidrio tiene mucha relevancia en arquitectura, dado que si el vidrio está expuesto un 25 % del total de su superficie a la sombra (Sombra estática) se alcanza la tensión térmica máxima en un promedio de 4 horas aproximadamente, con lo cual puede llegarse a la fractura del vidrio.

Propiedades mecánicas: Esta propiedad aporta fuerza dentro de la construcción arquitectónica, calculando debidamente la variedad de cargas a las que estará sometido el material, si se diseña utilizando este material en caso de que el vidrio presentara algún daño los resultados no serían tan catastróficos, ya que es sustituible fácilmente.

La resistencia a la torsión es una propiedad mecánica, la cual consiste en impedir que una fuerza externa provoque un giro o doblez en su sección transversal en estado sólido, por el contrario en su estado líquido este material es sometido a cierto grado de torsión que también puede ser provocado por algún elemento agregado.

La resistencia a la compresión del vidrio es alta. Para romper un cubo de 1 x 1 x1 cm es necesario aplicarle una carga de aproximadamente de 10 ton.

Dureza: El vidrio pose una dureza media, ese decir, la resistencia a ser rayado es de 5 – 6 sobre una escala arbitraria de 10 (Escala Mohs).

Dureza Mohs	Mineral	Dureza (kg/mm ²)
1	Talco	7-11
2	Yeso	16-99
3	Calcita	100-224
4	Fluorita	225-550
5	Apatito	550-700
6	Ortoclasa	700-849
7	Cuarzo	850-1500
8	Topacio	1500-2500
9	Corindón	2500-5000
10	Diamante	5000

Tabla 3: Escala de Dureza Mohs (Mukherjee, 2012)

La elasticidad del vidrio es una propiedad que se hace presente cuando está sometido a altas temperaturas, a partir de 600 °C comienza a deformarse plásticamente y en 1000 °C se funde. De lo contrario si se encuentra en estado sólido no existe elasticidad, el material es frágil que al aplicarle variables de esfuerzo- deformación se fractura.

Propiedades acústicas: El vidrio tiene la propiedad de ser aislante acústico, característica que evita la penetración de ruido y a su vez no permite que se escape ruido al exterior, éste material es pesado, duro e impermeable, ésta última característica no le permite la absorción acústica al no ser poroso, no absorbe las ondas acústicas al contrario las rebota.

2.3.3. Usos y Aplicaciones del Vidrio

Este material es utilizado en diferentes aplicaciones arquitectónicas, dada sus características de transparencia permite la iluminación de espacios cerrados y tiene funciones estéticas. Conforme pasa el tiempo la tecnología avanza y en el tratamiento del vidrio no es la excepción su evolución ha pasado de ser laminado a ser templado, esto ha beneficiado a la construcción, haciendo posible el desarrollo de nuevas aplicaciones en la arquitectura, algunas en desarrollo y otras aplicadas directamente en obras arquitectónicas o civiles, se trata de la utilización de vidrio como agregado al concreto, específicamente se ha venido trabajando en materiales vítreos producidos como subdesechos industriales, como lo es la escoria de alto horno, la cual tiene una estructura similar al vidrio (Baena, 1998).

Algunos trabajos reportados utilizan vidrio reciclado para manufacturar losetas de piso, sin embargo, en estos solo se hace un remplazo parcial del agregado fino, sin embargo no se pone énfasis en la propuesta de diseño del producto (Comino P.I, 2015).

El vidrio ha sido utilizado como elemento de refuerzo en concreto, en su forma de fibra de vidrio, dando como resultado un material flexible con el cual se pueden dar formas curvas o muy delgadas, que con el concreto convencional no es posible (Morales, 2008).

2.4. Losetas

La propuesta del presente material puede ser usado en losetas, forma y diseño son un acompañamiento perfecto para el diseño de espacios, pueden aportar por si solas un estilo único a un espacio interior o exterior. En términos generales, pueden aportar diferentes propiedades como resistencia al desgaste, baja absorción de agua, resistencia mecánica a esfuerzos compresivos y de flexión, entre otras.

2.4.1. Clasificación

Por su nivel de absorción de agua: Dependiendo del contenido o absorción de agua se tienen cuatro tipos de cerámicas para loseta: Cerámica cottoforte, la cual se caracteriza por tener mayor absorción de agua, al ser cocida a baja temperatura (Aproximadamente 800 °C), un nivel intermedio de porosidad a consecuencia de una cocción a temperaturas

de entre 800 °C y 1200 °C. Una cocción a temperaturas de entre 800°C y 1200°C, son las características de las losetas semi-gresificadas. Cocciones a temperaturas superiores a 1200 °C son características de las losetas gresificadas con una elevada densidad, baja porosidad y bajo nivel de absorción de agua. Finalmente, losetas cocidas a temperaturas de 1400 °C, tienen un recubrimiento vítreo el cual hace completamente impermeables y resistentes al desgaste y la intemperie se encuentran las losetas porcelanizadas.

Por su formato: Las losetas no tienen una medida específica, así como tampoco un color único y mucho menos un número de piezas específicas. Algunas marcas manejan las siguientes medidas; 30x30 cm; 33x33cm; 40x40 cm; 50x50 cm; 20x30 cm; 25x30 cm; 30x45 cm; 30x60 cm.

Por su estilo: Los estilos de las losetas pueden ser muy variados, no hay material único, ni diseño exclusivo a la hora de hacer o encontrar una loseta. Entre las múltiples marcas que existen en el mercado podemos encontrar los siguientes estilos (www.Interceramic.com).

- Lisos o sólidos
 - Esfumados
 - Geométricos
 - Maderas
 - Rústicos
 - Marmoleados
 - Granitos
- Y por su tipo de cubierta, también los encontramos:
- Esmaltado
 - No esmaltado
 - Pulido
 - Semipulido (Lapatto)

2.4.2. Materiales Utilizados

En la actualidad las losetas porcelanizadas son las más utilizadas, las aplicaciones pueden ser infinitas tanto en diseño interior, fachadas y urbanismo. A continuación se muestran solo algunas aplicaciones de losetas existentes.

Mármoles: El mármol es un material poroso, proveniente de rocas calizas que alcanza un alto grado de cristalización, se puede encontrar en varios colores, tales como: blanco, marrón rojo, verde, gris, amarillo, azul y en ocasiones translúcido. Éste material no requiere de la utilización de componentes químicos, basta con pulirlo para obtener niveles de brillo natural. Es utilizado en decoración interior y exterior, construcción y en algunas aplicaciones artísticas. En la Figura 3 se muestra el mármol aplicado en una cocina.



Figura 3: Utilización de mármol en implementos de cocina (www.granix.com/products/marble/breccia-oniciata/, Revisado:1/11/2014)

Granito: En la antigüedad el granito era utilizado para elaborar recipientes, vasijas y algunas estatuas. En la actualidad con el avance de la tecnología es utilizado en el recubrimiento de interiores, edificios públicos y en monumentos. El granito está constituido esencialmente por cuarzo, feldespato y minerales alcalinos. Su aplicación es realizada sobre el recubrimiento de las encimeras, ya que dura mucho tiempo y es un material altamente decorativo.

Debido a que la cocina es una parte donde la grasa es salpicada al material, el granito es idóneo para este lugar, principalmente por su fácil limpieza, requiriendo solo pulir la superficie. El granito es un material resistente, carece de porosidad y por lo tanto no absorbe agua, y su tiempo de vida útil es perdurable, por lo cual puede usarse en aplicaciones a la intemperie.

CAPÍTULO 3

Metodología Experimental

3.1. Materiales

El material utilizado en este trabajo fue:

Cemento : El cemento utilizado en esta investigación es de la marca tolteca, con una densidad relativa de 3.16 gr/cm^3 . Se utilizó cemento de color blanco, con el fin de resaltar el color del vidrio triturado, ya que si se utilizaba cemento gris se vería afectada la coloración del producto final.

Agua : El Agua utilizada es potable obtenida del suministro municipal de la ciudad de Loma Bonita, Oaxaca y fue utilizada para hidratar el cemento y favorecer el fraguado del material.

Agregados : Los agregados utilizados correspondieron a tres clases de vidrios de reciclaje, vidrio ambar, verde y transparente, los cuales fueron triturados hasta obtener diferentes granulometrías.

3.2. Procedimiento

En la primera etapa, se procedió a la recolección de las materias primas (Específicamente botellas y vidrio de ventas).

Para moler el material, las botellas se sometieron a un proceso de choque térmico, en el cual, las botellas fueron calentadas a $200 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y posteriormente enfriadas en agua para conseguir fracturar las botellas en porciones más pequeñas, posteriormente los fragmen-

tos se metieron en un molino de jarra a una velocidad de 50 RPM y se molió el vidrio por una hora aproximadamente.

El vidrio molido fue tamizado para realizar un análisis granulométrico del agregado fino y grueso. La preparación de las muestras fueron realizadas mediante un mezclado convencional utilizando cemento blanco como agente ligante (Se escogió el cemento blanco, para que el color proveniente de este material no opacara el color del vidrio utilizado), la relación agua/cemento se mantuvo en 50 %. Después de mezclar los diferentes constituyentes de la mezcla (Vidrio, cemento y agua), se vació en moldes de 5 x 5 x 5 cm. La muestra permaneció en los moldes por un tiempo de 28 días, periodo en el cual el concreto adquiere su máxima resistencia (IMCYC, 2004).

