

UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

**DISEÑO DE UN BLOQUE A PARTIR DE
DESECHOS AGRO-INDUSTRIALES**

Tesis Profesional para la obtención del Título de Ingeniero en Diseño

PRESENTA:

FROYLAN FLORES HERRERA

Con la dirección de:

Dr. Roberto Suárez Orduña

LOMA BONITA, OAXACA, 2019



Universidad del Papaloapan

Campus Loma Bonita

Jefatura de la Carrera de Ingeniería en Diseño

Loma Bonita, Oaxaca a 25 de Febrero de 2019

Clave: ID/06SE/2019

Asunto: Asignación de Sinodales para
Examen de Titulación

Lic. Yesenia Barrientos Arenal

Jefa de Departamento de Servicios Escolares

Campus Loma Bonita

Presente

Por medio de la presente le informo la asignación de sinodales para el examen de titulación de **Froylan Flores Herrera** egresado de la carrera de ingeniería en diseño que presenta su tema de tesis titulado: **"Diseño de un bloque a partir de desechos agroindustriales"**.

Sinodales

Dra. Laura Patricia Rivas Vázquez (presidente), Dr. Roberto Suárez Orduña (vocal) y M.C. Ricardo Acevedo Gómez (secretario)

Suplentes:

M.M.P. Carol Castro Reyes (primer suplente), Dr. Axel Villavicencio Torres (segundo suplente).

Sin otro particular me despido quedando a sus órdenes para cualquier aclaración.

*Terra uberrima, mens aperta
Bou Lo-tama, chí jí jú
Atentamente*

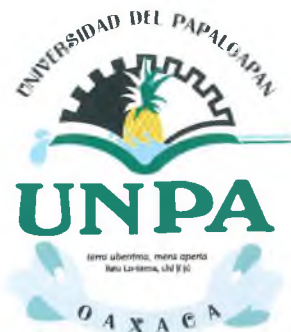
~~Laura Patricia Rivas Vázquez~~
Dra. Laura Patricia Rivas Vázquez
Jefa de la Carrera de Ingeniería en Diseño



Vo.Bo.

~~M.C. Héctor López Arjona~~
M.C. Héctor López Arjona
Vice-rector académico

c.c.p. M.C. Héctor López Arjona, Vice-rector académico
c.c.p. Archivo

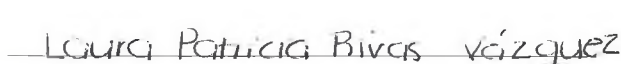



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN
Ingeniería en Diseño

La presente tesis titulada “**DISEÑO DE UN BLOQUE A PARTIR DE DESECHOS AGRO-INDUSTRIALES**” presentada por el pasante **FROYLAN FLORES HERRERA**, bajo la dirección del **DR. ROBERTO SUÁREZ ORDUÑA**, ha sido revisada y aceptada por el jurado examinador para ser defendida en el examen profesional y obtener el título de Ingeniero en Diseño.

JURADO EXAMINADOR


DR. ROBERTO SUÁREZ ORDUÑA
DIRECTOR DE TESIS


DRA. LAURA PATRICIA RIVAS VÁZQUEZ
REVISOR


MC. RICARDO ACEVEDO GÓMEZ
REVISOR

En el transcurso del tiempo he vivido situaciones distintas, sin embargo en esta etapa de mi vida he experimentado cosas buenas y cosas malas, que sin lugar a duda me sirvieron como experiencia, rescatando de ello lo mejor. He conocido muchas personas que han tenido gran influencia en mi vida, que siempre estuvieron conmigo en todo momento como amigos, compañeros y profesores; de quienes me siento afortunado haber tenido sus consejos, regaños y la exigencia que existió en todo momento, agradezco haber aprendido y conocido un poco de cada uno de ellos. Les doy gracias por haberme apoyado en todo este trayecto.

Dedico esta tesis a mis padres, agradeciéndole profundamente todo el esfuerzo que hicieron en todo momento, brindándome su apoyo incondicionalmente y depositando en mi toda su confianza. Gracias por darme esta oportunidad, los quiero y valoro sus esfuerzos.

Le doy gracias a mis hermanos que me apoyaron y estuvieron conmigo en los momentos que más los necesitaba; los quiero mucho hermanos.

Gracias a mis amigos de la universidad con los cuales tuvimos momentos y vivencias inolvidables, quienes recibieron de mi apoyo en todo momento y me brindaron el suyo incondicionalmente. Gracias amigos.

Agradecimientos

A la **Universidad del Papaloapan** por haberme permitido llevar acabo mis estudios en sus instalaciones y el apoyo que me brindo durante todo este tiempo que me llevo la culminación de mi licenciatura.

Mis agradecimientos al **Dr. Roberto Suárez Orduña** por ser mi director de tesis, por el tiempo que me estuvo apoyando, la dedicación y sobre todo las enseñanzas que me fueron de suma importancia para el desarrollo de esta tesis y sobre todo para su culminación de la mejor manera.

Le doy las gracias a la **Dra. Laura Patricia Rivas Vázquez** jefa de la carrera, por el apoyo brindado en todo momento durante mi carrera, en el desarrollo de esta tesis y la culminación de esta.

A mis revisores de tesis **M.C. Ricardo Acevedo Gómez, Dra. Laura Patricia Rivas Vázquez**, muchas gracias por sus recomendaciones, apoyo y sobre todo por su tiempo que dedicaron para revisar esta tesis muchas gracias a todos ellos.

En general se desarrolló este proyecto para delinear los distintos procesos que se aplicaron para el desarrollo de los bloques a base de cenizas de bagazo de caña de azúcar, las distintas pruebas a las que fueron sometidos los especímenes y las características aportadas por las cenizas como reemplazo de cemento Portland.

La mezcla puzolana se caracteriza por la mezcla de cal, cenizas de bagazo de caña de azúcar, agua, grava y arena. Las cenizas del bagazo de caña de azúcar presenta un alto porcentaje de sílice entre un 76.3% a 63.2% (*Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2015*), la cual combinada con hidróxido de calcio $[Ca(OH)_2]$ forman silicatos de calcio hidratados, compuestos conglomerados que proporcionan resistencia a la mezcla (*Jord, 2009*).

El motivo por el cual se desarrolló este proyecto fue para llevar a cabo el diseño de bloques a partir de un desecho agroindustrial como elemento principal, así como el aporte de diseño en su instalación y su uso. Por último se llevó a cabo la elaboración de bloques con un porcentaje de 5% de material cementante; en este caso, cenizas de bagazo de caña de azúcar. Esto nos proporcionó características óptimas a las pruebas que se someten los concretos convencionales, como lo son de compresión, conductividad térmica, flexión y de porosidad. Debido a los resultados que se obtuvieron de las pruebas que estrictamente se deben realizar, se puede constatar que de la prueba de compresión se obtuvo un resultado de 87.3Kg/cm^2 , óptimo para utilizarse en muros divisorios, muros exteriores o como decorativos. Así mismo se realizó la prueba de flexión que arrojó un resultado de 18.1 Kg/cm^2 permitiendo así determinar la cantidad de acero y optimizar su uso en caso de concretos armados. Se realizaron pruebas de porosidad y

Resumen

conductividad térmica descartando algunos usos que pudieran darle a este material y es descartable su uso como material acústico, así como su uso como aislante térmico.

Así se determina que este material sea de baja densidad y una porosidad óptima para utilizarse como material base en la construcción de muros divisorios, se pudo determinar que el material cumple con las características necesarias y es posible su utilización en la industria de la construcción.

Es así que podemos determinar que la manufactura de estos bloques es muy económica, debido a la disponibilidad de estos materiales en la región, por lo cual, esta es una alternativa de muy bajo costo en la rama de la construcción como material base en espacios habitables.

In general, this project was developed to outline all different processes applied to block's development based on sugar cane bagasse ash, and the different tests to which the samples were subjected to, and the characteristics produced by the ashes as a Portland cement replacement.

The mixture of lime, sugar cane bagasse ash, water, gravel, and sand characterizes the pozzolan mixture. The sugar cane bagasse ash has a high percentage of silica, ranging from 76.3% to 63.2% (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2015) (National Statistics and Geography Institute), which combined with calcium hydroxide [$\text{Ca}(\text{OH})_2$], they form calcium silicate hydrate, conglomerate compounds that provide resistance to the mixture (Jord, 2009).

The reason why this project was developed to carry out the block design from an agro-industry waste as a main component, as well as to contribute with the design in its installation and use. Finally, the block's manufacturing was performed with a cement material percentage of 5%, in this case, sugar cane bagasse ash. This give us optimum characteristics to the tests subjected to conventional concretes, such as compression, thermal conductivity, bending, and porosity. Due to the results obtained from the tests which were strictly carried out, it can be confirmed that the compression test got an optimum result of 87.3 Kg/cm² to be used in dividing walls, exterior walls, or as decorative ones. Likewise, a bending test was carried out, giving a result of 18.1 Kg/cm² allowing, in this way, to determine how much steel can be used in optimising it in reinforced concrete. Porosity and thermal conductivity tests were also carried out dismissing some uses that can give to this material, and also is totally dismissed its use as acoustic material, as well as its use as thermal insulation.

Abstract

Thus, this material is of low density with an optimum porosity to be used as base material in the construction of dividing walls. It was also established that the material fulfils with the necessary characteristics and it is possible to use it in the construction industry.

Summing up, it can be established that the manufacture of this kind of blocks is very economical, due to the availability of these materials in the region; therefore, this is a low cost alternative in the construction sector as base material in habitable venues.

Capítulo 1

| | |
|--|----|
| 1.0 Concreto..... | 1 |
| 1.0.1 Características del concreto..... | 1 |
| 1.0.2 Antecedentes del concreto | 2 |
| 1.1 Cemento portland..... | 3 |
| 1.1.2 Antecedentes del cemento | 3 |
| 1.1.3 Fabricación del cemento | 4 |
| 1.2 Puzolanas | 6 |
| 1.2.1 Orígenes de las puzolanas..... | 6 |
| 1.2.2 Definición..... | 7 |
| 1.2.3 Clasificación de las puzolanas | 7 |
| 1.2.4 Puzolanas naturales | 7 |
| 1.2.5 Puzolanas artificiales | 8 |
| 1.3 Antecedentes de los bloques..... | 8 |
| 1.3.1 Definición de los bloques..... | 10 |
| 1.3.2 Características de los bloques | 10 |
| 1.4 Investigaciones previas | 12 |

Capítulo 2

| | |
|--|----|
| 2. Desarrollo del plan experimental | 13 |
| 2.0 Materia prima a utilizar | 14 |
| 2.0.1 Cenizas de caña de azúcar | 14 |
| 2.0.2 Composición química de cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBCA) | 14 |
| 2.1 Hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)..... | 15 |
| 2.1.1 Tipos de cal..... | 15 |
| 2.2 Agregados | 16 |
| 2.2.1 Clasificación de los agregados | 16 |
| 2.2.1.2 Clasificación por su tamaño | 16 |
| 2.2.1.3 Clasificación por su origen | 16 |
| 2.3 Agua..... | 17 |
| 2.4 Equipo y procedimiento experimental | 17 |
| 2.4.1 Procedimiento para la obtención de las cenizas | 17 |
| 2.4.2 Molienda | 18 |
| 2.4.3 Dosificación de CBCA para las muestras | 19 |

CONTENIDO

| | |
|---|----|
| 2.4.4 Procedimiento y equipo | 19 |
| 2.4.5 Resistencia mecánica | 22 |
| 2.5 Elaboración de las probetas de ensayo | 23 |
| 2.5.1 Dosificación de muestra | 23 |
| 2.5.2 Preparación de los moldes de las probetas | 23 |
| 2.5.3 Elaboración de la mezcla y colado de las probetas | 24 |
| 2.5.4 Proceso de prueba de revenimiento | 25 |
| 2.5.5 Colado de las probetas | 26 |
| 2.5.6 Curado de probetas | 28 |
| 2.6 Ensayo practicado a las probetas | 28 |
| 2.6.1 Resistencia a la compresión | 28 |
| 2.6.2 Prueba de conductividad térmica | 30 |
| 2.6.3 Prueba de ultrasonido | 31 |
| 2.6.4 Prueba de porosidad | 32 |
| 2.6.5 Prueba de flexión..... | 33 |

Capítulo 3

| | |
|--|----|
| 3.0 Resistencia a la compresión simple | 36 |
| 3.1 Conductividad térmica..... | 37 |
| 3.2 Prueba de ultrasonido | 37 |
| 3.3 Prueba de porosidad | 38 |
| 3.4 Prueba de flexión..... | 38 |

Capítulo 4

| | |
|--|----|
| 4.0 Diseño del bloque..... | 41 |
| 4.1 Metodología de diseño | 41 |
| 4.1.1 Información | 41 |
| 4.1.2 Investigación | 43 |
| 4.1.3 Diseño..... | 44 |
| 4.1.4 Toma de decisiones | 45 |
| 4.1.5 Cálculo | 47 |
| 4.1.6 Construcción del prototipo | 48 |
| Conclusiones..... | 63 |
| Recomendaciones | 65 |
| Referencias | 66 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Piramide de Gizeh | 4 |
| Figura 2. Muros de piedra del mural de Tebas ² | 15 |
| Figura 3. Muestra de cenizas ingenio Tuxtepec | 17 |
| Figura 5. Molino de bolas y sus elementos que lo componen . | 18 |
| Figura 4. Horno marca Thermo Fisher Scientific | 18 |
| Figura 6. Proceso de amasado..... | 20 |
| Figura 7. Molde 5 cm*5 cm*5 cm | 20 |
| Figura 8. Especímenes en proceso de curado | 21 |
| Figura 9. Prueba de compresión..... | 22 |
| Figura 10. Moldes para las probetas de 15 cm de ancho* 30 cm alto..... | 23 |
| Figura 11. Mezclador eléctrico de 50kg | 24 |
| Figura 12. Proceso del colado de probetas de ensayo en laboratorio | 27 |
| Figura 13. Preparación de probetas para realizar prueba a la compresión | 30 |
| Figura 14. Equipo Anter DSC-25 | 30 |
| Figura 15. Equipo para realizar la prueba ultrasonido | 31 |
| Figura 16. Determinación de porosidad del material | 32 |
| Figura 17. Proceso a seguir para realizar la prueba de porosidad | 32 |
| Figura 18. Prueba de flexión en probeta | 33 |
| Figura 20. Proceso de desarrollo creativo | 49 |
| Figura 19. Oruga larva de lepidoptero ⁶ | 49 |
| Figura 22. Propuestas de bloques y sus posibles formas de ensamble | 50 |
| Figura 21. Sección a estudiar con partes diferentes | 50 |
| Figura 23. Proceso creativo para determinar ensamblado entre piezas..... | 51 |
| Figura 24. Posibles formas de ensamblado entre las piezas | 51 |
| Figura 25. Diseño de ensamblado y forma de pieza definidos . | 52 |
| Figura 26. Ajustes al diseño agregando ondulaciones en los bordes..... | 53 |
| Figura 27. Diseño de producto final..... | 53 |
| Figura 28. Modelado 3D..... | 54 |
| Figura 29. Maquetado de prototipo..... | 55 |
| Figura 30. Dimensiones del bloque | 55 |
| Figura 31. Trazo y dimensionamiento de la madera..... | 56 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Figura 32. Corte de las piezas | 57 |
| Figura 33. Ensamble de molde..... | 57 |
| Figura 34. Elaboración de tapas..... | 58 |
| Figura 35. Caracterización y dosificación de los elementos que constituyen la mezcla..... | 59 |
| Figura 36. Proceso de mezclado. | 59 |
| Figura 37. Proceso de moldeado y prensado | 60 |
| Figura 38. Proceso de desmolde. | 60 |
| Figura 39. Bloque terminado | 61 |

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Composición química de cenizas de bagazo | 14 |
| Tabla 2. Proceso de obtención de cal producto químico natural | 15 |
| Tabla 3. Parámetro para la molienda de cenizas | 19 |
| Tabla 4. Proporción de la mezcla de concreto..... | 19 |
| Tabla 5. Valores obtenidos de la prueba absorción capilar | 22 |
| Tabla 6. Valores obtenidos en la prueba a la compresión en kgf/ cm ² | 23 |
| Tabla 7. Proporción de materiales para el desarrollo de concreto a base de (CBCA). | 23 |
| Tabla 8. Proporción final para el desarrollo de concreto (CBCA). | 25 |
| Tabla 9. Resultado obtenido de la prensa eléctrica en Kg/cm ² | 36 |
| Tabla 10. Resultado obtenido de las muestras de conductividad térmica..... | 37 |
| Tabla 11. Resultados de la prueba ultrasonido..... | 37 |
| Tabla 12. Valores obtenidos en la prueba de porosidad | 38 |
| Tabla 13. Resultados de flexión..... | 39 |
| Tabla 14. Clasificación de acuerdo a los materiales utilizados para su construcción..... | 42 |
| Tabla 15. Clasificación de acuerdo a la norma NMX-C-441- ONNCE-2005. | 43 |
| Tabla 16. Costo del bloque que se esta produciendo..... | 45 |
| Tabla 17. Costo del bloque que esta en el mercado. | 45 |
| Tabla 18. Costo de materias primas | 46 |

La presente investigación se refiere al tema de contaminación por desechos agroindustriales y contaminación por industrias cementeras en el proceso de elaboración del cemento comercial, provocando daños severos al medio ambiente de manera directa con los procesos que estas llevan dentro de su estructura.

El concreto se define como un material compuesto que está en unión con partículas o fragmentos de agregados que lo constituyen, para ello se utiliza agua, cemento hidráulico, arena y triturado de piedra.

En la actualidad en México se registran 55,633,000 toneladas de caña de azúcar durante el periodo 2017- 201, siendo el séptimo país exportador de caña de azúcar a nivel mundial, conformado por 51 ingenios azucareros distribuidos en distintas zonas del país, (<https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Produccion-de-azucar-repuntara-en-ciclo-2017-2018-20171201-0018.html>).

Uno de los principales ingenios azucareros, es el ingenio Adolfo López Mateos el cual se encuentra ubicado en la región cuenca del Papaloapan teniendo una producción estimada durante el periodo 2017- 2018 de 1,700,000, toneladas.

Para que la caña de azúcar sea transformada en azúcar, es sometida a procesos industriales los cuales requieren de gran cantidad de energía, en la actualidad se han mejorado los procesos, últimamente se utiliza el procesamiento de biomasa la cual consiste en quemar grandes cantidades de bagazo de caña para producir vapor y generar energía, haciendo que las industria lleven a cabo su funcionamiento. Durante este proceso queda gran cantidad de residuo a los cuales se le denominan como cenizas de bagazo de caña de azúcar, que son retirados en tractocamiones y depositados en áreas verdes, los cuales causan problemas ambientales, de

Introducción

retención de humedad en el suelo, así como aporte carbono.

En esta investigación, se utilizaron estas cenizas de bagazo de caña de azúcar, para remplazar el material cementante, disminuyendo así la calcinación de caliza y arcilla a altas temperaturas que oscila entre los 1350 y 1450 °C, para la elaboración del cemento, debido a que es el material más utilizado en la industria de la construcción.

Conforme a lo mencionado con anterioridad, se diseñaron muestras con diferentes proporciones de material cementante al 5%, 10%, 15% y 20% con relación a la mezcla homogénea hidróxido de calcio (Ca(OH)_2), agua y agregados finos y gruesos, arena y grava.

De acuerdo a los diseños de muestra, determinamos la optima para la elaboración de la mezcla de los componentes que constituyen a este concreto usado para la elaboración de los bloques de concreto que se diseñaron, elaboraron y analizaron en esta investigación.

Planteamiento del problema

Durante los últimos años ha ido creciendo la población de una forma acelerada, por la cual se requiere de vivienda cómoda y confortable, lo que plantea la necesidad de construir lugares que puedan soportar ciertos factores ambientales de la región del Papaloapan (*Instituto Nacional de Estadística y geografía, 2015*). Debido al alto grado de impacto ambiental que se han venido presentando durante los últimos años, ocasionados por desechos agrícolas de las industrias situadas en la región, tales como los ingenios azucareros que como combustible básico utilizan bagazo de la caña, la cual incineran, en calderas para producción de vapor utilizados en los siguientes procesos generando contaminación ambiental, en forma de partículas sólidas suspendidas, y gases como monóxido de carbono. Es por estos motivos que se están buscando alternativas con distintos materiales que permitan por un lado limitar el uso del cemento en su manufactura, y por otro, utilizar todos los desechos agroindustriales como fuente de materia prima. En este caso se utilizaron las cenizas del bagazo de caña de azúcar que estas a su vez generan gran daño al medio ambiente, como se mencionó anteriormente. Se utilizarán en bloques prefabricados para la construcción, a base de cenizas de caña de azúcar e hidróxido de calcio (Ca(OH)_2). Los cuales pueden llegar a ser utilizados como muros divisorios o muros de exteriores, con la finalidad de disminuir la contaminación y el impacto ambiental que estos desechos pueden provocar con el transcurso del tiempo.

Objetivo general

El objetivo general de esta investigación es valorar las distintas muestras de ceniza de bagazo de caña de azúcar obtenidas del ingenio azucarero Adolfo López Mateos, ubicado en la localidad de Tuxtepec Oaxaca. Se realizó la caracterización físico – química y se evaluó la reactividad puzolánica para sus posibles usos como mortero u hormigones.

Objetivo específico

- Llevar a cabo la caracterización físico-química de las muestras de ceniza de bagazo de caña de azúcar obtenidas del ingenio azucarero de Tuxtepec Oaxaca.
- Determinar la posible reactividad puzolánica de las cenizas y su interacción con la cal, para su uso en la construcción.
- Determinar las propiedades mecánicas, específicamente la resistencia a compresión con sustitución de cemento por cenizas de bagazo.
- Evaluar los resultados obtenidos de resistencia a compresión con diferentes días de curado.
- Presentar una posible alternativa al uso de los diversos residuos agrícolas como adición puzolánica, así disminuyendo el uso de cemento portland como principal conglomerante en las mezclas, con el beneficio económico y medioambiental para un país en vías de desarrollo como lo es México.

Justificación de la investigación

En la actualidad el concreto es el material más utilizado en la construcción. Este material está elaborado con cemento Portland, agua y agregados; esta mezcla es muy resistente y llega a tener un peso específico considerable. Pero el impacto ambiental es alto, puesto que para la producción de cemento se genera una elevada proporción de gases y polvos contaminantes hacia la atmósfera y para su producción se gasta gran cantidad de agua, la cual al salir del proceso con impurezas se considera como un desperdicio con elevados costos para su posterior procesamiento (*Jord, 2009*). Con base a lo anterior se pretende elaborar un material fácil de producir en la zona que aproveche los desechos hasta ahora no utilizados.

En la industria de la construcción se busca mejorar la calidad de las construcciones y esto se logrará ya que el producto contará con características que nos permitan la disminución térmica en el interior de la vivienda; así mismo se desarrollarán bloques modulares, los cuales son fáciles de ensamblar. Por otro lado, se pretende que los bloques sean más resistentes, o que al menos de la misma resistencia que los bloques convencionales.

CAPÍTULO I

1. Estado del arte

1.0 Concreto

El concreto es una mezcla de dos elementos que lo componen: agregados y pasta cementante. La pasta, esta compuesta por cemento portland y agua, que es la que une los agregados finos y gruesos (arena y grava), esta mezcla conforman el cuerpo del material, creando un compuesto pastoso que requiere de tiempo para su fraguado, formando así una roca artificial al cual llamamos concreto.

El resultado de esta mezcla puede variar debido a la calidad de la pasta y del agregado utilizado y de la unión entre los dos. En un concreto debidamente elaborado toda partícula de agregado debe ser debidamente cubierta por la pasta cementante.

1.0.1 Características del concreto

El concreto es un material artificial semejante a la piedra que se obtiene a partir de la mezcla de cemento portland debidamente proporcional, agua, agregados finos y gruesos, en algunas ocasiones pueden agregar adictivos los cuales ayudan a mejorar las características del concreto. Los agregados se dividen en agregados finos y agregados gruesos. El agregado fino puede estar constituido por arenas naturales o bien manufacturadas con un tamaño de partícula de 10 mm. Como tamaño máximo del agredo puede variar entre $19 \text{ mm} \pm 25 \text{ mm}$.

Los agregados constituyen aproximadamente un 60% al 75% del volumen total de concreto. Estos agregados deben estar bien seleccionados con las resistencias adecuadas, así como características adecuadas de los agregados para resistir su exposición a la intemperie y no deben contener partículas que pudieran causar deterioros en el concreto.

De esta manera podemos tener buen uso de la pasta de cemento y agua, con la elección de la granulometría adecuada.

La plasticidad de la mezcla esta basada en la proporción agua-cemento, según las condiciones de la colocación del concreto debido a que se logre la impermeabilidad, la durabilidad y resistencia, de acuerdo a los requisitos que se piden en las estructuras, según las especificaciones.

1.0.2 Antecedentes del concreto

En este apartado se muestra la evolución milenaria que el concreto a tenido sus apariciones a lo largo de la historia, haciendo manifestaciones en las construcciones de la época antigua, así como representaciones artísticas de las antiguas civilizaciones, desde sus orígenes hasta nuestros días, observado así su evolución, procesos y técnicas implementadas para su procesamiento.

Si nos remontamos a la época antigua las primitivas civilizaciones, dejaron el nomadismo, haciendo asentamientos en lugares estratégicos que les brindaran protección de la naturaleza su principal enemiga, es por eso que tomaron como material de construcción todo elemento que sirviera como material de construcción, como la arcilla-barro, piedra, pieles y entramados; permitiendo tener espacios cerrados, adaptándolos para mejorar sus subsistencia.

Por tanto el inicio de la ganadería y la agricultura (10.000 a.C), se dieron inicio a comunidades que eran sedentarias, emprendiendo el cultivo de vegetales con el propósito de obtener recursos estables e inician lugares estratégicos para la construcción de poblados constituidos socialmente.

El origen del mortero viene remontado al descubrimiento de la cal y el yeso, aun no teniendo claro su origen debido a que algunos autores lo sitúan en la prehistoria, junto con el descubrimiento del fuego y la posibilidad de quemar piedras.

Por tanto, el proceso de fabricación del mortero, de acuerdo a las características de los materiales consistiría en añadirle cal, que en la época antigua contenía gran cantidad de piedra carbonatada (apagada) pero no calcinada completamente, apagada con el mas mínimo de agua para el apagado. En la civilización Egipcia y Mesopotámica, conocían y fabricaban materiales conglomerantes, yesos y cales aéreas, que bien, mediante pastas o morteros de yeso y cal reforzaban los aparejos de piedra y ladrillos, y revestían y ornaban sus fábricas (*Torres, 1955*).