Posteriormente las muestras fueron caracterizadas, entre las pruebas realizadas están los ensayos de resistencia a la compresión, conductividad térmica y durabilidad principalmente. Para cada uno de los ensayos realizados se hicieron cinco repeticiones de cada muestra se promediaron los datos y se determinó la desviación estándar.

En la Figura 4 se muestra esquemáticamente el procedimiento experimental.

Después de determinar las características del material, se realizaron diferentes propuestas de diseño. Se consideraron parámetros como la aplicabilidad del material en un espacio (Piso, muros, mobiliario urbano, entre otros), la estética del material (Se buscó que fuera similar al mármol en textura y visualmente).

3.3. Caracterización

Las muestras fueron sometidas a un proceso de caracterización para determinar las posibles aplicaciones del material.

Ensayo de Compresión: Se determinó la resistencia máxima de los materiales de construcción, con base en las normas ASTM C-109/m109-13 (Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars) y la norma oficial mexicana M-MMP-2-02-004/04, las cuales tienen como objetivo determinar la resistencia a la compresión simple de muestras cubicas. Así mismo, con este ensayo se logró determinar si factores externos (Humedad, cloruros, carbonatos) afectan al desempeño del material (IMCYC, 2006).

Conductividad Térmica: Con esta prueba se estudió la capacidad del material para

transportar el calor y determinar sus características como aislante térmico (IMCYC, 2004).

Durabilidad: A partir de procedimiento de resistividad eléctrica, se determinó la permeabilidad del material, lo cual nos puede dar indicios de su resistencia a la intemperie.

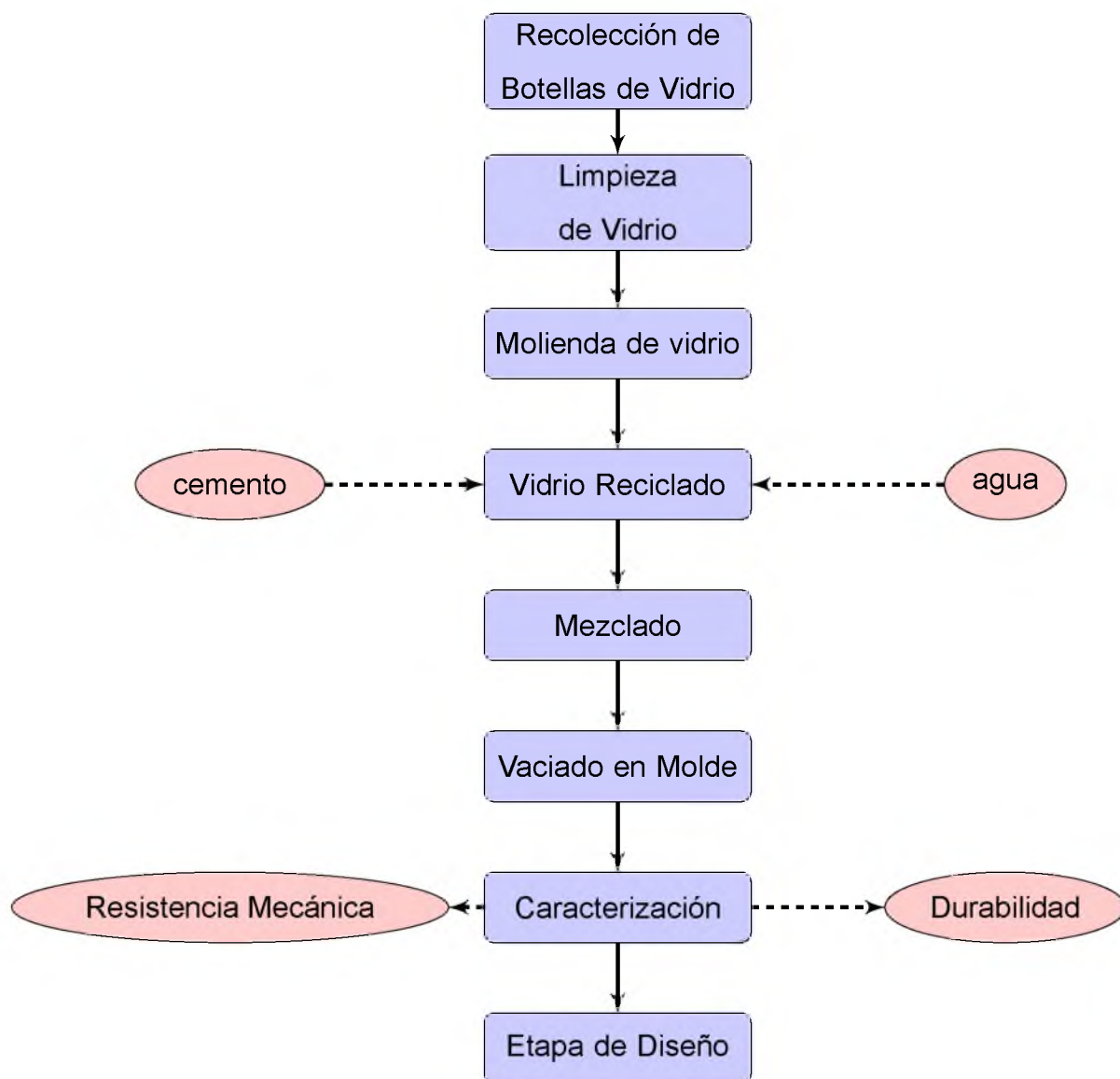


Figura 4: Diagrama de flujo de la metodología experimental (Fuente Propia)

CAPÍTULO 4

Desarrollo Experimental y Análisis de Resultados

4.1. Preparación del Vidrio

La primera etapa consistió en la recolección de botellas de vidrio. Se seleccionaron tres colores de botellas: incoloro, verde y ámbar, después de recolectar suficiente material se lavaron las botellas, se quitó la etiqueta y se secaron en un horno de convección forzada de marca Fisher. En la Figura 5 se muestra el secado que se llevó a cabo a una temperatura de 100 °C.



Figura 5: Secado en horno de convección natural(Fuente Propia)

Para evitar accidentes durante la trituración del vidrio, las botellas fueron calentadas durante una hora a una temperatura de 200 °C. Posteriormente, las botellas fueron sometidas a un proceso de choque térmico (Enfriamiento en presencia de un medio refrigerante para acelerar la velocidad de disminución de la temperatura, como se observa en la Figura 6) en medio acuoso.



Figura 6: Choque térmico por chorro de agua (Fuente Propia)

Después de que las muestras fueron sometidas a choque térmico, las botellas se fragmentaron y se obtuvieron tamaños más manejables como se observa en la Figura 7.

El vidrio así triturado aún presenta zonas angulosas que hacen difícil su manejo, fue necesario eliminar todo borde filoso del material, y reducir su granulometría a tamaños similares a los de la arena.



Figura 7: Resultado del choque térmico (Fuente Propia)

El vidrio fragmentado fue colocado en un molino tipo jarra (Figura 8) equipado con bolas de alúmina. Se utilizó una velocidad de molienda de 50 RPM para obtener un polvo fino.



Figura 8: Molino de jarra (Fuente Propia)

El vidrio molido fue sometido a un proceso de tamizado para determinar la granulometría a utilizar y posteriormente determinar cuál es la mejor relación para el mezclado de las muestras. El tamizado se inició con un tamiz de 3/8 de pulgada, pasando por tamices del número 4, 8, 16, 30, 50, 100, 200. Todos los fragmentos más grandes pasaron la malla de 1/2 pulgada, por lo cual no se consideró en estas mediciones. El peso del material que es retenido por cada tamiz es registrado y el total de la suma de todos los tamices se considera el 100 % (Figura 9).



Figura 9: Tamices para realizar análisis granulométrico de la muestra de vidrio (Fuente Propia)

En la Figura 10 se muestra la distribución de dichas muestras. De esta figura se puede observar claramente el cambio de tamaño, así como la tonalidad de color para las dos clases de vidrios principales (Verde y ámbar).

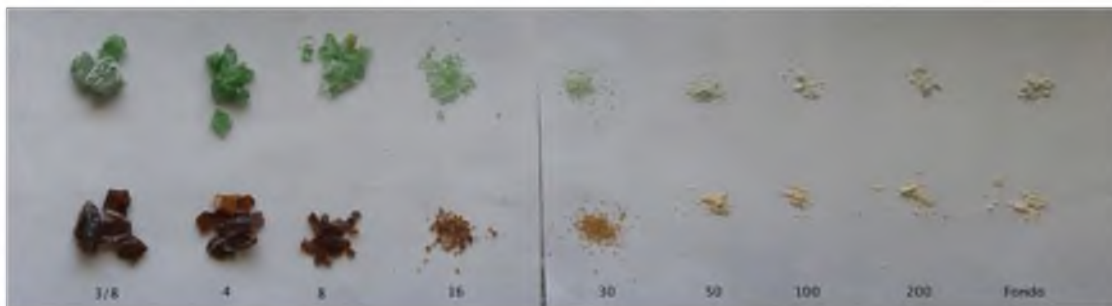


Figura 10: Granulometría de las muestras de vidrio verde y ámbar (Fuente Propia)

4.1.1. Análisis Granulométrico

Para estimar la mejor relación agua/cemento para el diseño de mezcla se procedió a realizar un análisis granulométrico, para lo cual se utilizaron el tamiz de 3/8 pulgadas, y los tamices número 4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200. Con estos datos se determinó la granulometría de las tres clases de vidrios a utilizar (Incoloro, verde y ámbar). En la Tabla se muestra dicho análisis granulométrico.