Con el transcurso del tiempo los bloques de concreto han venido siendo el material que predomina en el ámbito de la construcción, siendo la base para la construcción de viviendas y espacios utilizados por el hombre para desarrollar sus actividades cotidianas.

Una de las primeras referencias del uso de los bloques o ladrillos a lo largo de la historia se encuentra en Palestina, donde ya elaboraban bloques de adobe, secados al sol, hace más de 9.000 años.

1.1 Cemento portland

El cemento es un material con propiedades de adherencia y cohesión, que nos permite la unión de partículas minerales entre si, formando un todo compacto. El nombre del cemento vienen del caementum, que en latín significa “argamasa”, porque los romanos lo llamaban opus caementitium (obra cementicia).

El Cemento Hidráulico es un material inorgánico finamente pulverizado, que al agregarle agua, ya sea solo o mezclado con arena, grava asbesto u otros materiales, tiene la propiedad de fraguar y endurecer, incluso bajo el agua, en virtud de reacciones químicas durante la hidratación y que, una vez endurecido, desarrolla su resistencia y conserva su estabilidad,(*Hernández, 2010*).

1.1.2 Antecedentes del cemento

La historia del cemento es tan milenaria, como la propia historia de la humanidad. Desde que el hombre dejó de pernoctar en cavernas, creció su interés por limitar su espacio vital y mejorar sus condiciones de habitabilidad a través de los años. Es este hecho el que marca el inicio de las construcciones en la antigüedad desde la que se dejan ver vestigios del uso de los materiales con propiedades cementivas. Varias investigaciones actuales muestran, en territorio israelí y de la antigua Yugoslavia, hallazgos de restos de primitivas construcciones en la antigüedad (entre los años 7000 y 6000 a. C.) en que se utilizaron estos materiales.

Con el transcurrir de los siglos y cuando el hombre optó por levantar edificaciones utilizando materiales arcillosos o pétreos, surgió la necesidad de obtener pastas o morteros que permitieran unir estos mampuestos para poder conformar estructuras estables. Inicialmente se emplearon pastas elaboradas con arcilla, yeso o cal; pero éstas se deterioraban rápidamente ante condiciones ambientales desfavorables.

Diversas soluciones fueron utilizadas a partir de la mezcla de agua con minerales triturados, para conseguir pastas que no se degradasen con facilidad. Es de esta manera como en el antiguo Egipto (alrededor del año 2,570 a. C.) se utilizaron pastas obtenidas con mezclas de yesos y calizas disueltas en agua, para poder unir sólidamente sillares de piedra; como las que aún perduran entre los bloques calizos de la Gran Pirámide de Gizeh (**Figura 1**). Los egipcios utilizaron este mortero para levantar sus prodigiosas construcciones, como es el caso también de las mezclas que se emplearon hacia el año 1950 a. C. en los muros de piedra del mural de Tebas (**Figura 2**), (Vidaud, 2013).



Figura 1. Pirámide de Gizeh¹

¹Fuente: <http://northfieldconsulting.com/homepageimage2.gif>



Figura 2. Muros de piedra del mural de Tebas²

²Fuente: <https://arteapiedecalle.files.wordpress.com/2012/12/arte-egipcio>.

1.1.3 Fabricación del cemento

Los cementos portland son cementos hidráulicos compuestos principalmente de silicatos de calcio. Los cementos hidráulicos fraguan y endurecen al reaccionar químicamente con el agua. Durante esta reacción, llamada hidratación, el cemento se combina con agua para formar una pasta endurecida. Los componentes básicos para la fabricación del cemento portland son el óxido de calcio, óxido de sílice, alúmina y el óxido de hierro. La materia prima necesaria para tener las cantidades correctas de los componentes básicos es una mezcla de materiales calcáreos (piedra caliza) y arcillosos.

Cuando se está fabricando el cemento se les agregan otras adiciones (cenizas volcánicas, puzolanas, escorias de alto horno), que cumplen con diferentes funciones especiales. Estas materias primas se someten a un proceso de clinkerización (a altas temperaturas), todo esto va a producir un polvo gris oscuro, que fragua muy rápidamente con el agua, al finalizar este

proceso se le adiciona yeso con el fin de retardar el tiempo de fraguado.

Este proceso se lleva a cabo mediante una serie de etapas:

Obtención de materias primas:

Consiste en la extracción de las piedras calizas y las arcillas de los depósitos o canteras, las cuales dependiendo de sus condiciones físicas se hacen los diferentes sistemas de explotación, si el material es muy duro se hacen explosiones controladas, en caso de materiales blandos se utilizan excavadoras y luego el material se transporta a la fábrica.

Trituración de las materias primas:

Una vez extraídos y clasificado el materiales, en la fábrica se reduce el tamaño de la caliza siguiendo ciertas especificaciones dada para la fabricación. Su tamaño se reduce con la trituración hasta que su tamaño oscile entre 5 a 10 mm.

Prehomogenización:

Consiste en hacer mezcla de las arcillas y calizas, que ya han sido trituradas, se lleva por medio de bandas transportadoras o molinos, con el objetivo de reducir su tamaño hasta el orden de diámetro de medio milímetro. En ésta etapa se establece la primera gran diferencia de los sistemas de producción del cemento, (procesos húmedos y procesos secos).

Clinkerizacion:

Consiste en llevar la mezcla homogeneizada a hornos rotatorios a grandes temperaturas aproximadamente a 1450°C, en la parte final del horno se produce la fusión de varios de los componentes y se forman gránulos de 1 a 3 cm de diámetro, conocido con el nombre de Clinker.

Enfriamiento:

Después que ocurre el proceso de clinkerización a altas temperaturas, viene el proceso de enfriamiento en la cual consiste en una disminución de la temperatura para poder trabajar con el material, éste enfriamiento se acelera con equipos especializados.

Adiciones finales y molienda:

Una vez que el Clinker se halla enfriado, se prosigue a obtener la finura del cemento, en la cual consiste en moler el Clinker, después se le adiciona yeso con el fin de retardar el tiempo de fraguado.

Empaque y distribución:

Esta última etapa consiste en empaquetar el cemento fabricado en bolsas de 50 kg, teniendo mucho cuidado con diversos factores que puedan afectar la calidad del cemento, luego se transporta y se distribuye con cuidados especiales, (<https://www.ieca.es/proceso-de-fabricacion/>).

1.2 Puzolanas

1.2.1 Orígenes de las puzolanas

Hacia el año 500 a.C., Los griegos utilizaban en sus construcciones una mezcla de materiales provenientes de depósitos volcánicos, con caliza, agua y arena. Este mortero ofrecía entonces los mejores niveles de resistencia. Tiempo después, para el siglo II a.C., En la región de Puzzoli (cerca del Vesubio), los romanos desarrollaron el llamado cemento romano o puzolánico a partir de la mezcla de caliza calcinada con finas arenas de origen volcánico o cenizas volcánicas (lo que hoy llamamos puzolana).

La puzolana contiene sílice y alúmina, que al combinarse químicamente con la cal da como resultado el cemento puzolánico; material que ha demostrado tener un gran desempeño, tanto respecto a su resistencia como a su durabilidad.

Por su parte, también en las culturas precolombinas se hizo presente el empleo de los materiales cementantes. En algunas ciudades y grandes estructuras como las construidas por los mayas, aztecas e incas se utilizaron estas mezclas de aglomerantes primitivos fundamentalmente a base de cal y materiales puzolánicos.

Trabajos recientes de investigadores mexicanos dan cuenta que los constructores mayas y aztecas, al carecer de bancos de piedra cercanos, desarrollaron la construcción de gran parte de sus estructuras con ladrillos (comúnmente denominados tabiques) unidos con morteros de cal

adicionados con materiales puzolánicos y otros minerales de considerable resistencia y dureza (*Vidaud, 2013*).

1.2.2 Definición

Se consideran generalmente como puzolanas los materiales que, carentes de propiedades cementarias y de la actividad hidráulica por si solos, contienen constituyentes que se combinan con cal o temperaturas ordinarias y en presencia de agua, dando lugar a compuestos permanentemente insolubles y estables que se comportan como conglomerantes hidráulicos (*Calleja, 1968*).

1.2.3 Clasificación de las puzolanas

La clasificación más común mente aceptada se relaciona con el origen. Por tanto, una primera subdivisión es en naturales y artificiales.

Las primeras no requieren, en su empleo, tratamientos que creen modificaciones químicas y mineralógicas sustanciales, es decir, son activas. Las segundas resultan de la transformación químico y/o estructural de materiales que, originalmente, no tenían o presentaban características puzolanicas débiles (*Soria, 1983*).

1.2.4 Puzolanas naturales

Las puzolanas naturales son mayoritariamente materiales de origen volcánico, producidos por acciones eruptivas. La proyección violenta del magma en la atmósfera produce un enfriamiento rápido y por tanto, la formación de un material que posee un elevado carácter vítreo.

Estas puzolanas empezaron a ser utilizadas en la construcción desde hace más de dos mil años, ya que los romanos fueron los primeros que produjeron morteros hidráulico usando este tipo de materiales. De esto no cabe duda de la eficiencia de la introducción de las puzolanas naturales en la fabricación de morteros, puesto que muchas construcciones realizadas en aquella época perduran todavía, poniendo de manifiesto la durabilidad de los materiales empleados (*Pinel y Daniel, 2014*).

1.2.5 Puzolanas artificiales

Las puzolanas artificiales se definen como residuos o subproductos industriales de diversos orígenes y características, que tienen como carácter principal y común la actividad puzolánica. El término actividad puzolánica incluirá dos parámetros, la cantidad de cal combinada por la puzolana y la velocidad a la cual se ha consumido dicha cal. Ambos factores dependerán de la naturaleza de las puzolanas y más concretamente de la calidad y cantidad de las fases activas (*Amahjour, 2000*).

1.3 Antecedentes de los bloques

En Mesopotamia aparecen los primeros ladrillos cocidos que se usan como elementos decorativos y en cubrimientos de muros de adobe. Los sumerios, babilónicos y persas construyeron zigurats y palacios de adobe con bloques cocidos con esmaltes. El imperio chino edificó parte de su gran muralla con ladrillos, y el imperio romano también los usa en termas, anfiteatros y acueductos.

En la edad media también se utiliza el bloque en el norte de Italia, norte de Europa y países bajos, y se construyen edificios domésticos, palacios y castillos. Durante el renacimiento, la arquitectura georgiana británica lo emplea masivamente en Inglaterra. Los colonos lo llevan a América, aunque ya existían civilizaciones prehispánicas que utilizaban ladrillos de adobe revestido de piedra (*Fort y Pérez, 2012*).

El concreto fue utilizado por los romanos el año 200 a. C para juntar piedras en la construcción de sus edificaciones. Durante el reinado del emperador romano Calígula, en 37-41 d. C, pequeños bloques de concreto prefabricado se utilizaron como material de construcción en la región cerca de la actual Nápoles, Italia. Gran parte de la tecnología del hormigón desarrollado por los romanos se perdió después de la caída del Imperio Romano en el siglo V.

No fue hasta 1824 que el albañil Inglés Joseph Aspdin desarrolló cemento portland, que se convirtió en uno de los componentes claves del concreto actual.

El primer bloque hueco de concreto fue diseñada en 1890 por S. Harmon Palmer en los Estados

Unidos. Después de 10 años de experimentación, Palmer patentó el diseño en 1900. Los bloques de Palmer fueron de 20.3 cm por 25.4 cm por 76.2 cm, y estaban tan pesada que tenían que ser levantado en su lugar con una pequeña grúa. Para 1905, se estima que 1.500 empresas estaban fabricando bloques de concreto en los Estados Unidos (<http://www.madehow.com/Volume-3/Concrete-Block.html#b>).

La demanda de los bloques de concreto llevaron a tecnificar su proceso de elaboración, para hacer producciones masivas y lograr, así cubrir la demanda que se presentaban en su momento. Las primeras máquinas que se inventaron para la fabricación de estos bloques de concretos eran muy rudimentarias y constaban de un cajón de acero, posteriormente se introdujeron objetos de figuras rectas en el interior para realizar los bloques huecos.

Este nuevo elemento permitía que los bloques fueran más ligeros, mejorando el rendimiento de la materia prima y aumentando la producción.

Así se fueron tecnificando estos procesos y cada día la intervención del hombre fue menos. Obteniendo así mejores ganancias para las grandes empresas que se dedicaban a la fabricación de estos bloques de concreto.

Los bloques de concreto en México se remonta a las dos primeras décadas del siglo XX, cuando se inició sus producción a escala muy reducida. La fase de industrialización principal ocurrió a mediados de los cuarenta, y tuvo como resultado un crecimiento muy importante a finales de los cincuenta.

Poco después ya grandes empresas elaboraron este producto y contaban con las instalaciones necesarias para satisfacer las crecientes demandas del mercado.

Originalmente, la fabricación de bloques de concreto en México se limitó a los tamaños normales; sin embargo, las crecientes demandas del mercado obligaron a los fabricantes a diversificar sus productos. Ahora se produce una gran variedad de bloques de concreto que difieren entre sí en cuanto a resistencia, dimensiones, permeabilidad, grado de absorción, peso,

acabado, textura y color.

Como consecuencia, el constructor cuenta hoy en día con el material idóneo para cada proyecto, tanto en el aspecto estructural como en el arquitectónico (*Revista IMCYC; 2004*).

1.3.1 Definición de los bloques

La norma NMX-C-404-ONNCCE-2012 nos dice que los bloques, ladrillos y tabicones, son los materiales de construcción de forma prismática rectangular, sólidos o huecos, fabricados con cemento portland y agregados apropiados, tales como arena, grava, piedra triturada, piedra pómez, escoria volcánica o tezontle, arcillas, pizarras expandidas y otros (*NORMA MEXICANA NMX-C-404-ONNCCE-2012*).

1.3.2 Características de los bloques

La norma NMX-C-404-ONNCCE-2012 menciona las características que deben cumplir los bloques, son una pieza de mampostería cuyo largo nominal es 40 cm o mayor en módulos de 10 cm y cuya altura nominal es de 20 cm, (esto incluyendo la junta de albañilería), a la cual se debe ajustar la dimensión real dentro de las tolerancias permitidas. Para los bloques comunes al alto y largo corresponde a 19 cm x 39 cm (*NORMA MEXICANA NMX-C-404-ONNCCE-2012*).

Otras características con las que se pueden determinar y clasificar los bloques son. De acuerdo a la norma ASTM C-90 que establece las especificaciones estándares de calidad, para los bloques huecos de concreto para mampostería reforzada, estos se clasifican de la manera siguiente:

- a) Según su peso.
- b) Según su uso.
- c) Según el grado de humedad.

a) Clasificación según su peso

Por su peso los bloques huecos de concreto se clasifican en base a lo siguiente:

- 1.- De peso ligero 1362 kg/m^3 a 1682 kg/m^3
- 2.- De peso medio 1682 kg/m^3 a 2002 kg/m^3
- 3.- De peso normal 2002 kg/m^3 o más

b) Clasificación por su uso

De acuerdo a su uso los bloques huecos de concreto se clasifican en dos grados:

- 1.- Grado N.- Son bloques para uso general en paredes exteriores o interiores, que pueden o no estar sujetas a la intemperie o a la humedad, también son usados para obras de retención.
- 2.- Grado S.- Son bloques cuyo uso está limitado a paredes exteriores siempre que se proporcione un recubrimiento de protección contra la humedad o paredes no expuestas a la humedad.

La clasificación de los bloques de concreto por grado es importante, ya que la resistencia mínima de ruptura a la compresión y la máxima absorción permitida, está regulada en función de la clasificación por grado de los mismos, estas características son bien relevantes en la calidad de los bloques de concreto.

c) Clasificación por el grado de humedad

Para los bloques de grado N y grado S, existen dos tipos de bloques:

- 1.- Tipo I.- Que corresponden a bloques con humedad controlada, N-I y S-I .
- 2.- Tipo II.- Que corresponde a bloques con humedad no controlada, N-II y S-II.

La importancia de la clasificación por grado de humedad está directamente relacionada con el coeficiente de expansión de los bloques.

Por tanto el control de humedad tiene por finalidad evitar grietas en los bloques y el mortero (*ASTM C90-11b. ASTM International; 2011*).

1.4 Investigaciones previas

Utilización de ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial de cemento portland en morteros, obtenida en el ingenio de Mahuixtlan, Veracruz. Zafra 2007(*Hernández, H.; 2007*).

Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto a base de micro-tecnología con CBCA(*Vega, A.; 2009*).

Una alternativa ambiental-mente compatible para disminuir el consumo de cemento portland: El aglomerante cal-puzolana como adición mineral activa en hormigón(*Martirena, J., Martínez, L., Betancourt, S.; 2005*).

Evaluación de cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como sustituto parcial de cemento portland en concreto hidráulico, obtenida en el ingenio de la concepción, Veracruz.(*Rodríguez, A.; 2010*).

“Empleo de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) como Sustituto Porcentual del Agregado Fino en la Elaboración de concreto Hidráulico”(*Ríos, E.; 2011*).

2. *Desarrollo del plan experimental*

CAPÍTULO II

2.0 Materia prima a utilizar

2.0.1 Cenizas de caña de azúcar

La caña de azúcar ha sido sin lugar a duda uno de los productos de mayor importancia para el desarrollo comercial del continente Americano y Europeo. El azúcar se consume en todo el mundo, puesto que es una de las principales fuentes de calorías en las dietas de todos los países. Lo cual provoca que el desperdicio se genere de manera importante (Ríos, 2011).

En la extracción de jugo de caña de azúcar se obtienen grandes cantidades de bagazo (alrededor de 30% de caña de azúcar molida), biomasa que corresponde a una importante fuente de energía. Alrededor del 95% del total del bagazo de caña de azúcar producido es quemado en calderas generadoras de vapor, que producen residuos de ceniza de bagazo, que en la mayoría de los casos no cumplen con las normas adecuadas y, por lo tanto, causan serios problemas ambientales. La ceniza del bagazo de caña de azúcar (CBCA), compuesta principalmente de sílice, SiO tiene el potencial para ser usada como mezcla mineral en morteros y concreto (Macedo, P, Pereira, A., Akasaki, J., Fioriti, C., Paya, J., Melgas, J. L., 2014).

2.0.2 Composición química de cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBCA)

En un estudio realizado por Betancourt, en las provincias centrales de Villa Clara, Cienfuegos, Sancti Espíritus, y Ciego de Ávila en Cuba, se puede considerar según la composición química media la ceniza de bagazo de caña de azúcar presenta un mayor contenido de óxidos fundamentales (SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃) como se muestra en la (Tabla 1), (Hernández, 2007).

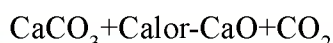
| Compuesto constitutivo | | |
|-------------------------------------|--|------------|
| Nombre | Forma abreviada | Porcentaje |
| Sílice | SiO ₂ | 56.40% |
| Oxido férrico +alúmina | Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃ | 5.15% |
| Oxido de calcio + oxido de magnesio | CaO + MgO | 9.08% |
| Álcalis | Na ₂ O y K ₂ O | 12.6% |

Tabla 1. Composición química de cenizas de bagazo

2.1 Hidróxido de calcio (Ca(OH)₂)

El hidróxido de calcio (Ca(OH)₂), es un producto químico natural como se muestra en la (Tabla 2). Que se obtiene de la roca caliza, cuando es sometida a altas temperaturas más de 1000°C hasta obtener cal viva; en esa fase tiene lugar la transformación del calcio: de carbonato a óxido –por desprendimiento del dióxido de carbono (CO₂), contenido en la piedra.

Al agregar agua o humedad, (apagar la cal) el material se hidrata y se denomina hidróxido de calcio; parte del agua se libera a la atmósfera como vapor ya que en este momento se origina una reacción de calor exotérmico no contaminante (Saavedra, 2013).



| <i>CaCO₃+Calor</i> | <i>CaO</i> | <i>CO₂</i> |
|---|--|-----------------------|
| Carbonato de calcio Piedra caliza Tiza Coral/conchas | Oxido de calcio Cal viva Cal en terrón | Dióxido de carbono |

Tabla 2. Proceso de obtención de cal producto químico natural

2.1.1 Tipos de cal

- Cal Viva: Se obtiene de la calcinación de la caliza que al desprender anhídrido carbónico, se transforma en óxido de calcio. La cal viva debe ser capaz de combinarse con el agua, para transformarse de óxido a hidróxido y una vez apagada hidratada, se aplique en la construcción.
- Cal hidratada: Se conoce con el nombre comercial de cal hidratada a la especie química de hidróxido de calcio, la cual es una base fuerte formada por el metal calcio unido a dos grupos hidróxidos.
- Cal hidráulica: Cal compuesta principalmente de hidróxido de calcio, silicio (SiO₂) y alúmina (Al₂O₃) o mezclas sintéticas de composición similar. Tiene la propiedad de fraguar y endurecer incluso debajo del agua (<http://www.quiminet.com/articulos/la-cal-tipos-y-proceso-de-obtencion-17648.htm>).
- Se utilizó el hidróxido de calcio en la preparación de las muestras cal/puzolana.

2.2 Agregados

Los agregados son aquellos materiales que pueden ser de origen natural o artificial, que mezclados con cenizas de bagazo de caña de azúcar, agua y aditivos, conforman una roca artificial a la cual podemos denominar como “concreto” u “hormigón”. Del volumen total del concreto tres cuartas partes son ocupadas por los agregados, los cuales la calidad de estos son imprescindibles y de gran importancia.

Los agregados deben estar constituidos por partículas limpias, resistente, duras y durables, que a su vez desarrollen una buena adherencia con la pasta de cenizas de bagazo de caña de azúcar. Todo material arcilloso que estén adheridas a los agregados y otras impurezas que estos presenten interfieren con el desarrollo de la resistencia del concreto.

2.2.1 Clasificación de los agregados

2.2.1.2 Clasificación por su tamaño

Los agregados se pueden clasificar de acuerdo al volumen de sus partículas y se dividen en:

- **Agregado fino (Arena):** es el material que pasa en un 95% de sus partículas por el tamiz N°.4, de 4.76mm de abertura entre hilos.
- **Agregado grueso (grava):** es el material que queda retenido en el tamiz de 150mm, cuyas partículas son en un 95% mayores de 4.76mm (*Neville, 1999*).

2.2.1.3 Clasificación por su origen

Los agregados pueden tener distintas procedencias sin embargo cumplen con su funcionalidad dentro del diseño de una muestra, estos pueden ser agregados naturales o agregados artificiales.

- **Agregados naturales:** Estos agregados son formados por procesos geológicos.
- **Agregados artificiales:** estos provienen de un proceso de transformación de los agregados naturales, estos agregados artificiales son productos secundarios.

Algunos de estos agregados son los que constituyen la escoria siderúrgica, la arcilla horneada, el hormigón reciclado, piedra triturada, etc. (<http://www.ingenierocivilinfo.com/2010/05/clasificacion-de-los-agregados-para.html>).

2.3 Agua

El agua utilizada para la preparación de pastas y morteros es el agua de la red potable que suministra a la universidad del Papaloapan campus Loma Bonita.

2.4 Equipo y procedimiento experimental

2.4.1 Procedimiento para la obtención de las cenizas

Se obtuvo una muestra de cenizas de bagazo de caña de azúcar como posible puzolana de procedencia agrícola. Una muestra obtenida del ingenio azucarero de la ciudad de Tuxtepec Oaxaca como se muestra en la (*Figura 3*). Se llevó a cabo la caracterización de dicha cenizas que se utilizaron en proporciones distintas para el diseño de mezclas.

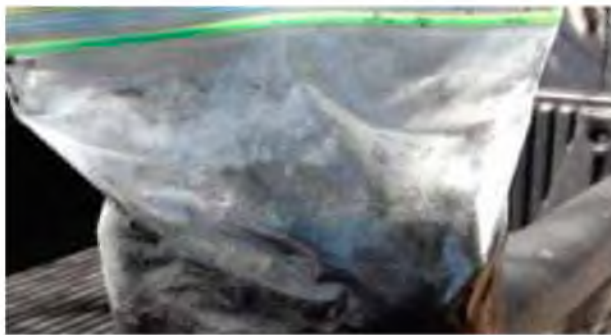


Figura 3. Muestra de cenizas ingenio Tuxtepec

Las cenizas que se utilizaron presentaban un alto grado de humedad por lo cual se procedió a separar una porción de estas para ser pesadas, posteriormente se introdujeron al horno como se muestra en la (*Figura 4*). Marca Thermo Fisher Scientific, Modelo 725F dejándolas durante un periodo de 24 horas a una temperatura constante de 24°C. Posteriormente fueron retiradas y se tomaron datos como pérdida de peso.



Figura 4. Horno marca Thermo Fisher Scientific

2.4.2 Molienda

Para la utilización de las puzolanas es necesario llevar a cabo una molienda previa, ya que esto mejorara sustancialmente su reactividad, es el caso para las cenizas de bagazo de caña de azúcar.

Para la molienda de las cenizas se utilizó un molino de bolas modelo U.5. STONEWARE, esto consiste en un recipiente de cerámica de un litro de capacidad, en el cual se introdujeron bolas de alúmina de 2cm de diámetro, posteriormente se introdujo la cantidad de cenizas necesarias para cubrir las bolas dentro del recipiente; mediante un temporizador se programo el molino para llevar el control del tiempo de molienda deseado posteriormente se retiraron las cenizas molidas. El molino de bolas y la molienda se pueden apreciar en la (*Figura 5*).



A) Equipo de molienda

B) Cuerpo de porcelana

C) Bolas de alúmina 2cm

Figura 5. Molino de bolas y sus elementos que lo componen

La cantidad de bolas utilizadas, la cantidad de ceniza introducida y el tiempo de molienda para la muestra se muestran en la (*Tabla 3*).

| Muestra | Numero de bolas | Cantidad de cenizas (g) | Tiempo molienda (min) |
|----------|-----------------|-------------------------|-----------------------|
| Tuxtepec | 30 | 150 | 15 |

Tabla 3. Parámetro para la molienda de cenizas

2.4.3 Dosificación de CBCA para las muestras

Con la finalidad de estudiar el comportamiento que tiene este desecho agro-industrial al ser utilizado para la elaboración de concreto. La ceniza de bagazo de caña de azúcar en esta ocasión va hacer utilizada como material base sustituyendo al cemento como material cementante. La manera en que se va implementar la dosificación, es por sustitución porcentual.