Tamiz	Abertura	V. Transparente			V. Ambar			V. Verde		
		% Retenido	% Acumulado	% Pasa	% Retenido	% Acumulado	% Pasa	% Retenido	% Acumulado	% Pasa
3/8"	9.5	8.59	8.59	91.41	9.89	9.89	90.11	9.21	9.21	90.78
4	4.75	34.05	42.64	57.36	29.55	39.43	60.57	51.71	60.92	39.08
8	2.36	33.07	75.70	24.30	22.48	61.91	38.09	17.32	78.24	21.76
16	1.18	7.52	83.22	16.78	8.69	70.60	29.40	5.96	84.20	15.80
30	0.6	3.87	87.09	12.91	4.84	75.60	24.56	2.59	86.79	13.21
50	0.3	3.3	90.39	9.61	14.17	89.61	10.39	2.31	89.11	10.89
100	0.15	2.29	92.68	7.32	3.90	93.50	6.50	2.35	91.45	8.55
200	0.075	4.59	97.26	2.74	4.60	98.10	1.90	2.85	95.30	4.70
fondo	<0.075	2.74	100	0.00	1.90	100	0.00	4.70	100	0.00

Tabla 4: Análisis granulométrico de diferentes vidrios triturados (Fuente Propia)

Los datos obtenidos permitieron determinar el módulo de finura, el cual da una idea clara de la relación de grosores de los agregados. Para obtener el módulo de finura se suman los valores obtenidos en los retenidos acumulados de los tamices desde el número 100 hasta el de 6 pulgadas y el valor resultante se divide entre 100. Para el caso de los vidrios triturados que se utilizaron, los diferentes módulos de finura son como sigue:

$$M.F_{V.Transparente} = \frac{75,70+83,22+87,09+90,39+92,68}{100} = 4,8 \quad (1)$$

$$M.F_{V.Ambar} = \frac{9,89+39,43+61,91+70,60+75,60+89,61+93,50}{100} = 4,4 \quad (2)$$

$$M.F_{V.Verde} = \frac{9,21+60,92+78,24+84,20+86,79+89,11+91,45}{100} = 5 \quad (3)$$

De las ecuaciones (1, 2 y 3) se observa que los modelos de finura son muy similares y pueden ser usados con las mismas relaciones de agua de mezclado. Este módulo de finura es correspondiente a arena muy gruesa, esto se debe a que se emplearon tamaños de partículas muy grandes. Cabe mencionar que las arenas de granos gruesos dan morteros

más resistentes que las finas. Por otra parte, los morteros que contienen arena gruesa necesitan mucha pasta aglomerante para rellenar los huecos por lo que es un mortero muy adherente y, los que contienen arena fina necesitan mucha agua para ser plásticos por lo que no serán tan adherentes y tendrán bastante porosidad.

4.1.2. Proporcionamiento de la Mezcla de Concreto

Para realizar el proporcionamiento de las diferentes mezclas de concreto y mortero se utilizó el método descrito por la ACI (American Concrete Institute), máximo organismo encargado de normalizar los ensayos en concreto. Se utilizó cemento blanco por cuestiones principalmente estéticas, aunque se espera que los valores de resistencia sean diferentes al del concreto portland ordinario. El método descrito presenta buenas características para poder hacer reproducible todos los experimentos llevados a cabo. La resistencia característica que se deseaba alcanzar (O al menos la resistencia esperada) fue de $250\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$, este valor corresponde a la resistencia media (f_c).

Además entre las estimaciones realizadas para poder desarrollar el diseño de mezcla se espera obtener un control de calidad de producción, que de acuerdo a la norma indica una desviación estándar de 0.14 de la resistencia media (f_m). El control de calidad se consigue en obras en las que se emplea concreto premezclado en fábricas especializadas y controlan el asentamiento del cono de Abrams (Ver apéndice A, tabla 7); o en obras en las que se mecaniza la producción de mezclas al peso, realizan corrección de dosificaciones por la humedad, emplean agregados de calidad y verifican la trabajabilidad de la mezcla. Los datos con los que se trabajó fueron obtenidos de tablas y gráficas establecidas por la metodología de la ACI.

Con base en las estimaciones anteriores, la resistencia media se calcula de la siguiente ecuación:

$$f'_c = f_m - 1,65\sigma \quad (4)$$

Donde σ es la desviación estándar que se estimó para esta mezcla. Esta ecuación considera que de las posibles muestras realizadas, un 5 % se saldrá de los parámetros

establecidos.

En función de la desviación estándar estimada, se obtiene que la resistencia media para un valor de resistencia característica ($f'_c = 250 \text{ kg.cm}^{-2}$).

$$f'_c = f_m - 1,65(0,14f_m) \quad (5)$$

$$f'_c = f_m - 0,231 \quad (6)$$

$$f_c = 0,769f_m \quad (7)$$

$$f'_m = \frac{250 \text{ kg.cm}^{-2}}{0,769} = 325,1 \text{ kg.cm}^{-2} \quad (8)$$

Con los datos de resistencia media obtenidos de $f_m = 325 \text{ kg.cm}^{-2}$, se calculó una relación agua/cemento de 0.53 (Figura 36, apendice A). Conociendo la cantidad de agua necesaria, la proporción de cemento para un m^3 de concreto es:

$$\text{Cemento} = \frac{\text{Agua}}{0,53} = \frac{200 \text{ kg}}{0,53} = 377,4 \text{ kg} \quad (9)$$

Considerando la densidad del cemento blanco utilizado es de 3150 kg.m^3 y la del agua es de 1000 kg.m^3 es posible determinar el volumen neto de cada material para preparar 1 m^3 .

$$V_{\text{cemento}} = \frac{377,4}{3150 \text{ kg.m}^{-3}} = 0,1197 \text{ m}^3 \quad (10)$$

$$V_{\text{agua}} = \frac{200}{1000 \text{ kg.m}^{-3}} = 0,2 \text{ m}^3 \quad (11)$$

y considerando un volumen de aire atrapado de 2.5 % se tiene que el volumen de aire es de:

$$V_{\text{Aire}} = 0,025 * 1 \text{ m}^3 = 0,025 \text{ m}^3 \quad (12)$$

El agregado en este caso (Vidrio reciclado) ya viene premezclado, consideramos el volumen obtenido del cemento, agua y aire (En total son 0.3447 m^3) se tiene que el agregado es alrededor de faltante como el total del agregado, que es de 0.6553 m^3 . En base a la densidad total del agregado que es de 1600 kg.m^{-3} , la cantidad total de agregado a adicionarse es de:

$$\text{Agregado} = (0,6553\text{m}^3)(1510\text{kg.m}^{-3}) = 989,50\text{kg} \quad (13)$$

En la siguiente tabla se observa la relación del proporcionamiento de mezcla calculado para este trabajo:

Material	Proporción en 1 m^3 de concreto		Proporción en 1 cubo de $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}$	
	Volumen (m^3)	Masa (Kg)	Volumen (cm^3)	Masa (g)
Cemento	0.2	377.4	25	78.75
Agua	0.12	200	15	15
Agregado	0.655	989.5	81.875	123.6
Aire Atrapado	0.025	0.00	3.125	0.00

Tabla 5: Diseño de mezcla (Fuente Propia)

Con las proporciones adecuadas se hicieron variaciones en el contenido de agregado (Arena para concreto convencional) y se sustituyó gradualmente por vidrio hasta un 100 % de vidrio en base a las siguientes proporciones, como lo muestra la Tabla 6:

Material	$\rho(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3})$	0 %		30 %		70 %		100 %	
		Volumen (cm^3)	Masa (g)	Volumen (cm^3)	Masa (g)	Volumen (cm^3)	Masa (g)	Volumen (cm^3)	Masa (g)
Cemento	3.15	25	78.75	25	78.75	25	78.75	25	78.75
Agua	1.00	15	15	15	15	15	15	15	15
Vidrio	1.51	—	—	24.5625	37.1	57.3125	58.82	81.875	123.6
Arena	1.6	81.875	131	57.3125	91.7	24.5625	39.3	—	—
Aire		3.125	—	3.125	—	3.125	—	3.125	—

Tabla 6: Diseño de mezclas propuesto para este trabajo (Fuente Propia)

4.1.3. Preparación de Cubos de Mortero.

Después del análisis granulométrico, se realizó el diseño de la mezcla a utilizar, se escogieron 3 muestras (0 %, 30 %, 50 % y 100 % de vidrio) en relación a la arena.

Los cubos realizados se hicieron en base a las medidas de la norma ASTM C-109 que especifica las dimensiones adecuadas para las muestras a ser sometidas a ensayos de compresión (cubos de cinco centímetros por lado, como se muestra en la Figura 11).