Los porcentajes utilizados de cenizas de bagazo de caña de azúcar son de 5%, 15%, 30% y 40% del peso del cemento, proporcionamiento de la mezcla de concreto se muestra en la (*Tabla 4*). Lo cual conlleva a la elaboración de cinco diferentes mezclas, las cuatro de los porcentajes de sustitución y una más la cual nos va servir de parámetro de comparación la cual se va a manejar sin ninguna modificación en sus componentes.

| Mezcla | Cal (%) | CBCA (%) | Nomenclatura |
|--------|---------|----------|-----------------|
| A | 0 | 100 | A(100CBCA) |
| B | 5 | 95 | B(95CAL/5CBCA) |
| C | 15 | 85 | C(90CAL/10CBCA) |
| D | 30 | 70 | D(85CAL/15CBCA) |
| E | 40 | 60 | E(80CAL/20CBCA) |

Tabla 4. Proporción de la mezcla de concreto.

2.4.4 Procedimiento y equipo

Todo el equipo utilizado y el procedimiento para la elaboración de mortero cumplen con lo establecido en la norma ASTM C109/C109M - 16a.

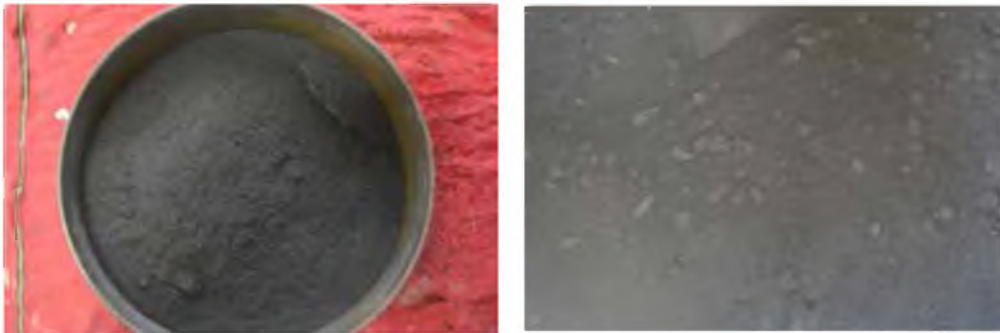
1. Amasado

El amasado consta de:

El amasado se llevo acabo en un recipiente en el cual se calcula que va ser suficiente para el contenido que este va a contener, las propiedades del recipiente pueden ser de cualquier

material, pero de preferencia que sea de acero inoxidable, vidrio o cerámica para no alterar la mezcla con posibles sustancias o propiedades de estos.

También utilizaremos una pala, agitador o algo que nos sirva como mezclador como ya antes mencionado puede ser de acero inoxidable, vidrio o cerámica. Este objeto que nos va a servir como mezclador debe tener dimensiones apropiadas. Esto nos ayudo a obtener una mezcla uniforme y un adecuado manejo del equipo que estemos empleando. El proceso de amasado se muestra en la (*Figura 6*).



A) Recipiente en el que se prepara la mezcla B) Mezcla preparada en estado seco

Figura 6. Proceso de amasado.

2. Moldes

Los moldes utilizados son de acero, con una dureza que cumple con lo especificado en la norma. Los moldes que se utilizaron para generar probetas de mortero de 50mm * 50mm * 50mm estos se muestran en la (*Figura 7*).



*Figura 7. Molde 5cm*5cm*5cm*

3. Elaboración de probetas

Para la creación de morteros de cenizas de bagazo de caña de azúcar, el método de amasado fue el siguiente:

1. Se añade el agua al recipiente amasador, posteriormente se añaden las cenizas previamente homogeneizado con la cal y se mezcla durante 30 segundos a velocidad lenta.

2. Durante los 30 segundos siguientes Se añade el árido agitando a velocidad de 30 rpm.
3. Se continua mezclando por 30 segundos más pero a velocidad rápida, para posteriormente dejar reposar la mezcla por 90 segundos, durante ese tiempo de reposo se raspan las paredes del recipiente, el mortero adherido, con una espátula de goma.
4. El amasado se finaliza con otros 60 segundos a velocidad rápida.

Una vez culminado con el amasado se procedió al relleno del molde y compactación de la mezcla. Para la compactación de la mezcla se realizó de manera manual aportando características semejantes a la de las compactadoras que se utilizan normalmente. El molde se relleno en dos etapas, en la primera se relleno homogéneamente hasta la mitad del molde y posteriormente se compacto la primera capa de mortero con 60 golpes. Se introdujo la segunda capa de mortero, esta se compacta de igual manera que la primera con 60 golpes.

Posteriormente se retiro con cuidado el exceso de mortero con una espátula metálica, se procedió a limpiar el molde con un trapo húmedo para eliminar todo el mortero que haya quedado durante el enrasado. Las probetas se desmoldaron a las 24 horas después del colado. Estas probetas fueron marcadas pesadas y colocadas bajo el agua y se mantuvieron húmedas hasta la edad de 7, 28 y 56 días que es la edad que la norma ASTM C 1585-04 (*Nor American Standard: ASTM C 1585-04 (2004) "Standard test method for measurement of rate of absorption of water"*) la edad escogida para su curado. Como se muestra en la (**Figura 8**).



Figura 8. Especímenes en proceso de curado

Posteriormente se fueron extrayendo las muestras que ya han sido clasificadas de acuerdo a las proporciones que las constituyen, una vez extraídas las muestras se toman datos como el peso y dimensiones. Esto hasta que cumplan con la edad para ser analizadas. Al analizar los resultados se llega a la conclusión que la muestra **D** es la que mejor se está comportando comparadas con las demás muestras como se puede observar en la (*Tabla 5*).

| Muestra | Proporción | Peso inicial | 7 días | 28 días | 56 días |
|---------|----------------|--------------|---------|---------|---------|
| A | (100CBCA) | 65.51g | 137.54g | 153.43g | 160.18g |
| B | (95CBCA/5CAL) | 70.23g | 140.12g | 168.63g | 177.10g |
| C | (85CBCA/15CAL) | 89.60g | 162.55g | 184.37g | 192.01g |
| D | (70CBCA/30CAL) | 90.04g | 159.76g | 182.31g | 190.21g |
| E | (60CBCA/40CAL) | 99.33g | 163.10g | 185.68g | 191.03g |

Tabla 5. Valores obtenidos de la prueba absorción capilar

2.4.5 Resistencia mecánica

Se llevaron a cabo ensayos para determinar la resistencia a compresión de las probetas de mortero fabricadas. Para la medida de la resistencia a la compresión se debe centrar cada probeta de manera lateral y longitudinal con relación a los platos de la máquina como se observa en la (*Figura 9*). Para cada edad de curado se ensayo 1 muestras.



Figura 9. Prueba de compresión

El valor de la resistencia a la compresión es la media de las probetas ensayadas. Los resultados obtenidos fueron comparados y analizados para determinar cuál de todas las muestras estudiadas, opone mayor resistencia a esta prueba y así poder determinar las proporciones a utilizar en el diseño de la mezcla principal. Se muestran en la (*Tabla 6*).

| Muestra | Proporción | 7 días | 28 días | 56 días |
|---------|---------------|---------|---------|---------|
| A | (100CBCA) | 80.310 | 95.563 | 117.029 |
| B | (95CAL/5CBCA) | 200.224 | 215.840 | 231.031 |

| | | | | |
|---|----------------|---------|---------|---------|
| C | (15CAL/85CBCA) | 341.129 | 381.531 | 401.067 |
| D | (30CAL/70CBCA) | 427.156 | 431.490 | 451.006 |
| E | (40CAL/60CBCA) | 323.045 | 389.098 | 402.90 |

Tabla 6. Valores obtenidos en la prueba a la compresión en kgf/cm^2

2.5 Elaboración de las probetas de ensayo

2.5.1 Dosificación de muestra

Las proporciones que se muestran en la (**Tabla 7**). Fueron utilizadas para el desarrollo de concreto a base de cenizas de bagazo de caña de azúcar.

| Materiales | Kg |
|------------|--------|
| Arena | 8 kg |
| Grava | 11 kg |
| Ceniza | 4.4 kg |
| Cal | 2.1 kg |

Tabla 7. Proporción de materiales para el desarrollo de concreto a base de (CBCA).

2.5.2 Preparación de los moldes de las probetas

Para la elaboración de las probetas de concreto. El ensayo se aplica a especímenes elaborados y curados de acuerdo con las normas ASTM C 31. (<http://www.imcyc.com/ct2006/junio06/PROBLEMAS.pdf>).

Estas normas nos rigen que el espécimen debe ser cilíndrico con las siguientes dimensiones deben constar con 15 cm de diámetro y 30 cm de alto como se muestra en la (**Figura 10**), estos se limpiaron de tal forma que se les retiraron los residuos para evitar contaminación del concreto, así como las imperfecciones que se puedan generar en las probetas.



Figura 10. Moldes para las probetas de 15 cm de ancho* 30 cm alto.

Continuando con la preparación de los moldes se le aplica una película de aceite en el interior del molde la cual su función es facilitar el desmolde de las probetas, el cual evita la adherencia del concreto y la lámina.

2.5.3 Elaboración de la mezcla y colado de las probetas

La elaboración de la mezcla de concreto se va a realizar con base a la norma NMX-C-159-ONNCCE-2004 (<http://www.imcyc.com/revistacyt/pdfs/problemas50.pdf>).

Con materiales previamente caracterizados y guardados en envases, para mantener las características iniciales de cada material, así tener un control de calidad de las mezcla.

Las herramientas con las que se contó para realizar la mezcla fue una revolvedora con capacidad para 50 Kg., con un motor eléctrico como se muestra en la (**Figura 11**), la cual facilita su utilización, realizando las mezclas de manera rápida.



Figura 11. Mezclador eléctrico de 50 kg

La elaboración de la mezcla se inició pesando los materiales a utilizar conforme a la proporción, se procedió a humedecer el interior de la revolvedora para evitar la alteración del contenido de agua para la mezcla, posteriormente se incorporaron los materiales a la revolvedora, se inició introduciendo una parte del agua total, después se incorporó la grava, arena, cenizas y

cal, entre cada incorporación se dejó unos minutos revolver para obtener la mezcla requerida. Las proporciones finales que se utilizaron para el desarrollo de concreto a base de cenizas de bagazo de caña de azúcar se muestran en la *(Tabla 8)*.

| Materiales | Kilogramo |
|------------|-----------|
| Arena | 4 |
| Grava | 15 |
| Ceniza | 4.4 |
| Cal | 2.1 |

Tabla 8. Proporción final para el desarrollo de concreto (CBCA).

2.5.4 Proceso de prueba de revenimiento

La prueba de revenimiento, tiene como finalidad de proporcionar el revenimiento de los concretos plásticos.

El procedimiento a llevar a cabo es:

1. Al momento que vaciamos la mezcla necesitamos mojar el molde y la placa base, que es donde se necesita una superficie rígida y no absorbente.
2. Apoyamos el molde firmemente sobre la base, presionando con ambos pies los estribos del molde. Durante el llenado del molde no se deben mover los pies de los estribos.
3. El molde fue llenado en tres capas de igual proporción, la primera capa se dejó a una profundidad de 7 cm, la segunda capa hasta los 16 cm, y la tercera capa se dejó hasta el borde superior del molde.
4. Se compactó cada capa en toda su profundidad llevado a cabo 25 penetraciones de la varilla, distribuyendo las penetraciones en toda la superficie de cada capa.
5. Posteriormente se compactó la segunda y tercera capa penetrando la capa anterior 25mm. Se penetró con la varilla desde cerca del perímetro y continuar progresivamente en forma de espiral hacia el centro del molde.

6. Cuando se compacto la última capa, se mantuvo el excedente de concreto sobre el molde antes de comenzar el varillado en caso que el concreto no es suficiente debemos detener el varillado y vaciamos una porción más de mezcla para mantener un exceso de concreto sobre el molde todo el tiempo.
7. Enrasamos el concreto, esto lo hacemos con la misma varilla de compactación, rodando sobre el borde superior del molde.
8. Debemos mantener el molde firme, removemos todo el concreto de alrededor del área circundante de la base del molde para prevenir la interferencia en el momento del asentamiento del concreto.
9. Si al momento que levantamos el cono se produce una falla se repite, y sea posible que el concreto no tenga la plasticidad necesaria o sea cohesiva para aplicar el ensayo de revenimiento.

2.5.5 Colado de las probetas

Para evitar segregación de los componentes de la mezcla, se depositó el concreto de la revolvedora en una charola limpia y húmeda, posteriormente se inició con el llenado de los moldes, siguiendo las especificaciones que se establecen en la norma ASTM C31 “elaboración y curado en obra de especímenes de concreto para pruebas de compresión”. Así como para las pruebas de caracterización de concreto fresco.

En total se realizaron 15 probetas cilíndricas de las 5 diferentes mezclas que se generaron con los porcentajes de CBCA.

El procedimiento que se llevó a cabo es de acuerdo a la norma y consiste en lo siguiente:

1. Se coloco el molde sobre una superficie horizontal, rígida, nivelada y alejada de posibles vibraciones.
2. se introdujo el concreto en el interior del molde, moviendo el cucharón en el rededor del molde para asegurar la distribución del concreto en el interior del cilindro, se pudo

notar una segregación mínima mientras se descarga el concreto.

3. Llenamos el molde en tres secciones de igual volumen. En la última capa, agregamos la cantidad de concreto suficiente para que el molde quede lleno una vez que se compacta. Se debe ajustar el sobrante o faltante de concreto con una porción de mezcla y a completar el número de golpes faltantes.
4. Compactamos cada capa con 25 penetraciones de la varillas usando la punta semiesférica, distribuyendo uniformemente las penetraciones.
5. Después de que compactamos cada capa, golpear los lados del molde ligeramente de 10 a 15 veces en el mazo para que liberemos las burbujas de aire que pueden quedar atrapadas.
6. Por último se debe enrasar el exceso de concreto con la varilla de compactación. Este proceso de colado de las probetas de ensayo se muestra en la (*Figura 12*).



Figura 12. Proceso del colado de probetas de ensayo en laboratorio

2.5.6 Curado de probetas

El curado se llevo a cabo para mantener el contenido de humedad y de temperaturas satisfactorias en concreto durante un periodo definido, con el propósito que se desarrollen las propiedades deseadas. Al mezclar cenizas de bagazo de caña de azúcar y cal, con el agua, se lleva a cabo la hidratación. El grado hasta el cual esta reacción se llegue a completar, la resistencia, durabilidad y la densidad del concreto tiene mucha influencia en estas características antes mencionadas.

El curado tiene como objetivo lo siguiente:

1. Evitar la pérdida de humedad.
2. Mantener una temperatura adecuada en el concreto durante un periodo definido.

Una vez coladas las probetas dejamos reposar durante un periodo de 24 horas para ser desmoldadas, e inmediatamente ser sumergidas en abundante agua, para así iniciar el proceso de curado por inmersión según la norma ASTM C31 “Procedimientos necesarios para preparar y curar probetas cilíndricas de concreto compactadas mediante varillado y que además contengan mezclas con agregado grueso de 2” como tamaño máximo.” Los cilindro permanecieron en inmersión en posición vertical.

2.6 Ensayo practicado a las probetas

2.6.1 Resistencia a la compresión

Las propiedades de las mezclas pueden estar diseñadas, para que cuenten una variedad de propiedades mecánicas, que cumplan con los requerimientos de la estructura. La resistencia a la compresión es una propiedad mecánica muy utilizada en materiales de construcción. Esta se mide a partir de carga de ruptura del concreto, tanto desde el punto de vista de durabilidad, como de la capacidad de resistencia mecánica dividida por el área de la sección que resiste a la carga.

Los resultados obtenidos de esta prueba de resistencia a partir de cilindros, son utilizados para llevar un control de calidad, aceptación del concreto y estimar la resistencia del concreto

en las estructuras; así como también para programar las operaciones de construcción, como la remoción de cimbras, evaluar convención de curado y protección que se suministrara a la estructura. Las probetas cilíndricas son sometidas a pruebas de acuerdo a lo que especifica la norma ASTM C39 “Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto”.

Las probetas deben cumplir con las siguientes especificaciones de aceptación deben tener las siguientes dimensiones de 6*12 pulgadas (150*300 mm), cuando así se especifique.

Consideraciones a tomar antes de la prueba:

Con la finalidad de conseguir una distribución uniforme de la carga, generalmente los cilindros deben ser cabeceados, con mortero de azufre como lo describe la norma ASTM C617, o con tapas de almohadillas de neopreno como lo estipula la norma ASTM C1231. Las cubiertas de azufre deben ser aplicadas como mínimo 2 horas antes de realizar la prueba, pero lo más recomendable es que sean 24 horas antes de realizar la prueba. Las almohadillas de neopreno no se recomienda utilizar este método en probetas con esfuerzos menores a los 1500 psi, y más altos que 12000 psi. El diámetro del cilindro debe ser medido en ángulos rectos entre sí a media altura de la probeta y promediar para calcular el área de la sección. Si los diámetros que se midieron se diferencian en más de un 2%, no se deben someter a prueba el cilindro.

Ambos extremos de las probetas no deben presentar desviaciones con respecto a la perpendicularidad del eje del cilindro en más de 0.05% y los extremos deben hallarse planos dentro de un margen de 0.05 mm.

- Los cilindros se deben centrar en la máquina de ensayo a la compresión y cargados hasta completar la ruptura.
- La resistencia del concreto se calcula dividiendo la máxima carga que fue soportada por la probeta para producir la fractura, entre el área promedio de toda la sección.
- Al momento que llevamos a cabo la prueba se debe tomar nota de la fecha en la que la probeta fue introducida en el laboratorio, fecha de la prueba, identificación de la

probeta, diámetro del cilindro, edad de las probetas, máxima carga aplicada, tipo de fractura y todos los defectos que se presenten en las probetas o sus tapas.

- El rango entre los cilindros compañeros del mismo conjunto y probado a la misma edad deberán ser en promedio de aproximadamente 2 a 3% de la resistencia promedio, como se muestra en la *(Figura 13)*.



2.6.2 Prueba de conductividad térmica

Para llevar a cabo el ensayo de conductividad térmica se requirió del equipo de laboratorio marca Anter, modelo DSC-25 como se muestra en la *(Figura 14)*.



Para llevar a cabo la realización de estas pruebas debemos realizar ciertos ajustes del equipo de laboratorio. Como la regulación de presión para la prensa, observar la temperatura de la parte inferior y parte superior de la prensa ya que una se encuentra fría y la otra es caliente. Una vez teniendo preparado el equipo procedemos a introducir la muestra y cerrar el cilindro que se hace por un sistema de imanes.

Posteriormente se obtienen los valores buscados para cada muestra.

2.6.3 Prueba de ultrasonido

Para que se llevaran a cabo estas pruebas es necesario la utilización de equipo de laboratorio, en este caso se utilizó el equipo Pundit Lab, marca Proceq el cual se puede apreciar en la *(Figura 15)*



Figura 15. Equipo para realizar la prueba ultrasonido

Para que se realizaran estas pruebas se utilizaron cilindros que se utilizaron para los ensayos de compresión. Estos resultados nos permiten determinar, que tan homogéneo es el material estudiado, esto se logra debido a que el equipo emite pulsaciones en su extremidad las cuales viajan a través del cilindro así genera onda y se puede llevar a cabo la medición.

De acuerdo a la descripción de la onda que se generó durante el viaje a través del cilindro y así determinar la porosidad del material como se puede apreciar en la *(Figura 16)*.



A) Ondas generadas

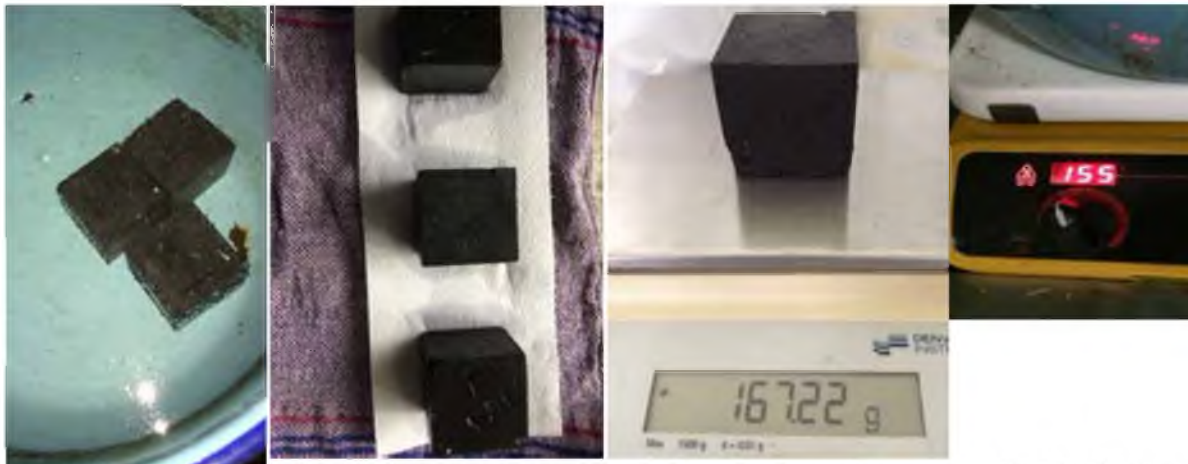
B) Medición de la velocidad de onda

Figura 16. Determinación de porosidad del material

2.6.4 Prueba de porosidad

En este ensayo se puede realizar con las probetas anteriores utilizadas en las pruebas anteriores.

Como se muestra en la (*Figura 17*). Se debe seguir el siguiente proceso:



A) Espécimen

B) Secado antes de pesar

C) Pesado de espécimen

D) Ebullición

Figura 17. Proceso a seguir para realizar la prueba de porosidad

- Se sumerge en agua totalmente durante 24 horas mínimo, al cabo dentro de las cuales se registra su peso saturado de agua.
- El paso siguiente es pesar el espécimen sumergido en agua. Este peso se determina con una balanza.

- Posteriormente se lleva a cabo el secado que es a 105°C aproximadamente hasta tener el peso constante del espécimen y se toma el registro de su peso.
- Una vez hecho lo anterior se procede a someter los especímenes en ebullición durante un periodo de 5 horas, se pretende que al calentar los especímenes los poros se dilaten y tengan una mayor absorción, posteriormente se dejan secar durante un periodo de 14 horas. Para finalizar registrando su peso.

2.6.5 Prueba de flexión

La prueba de flexión es una medida de la resistencia a la tracción del concreto. Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzado. Se mide mediante la aplicación de cargas a vigas de concreto de (150 mm x 150 mm), con una longitud de (500 mm).

Por lo general es mas conveniente y confiable el uso de la resistencia a compresión para determinar la calidad del concreto.

La sección de la probeta estudiada debe ser colocada sobre la prensa la cual tiene rodillos de forma transversal a la superficie de la probeta a estudiar, estos rodillos deben quedar a 25 mm de los laterales por la parte inferior de la probeta a estudiar, en la parte superior de la probeta se medirá del centro asía los laterales 75 mm de lado y lado quedando así la distancia que hay entre los cilindros superiores a la de la cara transversal. Como se muestra en la **(Figura 18)**.



A) Separación de los rodillos

B) Resistencia

C) Fractura

Figura 18. Prueba de flexión en probeta

Para obtener buenos resultados en esta prueba las probetas deben ser fabricadas correctamente. Al igual que no debe dejarse secar completamente deben de sumergirse en agua con cal durante 24 horas como mínimo antes de ser ensayadas.

3. Análisis de resultado

En este capítulo se analizarán los resultados obtenidos de las pruebas de ensayo que se le realizaron a la mezcla para evaluar sus propiedades físicas y mecánicas, así como su comportamiento.

3.0 Resistencia a la compresión simple

La manera en que se llevó a cabo esta prueba para analizar el comportamiento de la mezcla (CBCA) y cal, fue realizar una serie de pruebas que nos dé un criterio de la manera la cual está reaccionando las (CBCA) y cal. Esta prueba se llevó a cabo a la edad de 7, 28 y 56 días después de su realización, para esto se elaboraron 3 especímenes para las edades correspondientes.

Para la realización del ensayo de compresión simple se utilizaron 3 especímenes uno para cada edad como lo menciona la norma ASTM C39. Que nos plantea como calcular la resistencia a la compresión del espécimen se calcula dividiendo la carga máxima soportada durante la prueba entre el área de la sección transversal del cilindro. En la **(Tabla 9)**. se muestran los valores registrados por la prensa electrónica de los especímenes que se ensayaron para esta prueba de compresión simple, correspondientes a la edad de elaboración de los concretos.

| Mezcla de concreto | Nº de espécimen | Días de elaboración de los especímenes | | |
|---|-----------------|--|----|----|
| | | 7 | 14 | 56 |
| A1 95%CBCA 5% CAL 475g CBCA 25g CAL | 1 | 53 | 61 | 68 |
| | 2 | 58 | 69 | 75 |
| | 3 | 67 | 73 | 81 |
| B1 80%CBCA 20% CAL 400g CBCA 100g CAL | 1 | 62 | 67 | 71 |
| | 2 | 69 | 73 | 78 |
| | 3 | 74 | 79 | 84 |
| C1 70%CBCA 30% CAL 350g CBCA 150g CAL | 1 | 69 | 76 | 83 |
| | 2 | 75 | 81 | 89 |
| | 3 | 83 | 88 | 91 |

Tabla 9. Resultado obtenido de la prensa eléctrica en Kg/cm².

Como conclusión a los resultados obtenidos en esta prueba podemos determinar que la muestra C1 es la que mejor comportamiento tubo en comparación a las demás muestras, así podemos

asignar su uso al concreto y el cual nos cumple muy bien para ser utilizado como muros divisorios.