Figura 11: Vertido de mortero en los moldes en base a normativa ASTM C109 (Fuente Propia)

Después de vaciar las muestras en los moldes se dejaron fraguar por un día para posteriormente desmoldar, se sumergieron en agua para evitar la pérdida de humedad de la muestras (Figura 12), hasta que se pudo realizar el ensayo de compresión (Después de 28 días que es cuando la muestra obtiene su máxima resistencia).



Figura 12: Inmersión de cubos de mortero en agua (Fuente Propia).

4.1.4. Ensayos de Compresión

La resistencia a la compresión que requiere un material determinado se mide en una prensa diseñada para ese ensayo. Son varios los factores involucrados para que un material alcance la resistencia óptima, entre ellos: la forma de preparación, cantidad de materiales utilizados, calidad del agregado.

El equipo utilizado registra un valor de carga en toneladas, el cual es convertido a resistencia. En el sistema internacional la unidad que sirve para representar a los esfuerzos compresivos es el Pascal (Pa), pero en materiales utilizados en construcción, generalmente se utilizan medidas de kg/cm^2 . El esfuerzo se mide en base a la ecuación:

$$\sigma = \frac{\text{Carga}}{\text{Area}} \quad (14)$$

La resistencia a la compresión fue evaluada en una prensa para ensayos con capacidad de 120 toneladas, la cual se puede ver en la Figura 13.



Figura 13: Prensa para ensayos de compresión (Fuente Propia)

En la Figura 14 se presentan los resultados de compresión de muestras procesadas con diferente contenido de vidrio. Para la realización de dicha figura se midió la resistencia a la compresión de cinco muestras y se considero el promedio. Como se aprecia, a mayor contenido de vidrio mayor resistencia a la compresión, aunque se realizaron muestras con colorantes para determinar el efecto de la adición de óxidos metálicos a la muestra, no se

notaron cambios considerables.

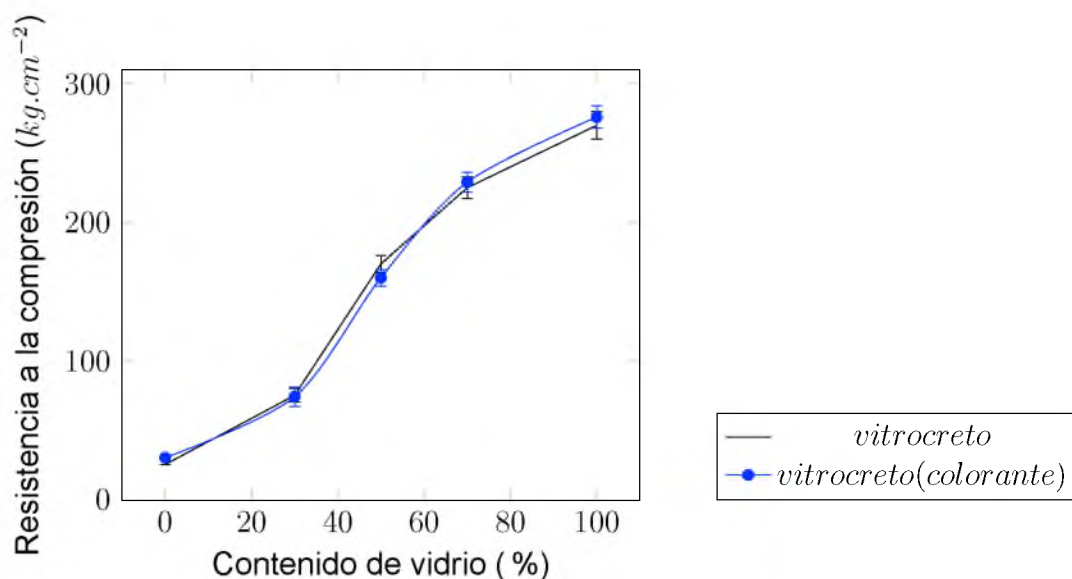


Figura 14: Gráfica de ensayos de compresión respecto al contenido de vidrio en el mortero (Fuente Propia)

4.1.5. Conductividad Térmica de las Muestras

La conductividad térmica es una propiedad física de los materiales que mide la capacidad de conducción de calor. En otras palabras la conductividad térmica es también la capacidad de una sustancia de transferir la energía cinética de sus moléculas a otras moléculas adyacentes o a sustancias con las que no está en contacto. Cuanto mayor sea su conductividad térmica, un material será mejor conductor del calor. Cuanto menor sea, el material será más aislante. Para realizar estas pruebas se utilizó un medidor de conductividad térmica marca Anter, modelo DSC-25, que utiliza el método de flujo térmico el cual consiste en colocar una muestra de un espesor determinado entre dos superficies que contienen la muestra a una presión de 20 psi con la finalidad de mantener un contacto homogéneo entre la muestra y las dos superficies metálicas del dispositivo.

La placa metálica superior se mantiene a una temperatura controlada de 45 °C, mientras que la placa inferior está unida a un enfriador de temperatura que mantiene la placa inferior a una temperatura de 20 °C.

En la Figura 15 se muestra el equipo utilizado para la determinación de la conductividad térmica que se realizó a los materiales vidrio-cemento obtenidos.

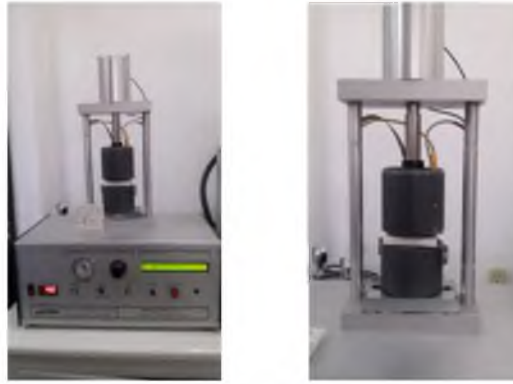


Figura 15: Equipo para medir la conductividad térmica (Fuente Propia)

Los resultados de este ensayo se presentan en la Figura 16. La figura corresponde a un bloque de concreto producido en condiciones similares a las de los materiales vidrio-cemento (Vitrocreto), en cuanto a granulometría de agregado fino y grueso. El concreto presentó una conductividad térmica de 1.4 W/mK , superior a los resultados obtenidos por las muestras de vidrio ámbar (0.11 W/mK) y vidrio verde (0.16 W/mK). Estos resultados indican que este material (Vitrocreto) presenta un nivel de conductividad térmica baja, lo cual lo hace eficiente para utilizarse como revestimiento en fachadas, por su elevado nivel de aislabilidad térmica en climas como el presente en la ciudad de Loma Bonita, y en general en toda región con clima cálido.

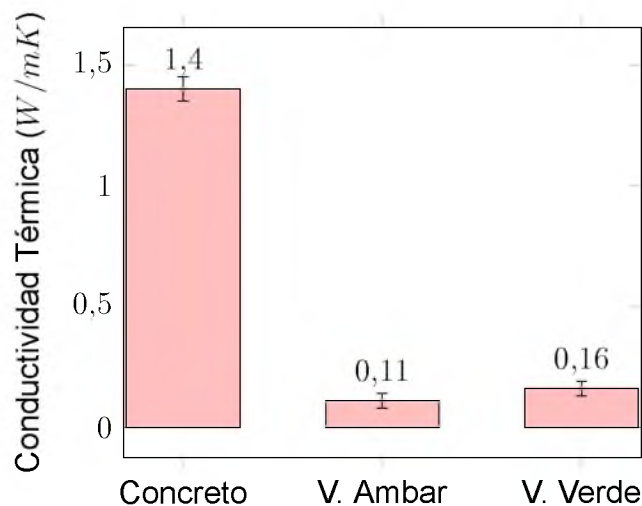


Figura 16: Gráfica de conductividad térmica de material vitrocreto (Fuente Propia)

4.1.6. Resistividad del Material

La resistividad del material fue determinada utilizando un equipo marca Proceq, modelo Resipod, el cual utiliza el principio de cuatro zonas de Wenner (Figura 17). En este método se utilizan cuatro sondas separadas a una distancia igual una de otra, se aplica una corriente entre las sondas más externas y midiendo la diferencia de potencial de las dos sondas interiores. La corriente al interior de la muestra es transportada por iones presentes en los poros que deben estar con presencia de líquido (Por tal razón, esta prueba se realiza en la muestra húmeda). La resistividad (ρ) se calcula dependiendo del espaciamiento entre las sondas (a), el voltage (V) y la corriente (I):

$$\rho = \frac{2\pi aV}{I} \quad (15)$$



Figura 17: Equipo para medir la resistividad eléctrica del material (Fuente Propia)

La prueba de resistividad es importante en la industria de la construcción, empleada para determinar por ejemplo, la probabilidad de que un material sufra corrosión (En el caso de concreto con refuerzos de acero), o la velocidad de corrosión. Aunque también, es muy útil para determinar la permeabilidad de este material, observando que a mayores valores de resistividad, las muestras son menos permeables (En otras palabras, tienen

menos porosidad abiertas que permitan el flujo de iones dentro del material).

En la figura 18 se presentan los resultados en las muestras de vitrocemento comparadas con concreto, como se observa la muestra de vidrio ámbar presentó la menor resistividad de todas ($211\text{ k}\Omega/\text{cm}$) indicativo de que esta muestra es la mas porosa de todas, mientras que las muestras verde, mientras que las muestras verde ($296\text{ k}\Omega/\text{cm}$) tiene un valor similar al del concreto convencional y la muestra de Vidrio transparente ($371\text{ k}\Omega/\text{cm}$) presentó el mayor cambio en cuanto a resistividad, indicativo de su menor porosidad (Baja permeabilidad) posiblemente por su mayor interacción con el cemento blanco (Mayor capacidad de disolución del vidrio en condiciones alcalinas).