3.1 Conductividad térmica

Se obtuvieron muestras de cada una de las probetas que se tenían como muestras con proporciones distintas y determinar la conductividad térmica que aporte beneficios al material estudiado. En esta prueba se llevo acabo la medición de 3 materiales distintos los cuales se tomaron como referencia el la medición de las muestras que se ensayaron, como se muestra en la *(Tabla 10)*.

| Proporciones de las muestras | Coefficiente de conductividad W/mK |
|------------------------------|------------------------------------|
| A1 95%CBCA 5% CAL | 1.45 |
| B1 80%CBCA 20% CAL | 1.44 |
| C1 70%CBCA 30% CAL | 1.44 |

Tabla 10. Resultado obtenido de las muestras de conductividad térmica

3.2 Prueba de ultrasonido

Realizando esta prueba tuvimos como resultado los siguientes valores para cada una de las muestras ensayadas en la *(Tabla11)* se muestran los valores obtenidos.

| Muestras | Resultados obtenidos |
|-----------------------|--------------------------|
| A1 95%CBCA 5% CAL | 409.4 μ s 733m/s |
| B1 80%CBCA 20% CAL | 195.5 μ s 1535m/s |
| C1 70%CBCA 30% CAL | 35.1 μ s 2279m/s |

Tabla 11. Resultados de la prueba ultrasonido

Como podemos observar en la tabla16 nos damos cuenta que el valor obtenido de la muestra C1 (70%CBCA 30% CAL) que fue el que mejor se comportó y se puede apreciar que es la que mejor se comportó en cuanto el viaje de la onda que fue más rápido a las demás muestras esto nos dice que hay menor porosidad interna y por lo tanto tiene mayor porosidad, dándonos así más dureza en el material.

3.3 Prueba de porosidad

Esta prueba se define como la facilidad con la cual los líquidos o gases pueden transportarse a través de un cuerpo (concreto). En la siguiente (**Tabla 12**) se muestran los resultados de porosidad en todas sus etapas, registrados de las muestras estudiadas. Esto se llevo acabo ala edad de 28 días de la realización de las muestras.

| Muestra | Peso seco (g) | Peso húmedo (g) | Ebullición (g) | Suspensión (g) |
|-----------------------|---------------|-----------------|----------------|----------------|
| A1 95%CBCA 5% CAL | 89.60 | 164.55 | 150.38 | 49.36 |
| B1 80%CBCA 20% CAL | 99.34 | 163.10 | 143.67 | 47.33 |
| C1 70%CBCA 30% CAL | 90.04 | 159.76 | 126.81 | 45.01 |

Tabla 12. Valores obtenidos en la prueba de porosidad

El concreto que manifiesta un mejor comportamiento en esta propiedad es el C1(70% CBCA, 30%CAL), el cual presento menor porcentaje de porosidad después de la inmersión. Mientras que el concreto que presento mayor porcentaje de porosidad fue el de la muestra A1 debido a que presenta mayor numero de partículas de gas y aire permitiendo así absorber mayor cantidad de humedad en su conformación.

3.4 Prueba de flexión

Esta prueba se lleva acabo para observar la capacidad del concreto simple a flexión se evalúa por medio del ensayo de vigas, durante este ensayo el concreto se ve sometido tanto a compresión como a tensión. Esto es representado por el módulo de ruptura, y este es esencial en el diseño de lozas, pisos y pavimentos de concreto. En la siguiente (**Tabla 13**) se muestran los resultados obtenidos en la prueba de flexión en nuestro material ensayado.

| Muestra | Flexión |
|----------------------|-----------------------|
| A1 95%CBCA 5% CAL | 7.3kg/cm ² |

| | |
|------------------------------|------------------------|
| <i>B1</i> 80%CBCA 20% CAL | 11.7kg/cm ² |
| <i>C1</i> 70%CBCA 30% CAL | 18.1kg/cm ² |

Tabla 13. Resultados de flexión

Como se puede observar en la tabla anterior estas pruebas nos ayudad a determinar y a economizar en el caso de concretos armados la utilización de acero sea el óptimo sabiendo la capacidad de flexión del concreto a utilizar.

Podemos determinar que con respecto a la NORMA MEXICANA NMX-C-404-ONNCCE-2012 PIEZAS PARA USO ESTRUCTURAL, los resultados obtenidos en estas pruebas realizadas han sido muy inferiores a las que nos plantea la norma antes mencionada por tanto podemos determinar que el uso de este bloque no es acto para su uso en estructuras. Sin embargo puede ser utilizado como material decorativo y muros divisorios.

CAPÍTULO IV

4. Diseño y desarrollo del bloque

4.0 Diseño del bloque

En la actualidad son utilizados diversos sistemas constructivos, esto se lleva a cabo para agilizar el proceso de edificación, obteniendo con esto grandes beneficios, en cuanto a la utilización de materiales que nos brindan características distintas, aportando propiedades que benefician las condiciones del material para así brindar confort en los espacios construidos con dichos materiales, así como la optimización de tiempo en la industria de la construcción.

Debido a esto se pretende diseñar un bloque que tenga características similares a los prefabricados, que sea de fácil instalación, fácil de transportar y que cumpla con las estándares de seguridad según lo estipulan las normas de construcción.

Por tanto se elaboraron propuestas de diseño que cumplieran con las características anteriores, se presentaran a continuación las propuestas que se analizaron.

4.1 Metodología de diseño

La metodología que se implementó para llevar a cabo el desarrollo del bloque fue la de Hans Gugelot método usado en la escuela Ulm. Este método está constituido por etapas las cuales son las siguientes:

- a. De información. Recolección de información
- b. De investigación. Necesidades del usuario, contexto, funcionalidad, requerimientos.
- c. De diseño. Estudio tipo-lógico, apoyo en conocimientos científicos.
- d. De decisión. Estudios de costo/beneficios, estudio tecnológico fundamental.
- e. De cálculo. Ajuste del diseño a las normas y estándares de materiales y producción.
- f. Construcción del prototipo. Pruebas y evaluación.

4.1.1 Información

En este apartado se dio a la tarea de hacer una investigación preliminar de los distintos bloques o especímenes existentes en el mercado observando características y propiedades que aportan cada uno de ellos. Con este estudio se descartara la elaboración de un producto en existencia.

Existen en el mercado los siguientes especímenes:

Bloque: Es un componente de forma prismática, que se obtiene por moldeo del concreto y/o de otros materiales, puede ser macizo o hueco.

Celda: Son los espacios vacíos que se dejan en el interior de los bloques o tabiques, con el fin de aligerarlos.

Celosías: Es un componente de forma prismática hueca cuyo uso principal es decorativo.

Tabicón: Es un componente de forma prismática fabricado de concreto u otros materiales.

Tabique (ladrillo): Es un componente de forma prismática, fabricado con arcillas comprimidas o extruidas, mediante un proceso de cocción o de otros materiales con procesos diferentes.

En la (**Tabla 14**). Se muestra la clasificación de los bloque, tabique y tabicón, acuerdo a los materiales utilizados para su construcción.

| Tipo de pieza | | Materiales | Forma |
|---|--------|---|------------------------|
| Bloque | Macizo | Grava - Cemento Arena - Cemento Barro extruido Arcilla recocida Otros | Rectangulares Otras |
| | Hueco | | |
| Tabique macizo (Ladrillo) hueco y multiperforado | | Silicio calcáreo Barro extruido Arcilla recocida Otros | Rectangulares Otras |
| Tabicon | | Grava - Cemento Arena - Cemento Tepojal - Cemento Otros | Rectangulares Otras |

Tabla 14. Clasificación de acuerdo a los materiales utilizados para su construcción.

En la siguiente (**Tabla 15**). Su clasificación es según la norma NMX-C-441-ONNCCE-2005

| Pieza cm | Peso Kg | Consistencia a la compresión | Absorción |
|----------|---------|-------------------------------------|-------------------|
| 10*20*40 | 11.3 | <i>Minima 35 kgf/cm²</i> | <i>Maxima 25%</i> |
| 12*20*40 | 12.4 | | |
| 15*20*40 | 15.5 | | |
| 20*20*40 | 16.9 | | |

Tabla 15. Clasificación de acuerdo a la norma NMX-C-441-ONNCE-2005.

4.1.2 Investigación

Necesidades del usuario

Se dio a la tarea de ver las necesidades del usuario, y una de ellas es la economía de la materia base para edificar, con el paso de los años se ha ido incrementando su costo, debido a que en el mercado no existen variedad de productos para poder elegir. Sin embargo se está tratando de que exista esa posibilidad para los usuarios dentro del ramo de la construcción.

Contexto

En la región cuenca del Papaloapan la mayoría de las construcciones son edificadas a base de ladrillos de cemento, para los cuales existen formas muy peculiares en sus características físicas, esto sucede debido a que en la región son fáciles de producir, tratando de economizar el costo de las edificaciones. Sin embargo se está trabajando en el desarrollo de un block que rompa con las características presentadas por los que se ofrecen el mercado, minimizando el costo de producción, así como optimizando tiempo de edificación, se estima ahorro en la compra de material cementante para el pegado de ladrillos convencionales, haciendo del nuevo producto formas que simplemente sean ensambladas entre sí.

Funcionalidad

En un determinado momento el bloque cumplirá con las necesidades del usuario, en este caso la función primordial es ofrecer un producto que facilite un sistema constructivo, teniendo como principal objetivo es realizar espacios habitables, que ayuden a los usuario mejorar su calidad de vida.

Requerimiento

Los requerimientos para este bloque son:

Poseer el tamaño adecuado para facilitar al cliente su utilización en las edificaciones que se lleven a cabo. Contar con los materiales necesarios para que sea un bloque sólido y tenga una consistencia uniforme, para proteger la seguridad de los usuarios.

Los sistemas de pegado deben ser rápidos y sencillos y a la vez que protejan la integridad física del usuario.

4.1.3 Diseño

De acuerdo con la investigación previa de los productos existentes en el mercado y las necesidades del usuario, se desarrollaron propuestas para cubrir estas necesidades a las cuales se muestra el proceso previo que se llevó a cabo para la elaboración del producto.

La sustitución de materiales es una opción muy viable para disminuir el costo del producto es por eso que se optó por sustituir el cemento por desechos agro-industriales como material cementante, debido a que en la región se desechan grandes cantidades de estos, que hasta el momento no se están aprovechando. Esto sería una alternativa, para regularizar los precios en el mercado.

El buen uso de los materiales, hacen que el cliente sea llamado a comprar, bien sea por los beneficios que esté presente o por la calidad que el material presenta.

El bloque está constituido por un 17% de desechos agro-industriales, con un 8% de cal como material de enlace, el 44% de agregado fino y un 32% de agregado grueso que conforman la mezcla homogénea del compuesto.

Una vez desarrollada la propuesta final se dimensiono el bloque en cuanto espesor, altura y base. Adaptándose a lo que estipula la norma ASTM C N que clasifica los bloques de acuerdo a sus dimensiones y formas.

4.1.4 Toma de decisiones

Análisis de costo /beneficio

El análisis de costo beneficio se determinara de acuerdo al costo que conlleva la producción de un espécimen existente en el mercado y un espécimen propuesto por la investigación que se está desarrollando tomando en cuenta el costo de la materia prima utilizada en ambos productos las (*Tablas 16*) y (*Tabla 17*) nos muestra los costos.

| Materia Prima | Unidad | Precio Unitario | Porción | Costo Total |
|---------------|-----------|-----------------|---------|-------------|
| Agua | Litro | \$ 0.025 | 1 | \$ 0.025 |
| Arena | Kilogramo | \$ 0.17 | 6 | \$ 1.02 |
| Cenizas | Kilogramo | \$ 0.015 | 3 | \$ 0.045 |
| Cal hidra | Kilogramo | \$ 2 | 1.5 | \$ 3 |
| Mano de obra | Peón | 2 | 2 | \$ 4 |
| | | | Total | \$ 8.31 |

Tabla 16. Costo del bloque que se esta produciendo.

| Materia Prima | Unidad | Precio Unitario | Porción | Costo Total |
|---------------|-----------|-----------------|---------|-------------|
| Agua | Litro | \$ 0.025 | 2 | \$ 0.025 |
| Arena | Kilogramo | \$ 0.17 | 6 | \$ 1.02 |
| Cenizas | Kilogramo | \$ 0.015 | 3 | \$ 0.045 |
| Cal hidra | Kilogramo | \$ 3 | 2 | \$ 6 |
| Mano de obra | Peón | 2 | 2 | \$ 4 |
| | | | Total | \$ 11.09 |

Tabla 17. Costo del bloque que esta en el mercado.

El costo de producción de este producto para poner al mercado seria de un precio final de 9 pesos por pieza debido a que aún no incluye costo de transporte.

Los beneficios obtenidos con la elaboración de este producto son muchas debido a que de acuerdo el producto se dé a conocer en el mercado, así como los beneficios que estos aportaran a la industria de la construcción

En este apartado se llevó a cabo un estudio técnico el cual consiste en analizar detalladamente el mercado y las fuentes de materia prima, es necesario determinar la localización de la industria tomando en cuenta los costó de transporte, el peso de los materiales, así como el volumen de

los materiales, ya que normalmente se aplica tarifa para uno u otro determinando cual resulte más económico.

Se debe tomar en cuenta la mano de obra si es mano de obra calificada o especializada. Para esto se debe determinar cuantitativa-mente y cualitativa-mente los diversos tipos de mano de obra en la elaboración del producto. Determinar los salarios para el personal.

La infraestructura mínima necesaria para la elaboración del producto, como lo es suministro de agua, disponibilidad de energía eléctrica y servicios públicos.

Para la inicialización de este proyecto es necesario un espacio de 4 mts x 8.50 mts un área total de 34 m², los cuales están distribuidos en bodega de materia prima (cenizas, arena y cal), área de prensado y el área de almacenamiento de producto terminado.

Este espacio debe estar acondicionado con ventilación, energía eléctrica, toma de agua potable a la red municipal y sanitario.