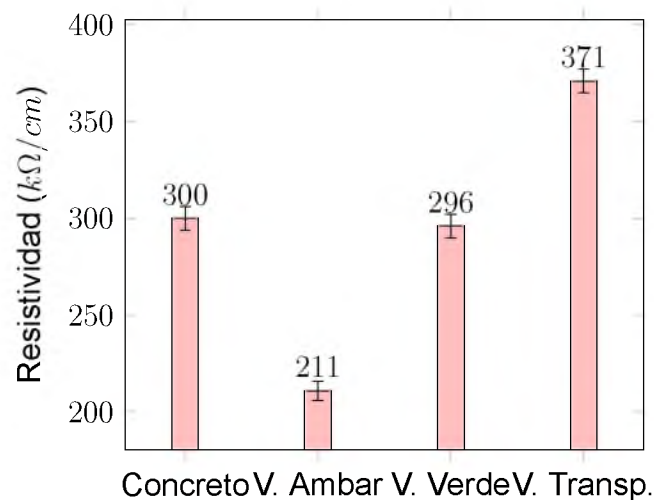


Figura 18: Comparativo de resistividad de diferentes materiales (Fuente Propia)

4.1.7. Prueba de Ultrasonido

El ensayo ultrasónico se basa en el método de velocidad de pulso para proveer información de la uniformidad del concreto, cavidades, grietas y defectos. La velocidad de pulso de un material depende de su densidad y sus propiedades elásticas las cuales a su vez están relacionadas con la resistencia a la compresión del material.

El método utilizado para la realización del ensayo de ultrasonido es la técnica de transmisión. En este ensayo, se colocan dos sensores en contacto directo a la muestra uno de un lado de la muestra y el otro en la pared contraria del material, en posición encontrada. El sistema envía una onda, o un haz de ellas a través de la probeta de concreto de un espesor conocido. Uno de los palpadores emite una onda ultrasónica la cual atraviesa el

material y es recogida por el palpado del otro extremo. Con estos datos es posible determinar el tiempo transcurrido en que el pulso ultrasonido sale de un extremo y llega hasta el otro. El equipo utilizado para la prospección es un Pundit Lab, Marca Proceq, el cual se puede ver en la Figura 19.



Figura 19: Equipo para medir la velocidad de pulso ultrasónico (Fuente Propia)

Los palpadores que se colocan a cada extremo de la muestra, permiten medir la velocidad de pulso ultrasónico, a través del software Proceq Punditlink es posible observar el diagrama de oscilación de pulso ultrasónico, tal como se ve en la Figura 20. Las ondas ultrasónicas pueden desplazarse por el medio en forma de ondas longitudinales (Las partículas vibran en la dirección de propagación de la onda), ondas transversales (Las partículas vibran perpendicularmente) o de superficie (Los movimientos de las partículas forman elipses en un plano paralelo a la dirección de propagación y perpendicular a la superficie).

Algunas veces llamadas ondas de compresión, las ondas longitudinales son el tipo de ondas ultrasónicas mayormente utilizadas en la inspección de materiales. Estas ondas viajan a través de los materiales como series alternadas de compresión y succión en las cuales las partículas transmiten las vibraciones de regreso y en la dirección de viaje de las ondas. La distancia de una cresta a la otra (Que es igual a la distancia de un ciclo completo de succión y compresión) es la longitud de onda. El eje vertical en la figura anterior representa presión en lugar de desplazamiento de partícula o amplitud. El eje

horizontal representa tiempo en lugar de distancia de viaje debido a que la velocidad del sonido es constante en un material dado y porque esta relación es usada en mediciones en inspecciones por ultrasonido.

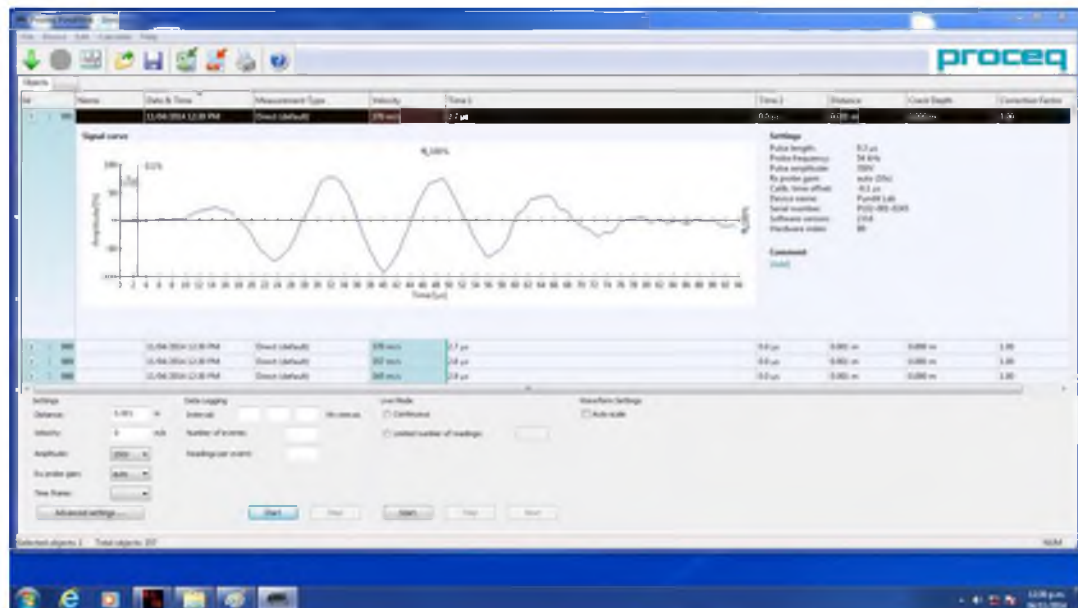


Figura 20: Onda obtenida por ensayo ultrasónico de vitroceto (V. Verde) (Fuente Propia)

En la Figura 21 se muestra una gráfica obtenida de un software graficador (Omni-GraphSketcher) en la que se observa a detalle la onda. La importancia de estas zonas recae en la posibilidad de indicarnos la elasticidad del material en particular. En este trabajo se determinó que la longitud de pulso es muy similar, encontrándose en $9.3 \mu s$ tanto para el concreto como para los materiales de vitroceto, dando un indicativo de que la homogeneidad estructural del material es muy similar (Por ejemplo si el valor fuera mayor, podría indicarnos una mayor proporción de poros que evitan que la onda viaje a la misma longitud de onda).

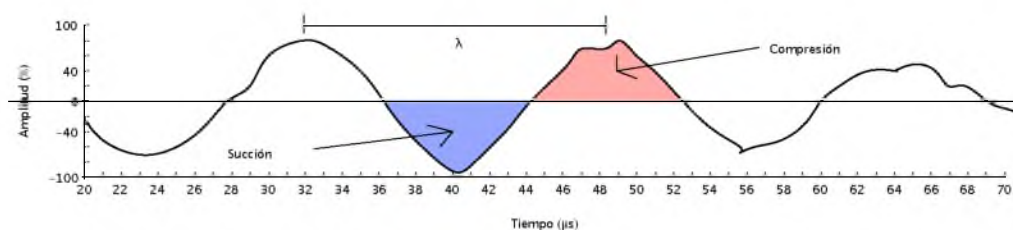


Figura 21: Onda obtenida por ensayo ultrasónico de vitroceto verde, indicando zonas de compresión y succión (Fuente Propia)

El parámetro que si cambia bastante es el de velocidad de pulso ultrasónico (Figura 22), el cual para el concreto es de 5222 m/s, mientras que para los materiales de vitrocemento no sobrepasa los 476 m/s, esto da un indicativo de la diferencia en materiales, posiblemente por el carácter amorfo del vidrio hace que la onda ultrasónica se propague más despacio, lo que en términos prácticos dan un indicativo de que este material puede ser más frágil que una loseta de concreto convencional, pero esto conlleva algunos beneficios, como mayor resistencia al desgaste. Este efecto, a la larga nos permite deducir que este material sería muy bueno en aplicaciones en interior.

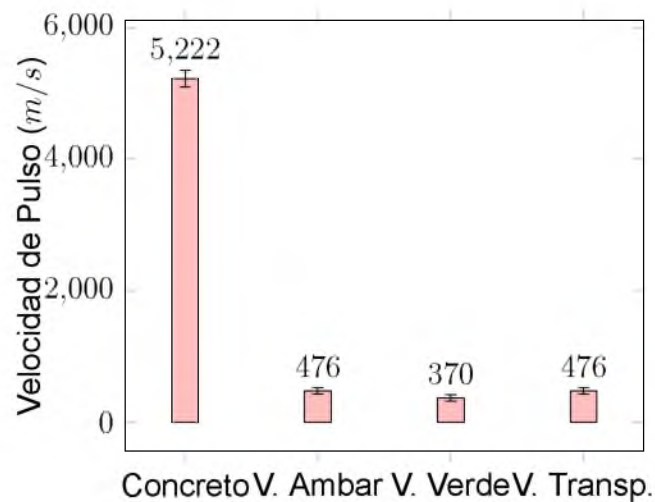


Figura 22: Velocidad de pulso ultrasónico de diferentes materiales (Fuente Propia)

CAPÍTULO 5

Sugerencias de Aplicación

5.1. Loseta

La sugerencia de aplicación consta de un juego de siete piezas, en la Figura 23 se presenta el isométrico. Como se observa, todas las muestras parten de una sección cuadrada de 7 x 7 cm. A partir de esta figura regular se fueron desarrollando las demás piezas.

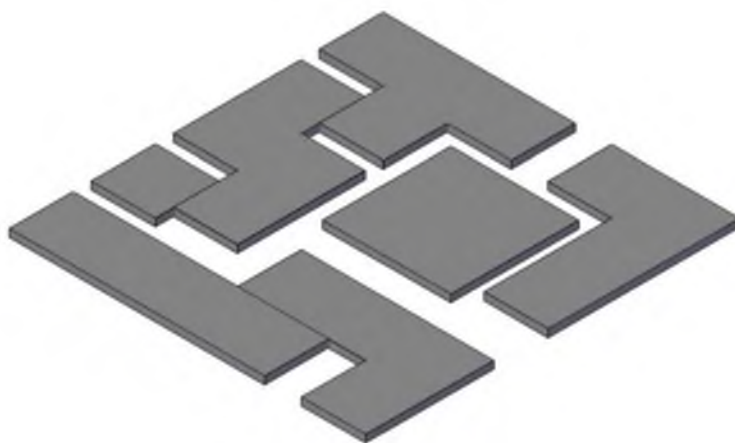


Figura 23: Losetas Propuesta (Fuente Propia)

5.1.1. Diseño y Elaboración de Moldes

A continuación se presenta como se elaboraron los moldes para realizar la propuesta. Para la construcción de los moldes se utilizó triplay de caobilla de 6 mm de espesor y tiras de 1 cm x 1 cm para los bordes de contención de la mezcla de mortero. En la Figura 24 se aprecian los moldes que se elaboraron, se presenta la forma en la cual se previó como

abrir los moldes para facilitar el desmolde de las piezas. Para evitar la fuga de material del molde, se fijaron las paredes laterales del molde con tornillos de media pulgada.

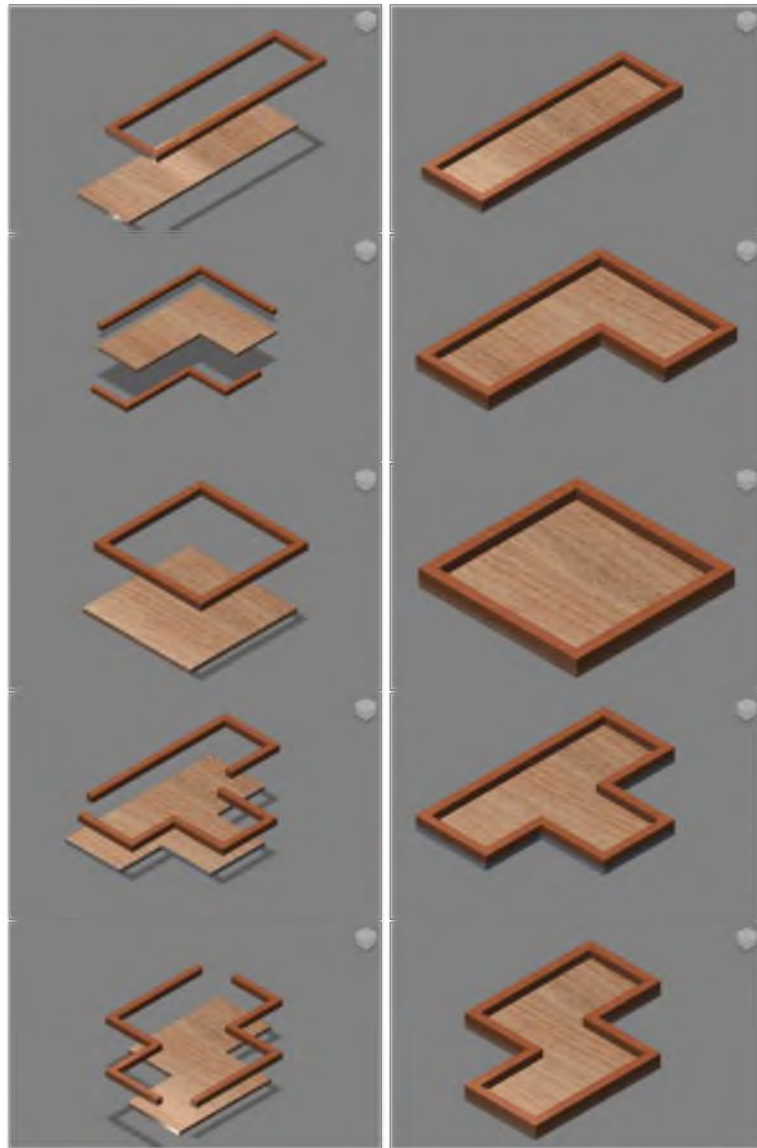


Figura 24: Diseño de moldes realizado en el software fusion 360 de Autodesk (Fuente Propia)

Después de la elaboración digital de los moldes, se procedió a su manufactura en los talleres de Ingeniería en Diseño de la Universidad del Papaloapan, en la Figura 25 se aprecian los moldes ya fabricados en madera para utilizarlos en el vaciado del material.

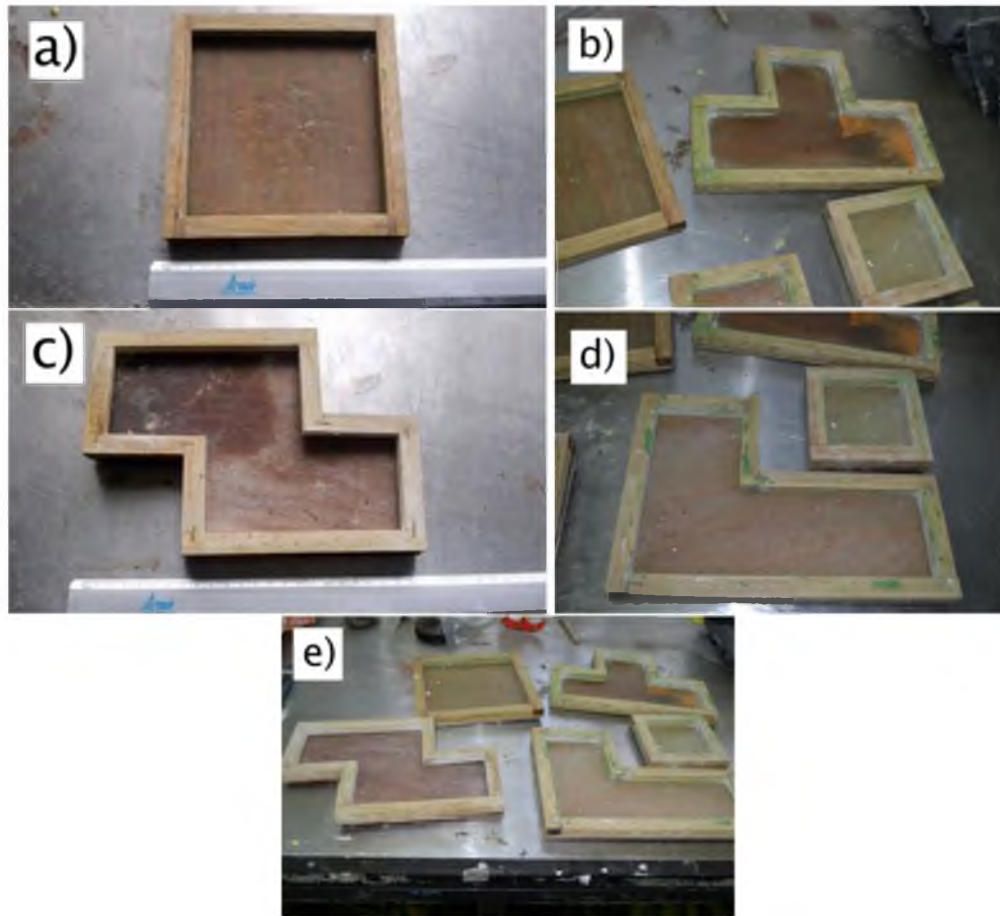


Figura 25: Moldes preparados para vaciado de material (Fuente Propia)

5.1.2. Vaciado de Mezcla en Moldes

La etapa de preparación de las muestras consistió en el pesaje de los materiales en función de las proporciones acordadas previamente y del volumen determinado. El volumen determinado fue de 157cm^3 .

Después de realizar el pesaje de todos los componentes se procedió a mezclar de los elementos secos (Cemento y vidrio) y se fue adicionando gradualmente el agua (Para prevenir la formación de polvo que pueda desprenderse durante el mezclado). El mezclado fue de forma manual, aunque escalándose a nivel industrial este proceso puede llevarse a cabo con el mismo equipo que se utiliza para el concreto convencional.

Una vez que la mezcla era homogénea se procedió al llenado de los moldes. Cabe destacar que de acuerdo al proceso de molienda es seguro manipular manualmente este tipo de vidrio, ya que posee bordes completamente redondeados. Posteriormente la mezcla se dejó aguar la mezcla por dos días, tiempo suficiente para que las muestras resistan el desmolde.

Algunas de las muestras preparadas fueron teñidas para generar cambios en la textura y apariencia (Figura 26), sin embargo la apariencia no es tan agradable como el vitrocemento con su color natural, por lo cual no se siguió esa línea en este trabajo. Las muestras desmoldadas fueron sumergidas en agua por 28 días para alcanzar su resistencia máxima.



Figura 26: Muestras vaciadas a espera de fraguado: vidrio verde con cemento coloreado (Fuente Propia)

Las muestras fraguadas y limpias se muestran en la Figura 27, se observa una textura irregular mientras que la matriz de cemento está teñida ligeramente con la coloración del vidrio utilizado.

Las losetas que se realizaron finalmente fueron de tres colores: ámbar, verde e incoloro, aunque este último solo se hicieron algunas muestras como comparativo y una opción más para alternar las diferentes coloraciones.

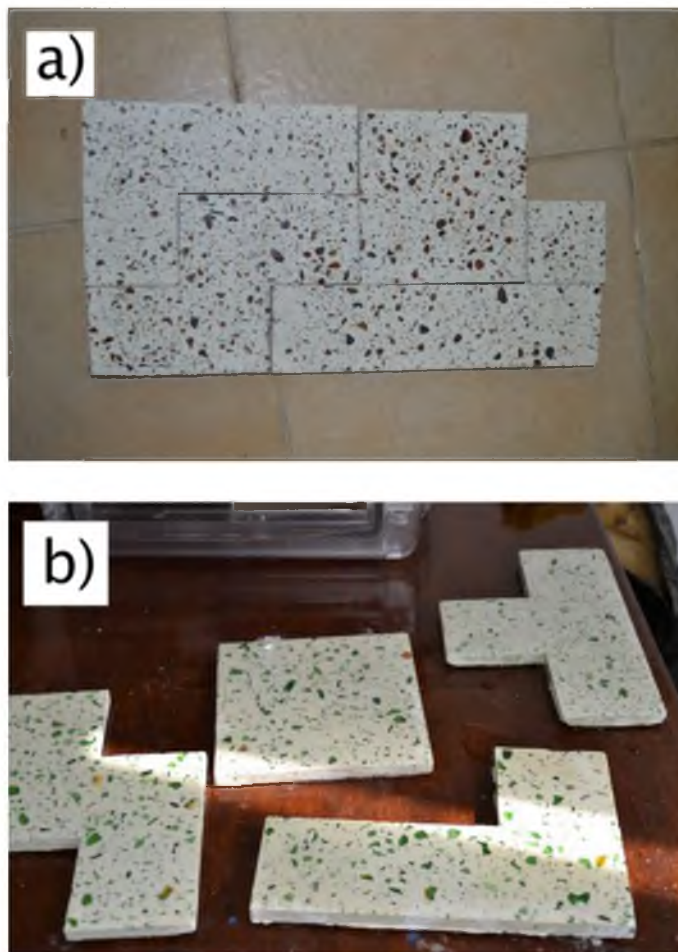


Figura 27: Muestras de losetas de colores ámbar y verde (Fuente Propia)

5.2. Presentación de Propuesta

Después de realizar la manufactura de las piezas de la propuesta, se procedió a realizar diferente propuestas de utilización, para demostrar la flexibilidad y la posibilidad de realizar múltiples ordenamientos con lo cual, generar diferentes propuestas dependiendo de las necesidades y del espacio.

En las Figuras 28, 29 y 30 se muestran las losetas digitalizadas:



Figura 28: Textura digitalizada de losetas ambar (Fuente Propia)



Figura 29: Textura digitalizada de losetas verde (Fuente Propia)



Figura 30: Textura digitalizada de losetas transparentes (Fuente Propia)

A continuación se presentan sugerencias para la aplicación del material en diferentes espacios ambientados. Las imágenes fueron realizadas en el software SWEET HOME 3D para modelado de interiores.

La primera consiste en la aplicación en la decoración de cocinas. En la Figura 31 se utilizan las losetas de color ámbar. Las losetas se acomodaron de forma básica (Geometría

cuadrada) y partir de esta se generó una banda que cubre todo lo largo de la pared. Las propiedades de este material como resistencia al desgaste y una permeabilidad similar al concreto convencional, hacen ideal a este material para resistir en este tipo de condiciones, e incluso servir como aislante térmico.



Figura 31: Aplicación de losetas ámbar en mosaicos de cocina (Fuente Propia)

Considerando la resistencia al desgaste, este tipo de losetas podrían ser utilizadas en losetas de piso, como se representa en la Figura 32. La siguiente sugerencia de aplicación se muestra la utilización de losetas de diferentes colores (Ámbar, verde e incoloro), para formar un rectángulo, esto genera una textura irregular.



Figura 32: Aplicación de loseta multicolor (vitrocresos ámbar, verde y transparente en piso de sala-comedor)(Fuente Propia)

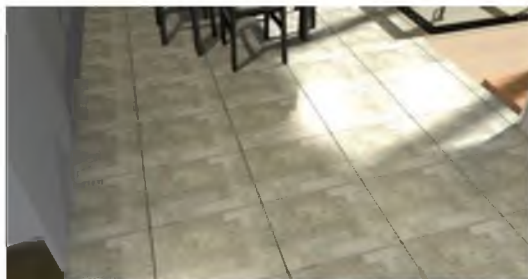


Figura 33: Acercamiento de piso con loseta de varios colores (Fuente Propia)

En la Figura 34 se presenta la aplicación de la loseta en un cuarto de baño. En la imagen se aprecia la utilización de las losetas verdes y ámbar en forma alternada formando una cenefa decorativa, mientras que en el piso se utilizan mosaicos de 14 x 14 cm. Se observa que pueden generarse arreglos muy sencillos como este caso, hasta arreglos más complejos.



Figura 34: Aplicación de loseta en cuarto de baño (Aplicación de cenefa y mosaicos de piso) (Fuente Propia)

Finalmente, cabe mencionar que se pueden utilizar diferentes tipos de arreglos de los modelos en función de lo que se desee. En la Figura 35 se aprecia el arreglo para un cuarto de estudio. Se utilizan diferentes modelos y coloraciones.



Figura 35: Aplicación de loseta en estudio (Aplicación en decoración) (Fuente Propia)

CAPÍTULO 6

Conclusiones

El material tiene propiedades que le permiten utilizarse como loseta en piso y muro debido a sus características tales como baja permeabilidad, que evita la absorción de agua u otros elementos solubles (Por ejemplo cloruros y carbonatos), homogeneidad estructural y por ende dureza, lo cual se determinó de forma indirecta a través de los ensayos de ultrasonido y el estudio de la onda ultrasónica. Además presenta buena resistencia mecánica a la compresión, superior a la del concreto convencional (Indicio también de una mayor dureza que el concreto). Además presenta un cierto carácter aislante térmico, lo cual lo hace ideal para revestimiento de muros en regiones cálidas como Loma Bonita.

Algunos puntos importantes a resaltar obtenidos durante la realización de este proyecto son:

- Se pueden hacer arreglos diversos debido a la geometría de los diferentes módulos.
- La reutilización de vidrio en materiales de vitrocemento genera nuevas alternativas para materiales de construcción como elemento decorativo.
- La resistencia a la compresión máxima del material es superior a 250 kg/cm^2 , la cual corresponde a la resistencia propuesta por el diseño de mezcla.
- Este vidrio tiene capacidad de aislante térmico, presentando una conductividad térmica de 0.11 W/mK para el vidrio ambar y 0.16 W/mK para el vidrio verde.
- En función a los parámetros obtenidos por los ensayos de impulso ultrasónico, en el cual se observó una onda simétrica, se puede estimar, que este material presenta

cierto grado de dureza, lo que implica que el es más frágil que el concreto convencional, pero a su vez este material presenta mayor resistencia al desgaste.

En las muestras obtenidas se observó un material versátil y que su aplicación puede ser flexible para cualquier diseño, su utilización puede darse en muros y en pisos, aunque se recomienda su uso principalmente para diseño interior. Debido a su homogeneidad y resistencia al desgaste (Estimada por las pruebas de ultrasonido) este material podría resistir el tránsito constante, aunque se prevé que pudiera tener ciertos problemas con la humedad, principalmente el vidrio incoloro (Reportó la mayor resistividad de todos los vitrocresos).

Referencias

- Alejandro** Sánchez, F. (2002). Historia, caracterización y restauración de morteros. Pp.94. universidad de Sevilla
- Borsella**, A. G. (2009, Agosto). Defectos frecuentes del vidrio. Definición, clasificación y caracterización. Pp.9. México
- Comino** P.I, Romero J.C. El GRC material compuesto de matriz cementicia reforzado con fibra de vidrio AR. 14 p.
- Concrete** Technology Today, (April 1999) Portland cement Association
- De** la Casa Gómez, M, (1988) El Vidrio en la Arquitectura, Informe de la Construcción, 40 [398], Pp. 53-60
- Departamento** de ingeniería. Facultad de estudios superiores Cuautitlán. (2010) La prueba de ultrasonido. Pp.54. México: Cuautitlán Izcalli
- Espinoza** Pérez, L.J. y Escalante García, J.I. (2011, Diciembre). Morteros a base de vidrio de desecho / escoria de alto horno; activación mecanoquímica del vidrio en solución alcalinas. Vol.24, No. 02, pp. 92-103. Nicaragua
- Fernández** Navarro, J. (2003). El vidrio. (3a ed.). Espatextasciitildena; ARTEGRAF,S.A
- Gutiérrez** de López, L. (2003, Marzo). El concreto y otros materiales para la construcción. (2a ed.). Centro de publicaciones. Universidad de Colombia
- IMCYC**. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. (2000, febrero). Concreto durable el inicio del cambio. Revista Construcción y Tecnología. México

- IMCYC.** Instituto mexicano del cemento y del concreto, A. C. (2004, Junio). Propiedades del concreto .Revista de construcción y tecnología. México. Pp. 7
- IMCYC.** Instituto mexicano del cemento y del concreto. (2004, Octubre). Proportionamiento y mezclado del concreto. Revista construcción y tecnología. México. Pp 4.
- IMCYC.** Instituto mexicano del cemento y del concreto (2006, junio). Pruebas de resistencia a la compresión del concreto. Revista construcción y tecnología. México. Pp. 6.
- Mukherjee, Swapna .** Applied Mineralogy: Applications in Industry and Environment. Springer Science and Business Media. (2012) pp. 373

APÉNDICE A

Datos para el proporcionamiento de mezclas de acuerdo a la ACI

Tipo de Control	Desviación Estandar
Muy Bueno	$0.07 f_m$
Bueno	$0.14 f_m$
Regular	$0.21 f_m$
Deficiente	$0.28 f_m$

Tabla 7: Nivel de calidad de proceso de mezclado en obra (Fuente ACI)

Revenimiento	Cantidad de Agua (kg/m^3) de concreto para agregados de tamaño máximo							
mm	10 mm	12.5 mm	20 mm	25 mm	40 mm	50 mm	70 mm	150 mm
30 - 50	205	200	185	180	160	155	145	125
80 - 100	225	215	200	195	175	170	160	140
150 - 180	240	230	210	205	185	180	170	3/4
Contenido de aire atrapado (%)	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2

Tabla 8: Cantidad aproximada de agua de mezclado para diferentes asentamientos y tamaños máximos de los agregados (Fuente ACI)

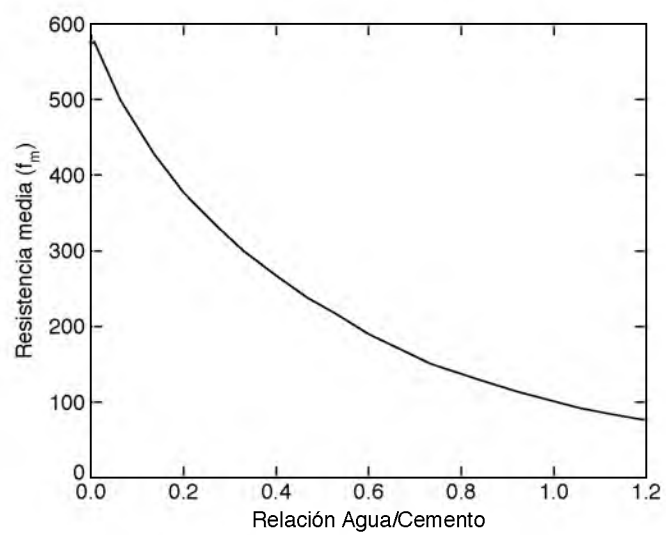
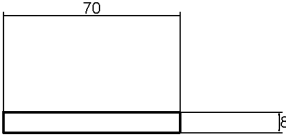
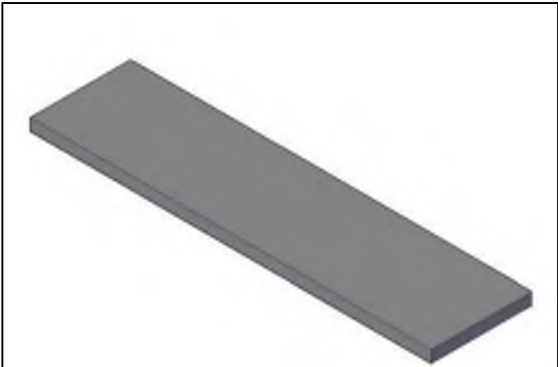
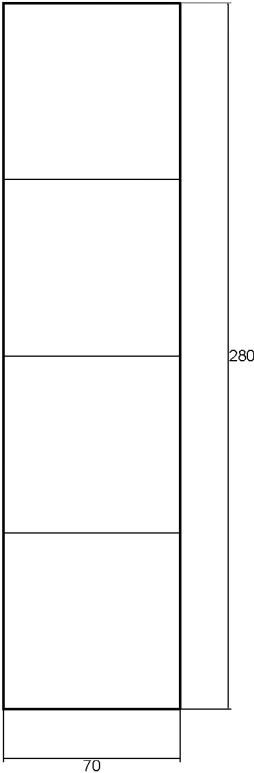
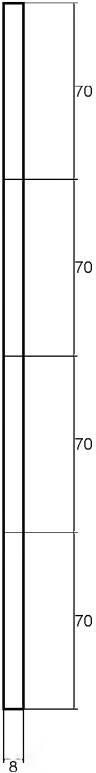
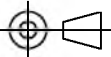
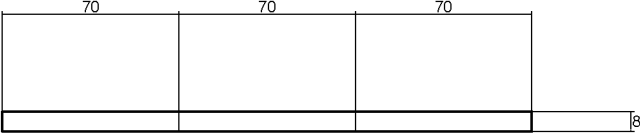
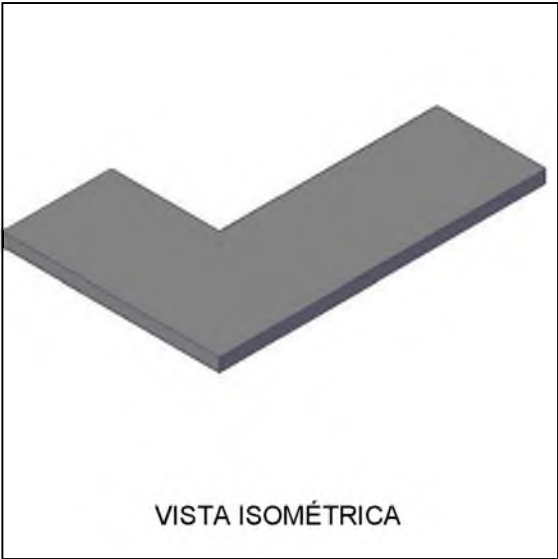
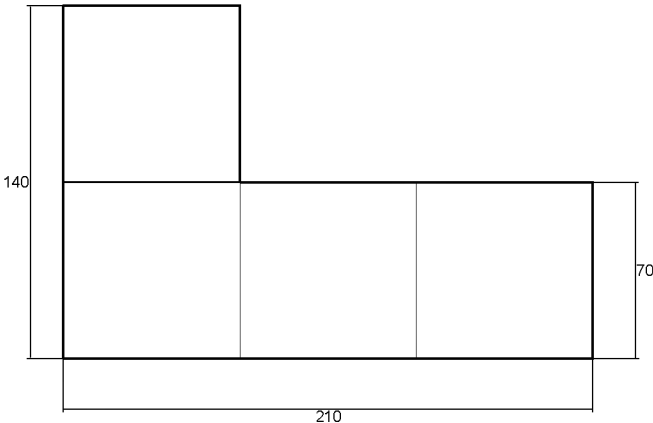
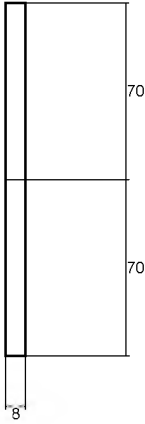
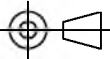


Figura 36: Relación agua/cemento contra resistencia media (Fuente ACI)

1	2	3	4	5	6	
 VISTA SUPERIOR					 VISTA ISOMÉTRICA	A
 VISTA FRONTAL					 VISTA LATERAL	B
					C	
Nombre		Karina Luna Flores		Fecha	Esc.	
Sugerencia				A4		D
Plano de Vistas Generales				Cotas mm.	5/5	

1	2	3	4	5	6
 					A
 					B
VISTA SUPERIOR VISTA ISOMÉTRICA VISTA FRONTAL VISTA LATERAL					C
Nombre		Karina Luna Flores		Fecha	Esc.
				9/02/15	1:3
Sugerencia				A4	
Plano de Vistas Generales				Cotas mm.	2/5

1	2	3	4	5	6	
70 70 8 VISTA SUPERIOR					VISTA ISOMÉTRICA	A

140

140

VISTA FRONTAL

1	2	3	4	5	6	
707070 8 VISTA SUPERIOR					VISTA ISOMÉTRICA	A
140 14070 VISTA FRONTAL					7070 8 VISTA LATERAL	B
140 14070 VISTA FRONTAL					7070 8 VISTA LATERAL	C
Nombre	Karina Luna Flores			Fecha 9/02/15	Esc. 1:3	D
Sugerencia				A4		
Plano de Vistas Generales				Cotas mm.	4/5	