Las condiciones iniciales en las cuales se empezara la elaboración de este producto, se iniciara con un total de 7 m³ de cenizas, 7 m³ de arena de río, 7 m³ de grava y 1700 kg de cal hidra. Así como agua de la red potable como principales componentes de la mezcla en la (**Tabla 18**) se muestran los costos de la materia prima.

| Descripción | Costo |
|---------------------|-------|
| Viaje de arena | 1600 |
| Viaje de grava | 1500 |
| Viaje de cenizas | 600 |
| Tonelada 1/2 de cal | 2700 |
| Total | 6400 |

Tabla 18. Costo de materias primas

La utilización de toda esta materia prima se obtiene la producción de 2085 unidades teniendo un costo de producción de 6.31 c/u dada las circunstancias estos bloques son puestos al mercado con un costo de 9 pesos.

Sabiendo así que el costo son 13,156.35/18,765 obteniendo así ganancias de 5608.65 pesos.

4.1.5 Cálculo

Esta es la etapa donde se debe ajustar el diseño de acuerdo a norma y estándares de producción es por eso que se debe dimensionar el bloque en cada elemento que lo constituye, así como definir la forma y funcionalidad que este debe cumplir.

El diseño se ajustó de acuerdo a la norma NMX-C-441-ONNCCE-2005 que nos especifica las dimensiones y características con las que deben cumplir los bloques de concreto. Es por eso que se decidió tomar las siguientes medidas en nuestro bloque. Si bien su tamaño es mayor a los del ladrillo común sus dimensiones permiten su fácil transporte, almacenaje, manipuleo y colocación, esto de forma manual y sin auxilio de equipos o instalaciones especiales.

Así, las medidas nominales del bloque son 15 x 20 x 30, o sea 15 cm de ancho, 20 cm de alto y 30 cm de longitud. Estas medidas están formadas por sus medidas reales, 14 x 19 x 29, más los semianchos de sus juntas, sin embargo en este caso no llevara juntas es por eso que se hicieron con medidas nominales.

El bloque de 20 x 15 x 30 se emplea común mente en paredes exteriores y de carga de las viviendas. El espesor de 15 cm de una pared.

Los agujeros de los bloques corresponden verticalmente a la mampostería, de hilada en hilada, lo que da lugar a la formación de conductos que son usados con distintas finalidades, en algunos casos son utilizados para la formación de columnas resistentes, introduciendo en ellos armadura y luego re-llenándolos con hormigón. Aunque también son utilizados para la instalación de cañerías, o bien se les rellena con material térmico y así mejorar el aislamiento de las paredes.

Este bloque se fabrica con moldes, lo que nos asegura la constancia de sus dimensiones; el hecho de estar producido de forma industrial, facilita el control de la calidad y uniformidad de las mezclas empleadas y la realización de ensayos de resistencia del producto terminando antes de incorporarlo a obra.

Existe una gran variedad de equipos para la fabricación de bloques, desde aquellos de muy alta tecnología y gran producción, hasta moldes manuales de micro producción. Que es la cual se utilizó para la elaboración de este bloque porque son muy fáciles de instalar en la planta de fabricación, desde las cuales se distribuye el producto a las obras; al igual que también es factible instalar estos equipos en las mismas obras de construcción.

La normalización de los materiales, se deben tomar en cuenta su procedencia, toma de muestras representativas de los materiales a utilizar, condición básica que deben tener los aglomerantes antes de utilizar es que no deben formar grumos, ni piedras, ni deben estar húmedos, si no que total mente secos y en forma de polvo.

Se debe evitar arena de grano duro y anguloso libre de arcilla, limo, u otros materiales orgánicos mayor al 1%. Los bloques deben ser de estructura compacta, de forma uniforme, de grietas y bordes despostillados.

4.1.6 Construcción del prototipo

Se realizó todo el proceso de diseño y de investigación para la elaboración de este producto y se han determinado todos los parámetros a seguir para la realización del prototipo final. Para la elaboración del prototipo se deben seguir una serie de pasos.

1. Proceso de diseño.
2. Modelado en 3D.
3. Elaboración de maqueta para observar la apariencia, forma y funcionalidad.
4. Fabricación del molde en el cual debemos vaciar la mezcla.
5. Caracterizar los materiales y determinar las proporciones.
6. Elaboración de la mezcla.
7. Prensar el molde con la mezcla en su interior y obtener la consistencia deseada
8. Desmoldado.

Para el desarrollo del prototipo se siguió el orden anteriormente mencionado.

1. Proceso de diseño

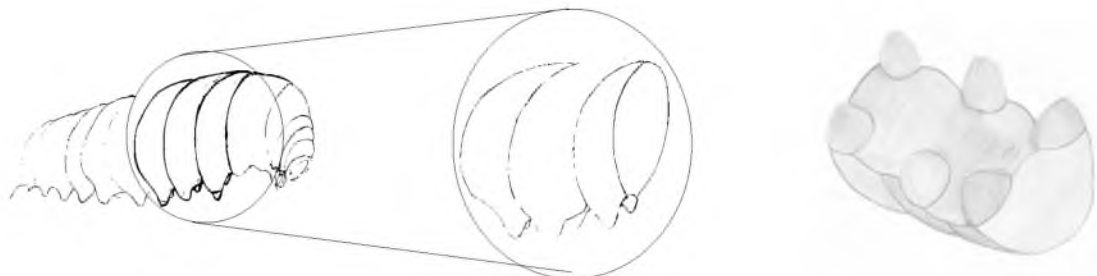
Las propuestas de diseño para la realización de este bloque fueron inspiradas en la naturaleza, donde existen diversidad de formas, mecanismos y funcionalidades, en este caso mi diseño final fue inspirado en una oruga que es una larva de lepidóptero (insecto), es decir mariposas como se muestra en la **(Figura 19)**. Por eso las orugas no tienen un nombre científico propio, sino que adoptan el nombre científico de la mariposa en la cual se convertirá. (<http://brainly.lat/tarea/51646>).



Figura 19. Oruga larva de lepidoptero ⁶

⁶ <http://kacri.com/2016/03/conoce-el-mundo-de-una-oruga/>

En el proceso de diseño es el apartado en el cual hay una transformación, que bien puede ser en forma o función. Este proceso puede abarcar la investigación, así como su desarrollo, formando parte de un proceso creativo. Este proceso es interactivo, el usuario da nueva información, descubriendo así formas para mejorar los diseños, reduciendo costo y mejorando su calidad. Se elaboraron dibujos para desarrollar el proceso creativo como se muestra en las **(Figura 20)**.



A) Inicio de proceso creativo B) Abstracción un segmento C) Parte inferior de la oruga

Figura 20. Proceso de desarrollo creativo

Tomando en cuenta la forma y los elementos que nos aporta la sección que tomamos de la oruga, se estudió la manera de ensamblar dos partes totalmente diferentes una cara plana y otra con posibles protuberancias como se muestran en las siguiente (**Figura 21**).

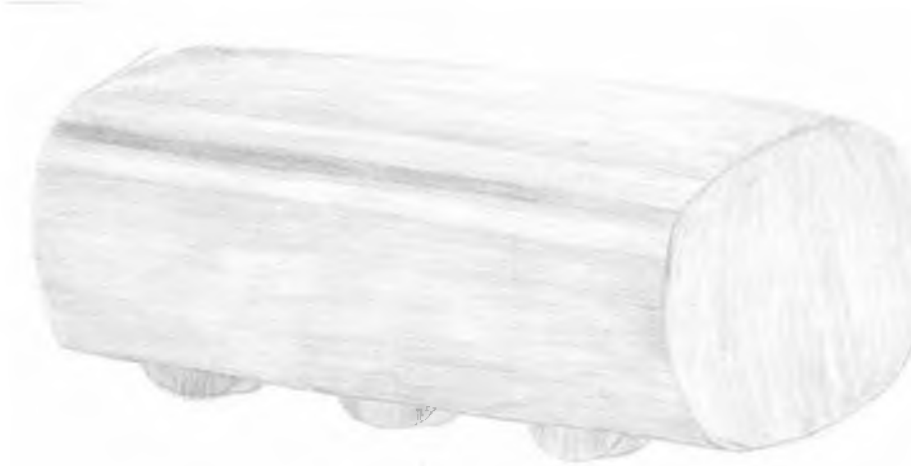
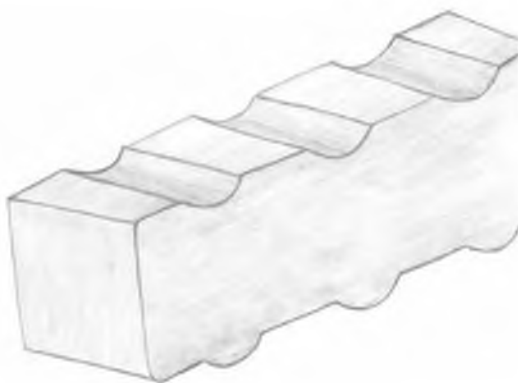


Figura 21. Sección a estudiar con partes diferentes

Se plantearon posibles propuestas de bloque, sin embargo analizando la forma no lográbamos encontrar una manera consistente de ensamblar las piezas es por eso que se optó por seguir buscando distintas formas que cumplan con una de las características principales de nuestro bloque, las curvas no nos proporcionan estabilidad de sujeción entre piezas como se muestran en la (**Figura 22**).



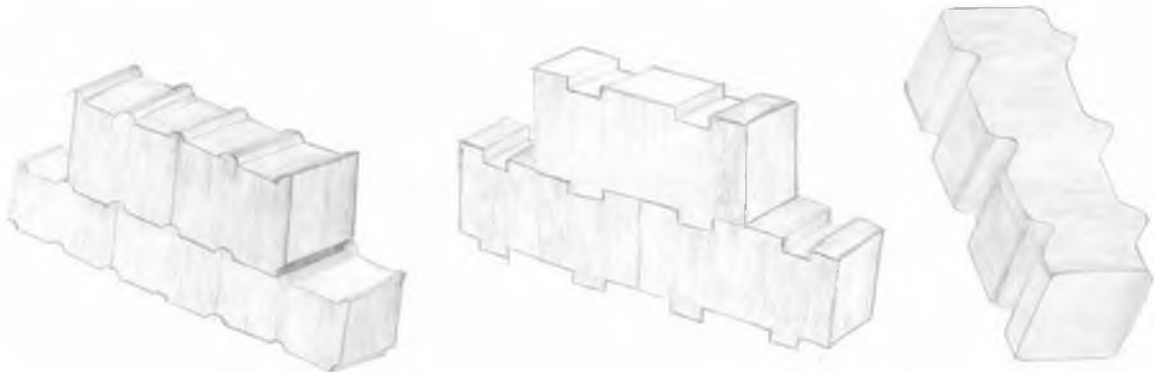
A) Desarrollo de propuesta de ensamble



B) Otras propuestas de ensamble

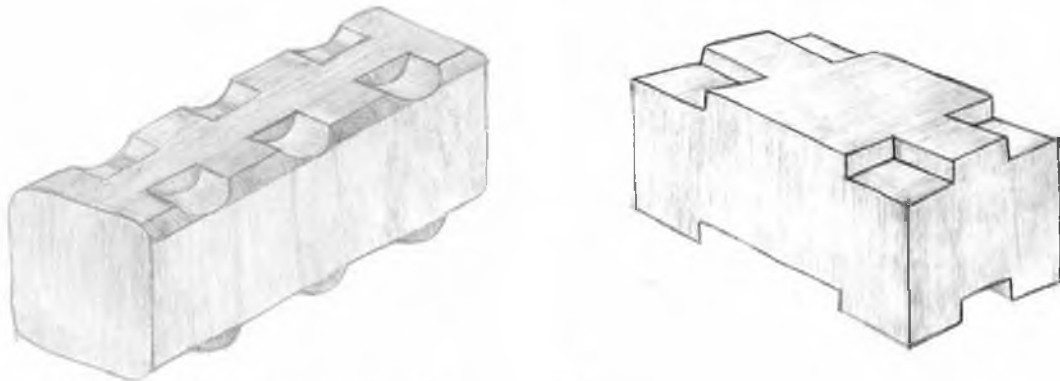
Figura 22. Propuestas de bloques y sus posibles formas de ensamble

Es así que seguimos buscando nuevas propuestas que nos permitieran ensamblar rápidamente y obtener mayor estabilidad entre piezas se hicieron una serie de propuestas más, sin embargo, ninguna de ellas parecía viable para su elaboración por la forma en que se buscaba que ensamblara entre piezas de manera fácil y sin junta constructiva y estas no cumplen con lo que se requiere como se puede apreciar en la **(Figura 23)**.



A) Ensamble con medios círculos B) Ensamble rectangulares C) Ensamble angular
Figura 23. Proceso creativo para determinar ensamblado entre piezas

Es por eso que se procedió a realizar bocetos intentando utilizar en esta ocasión cavidades para obtener mayor sujeción entre piezas como se muestra en las siguiente **(Figura24)**.



A) Ensamble de forma circular B) Ensamble hembra macho de forma recta
Figura 24. Posibles formas de ensamblado entre las piezas

Teniendo una posible solución para encontrar estabilidad entre piezas con las cavidades que se propusieron, nos dimos a la tarea de encontrar la manera de ensamblar las piezas de manera eficaz y eficiente obteniendo como resultado la siguiente forma que podemos observar en la **(Figura25)**.

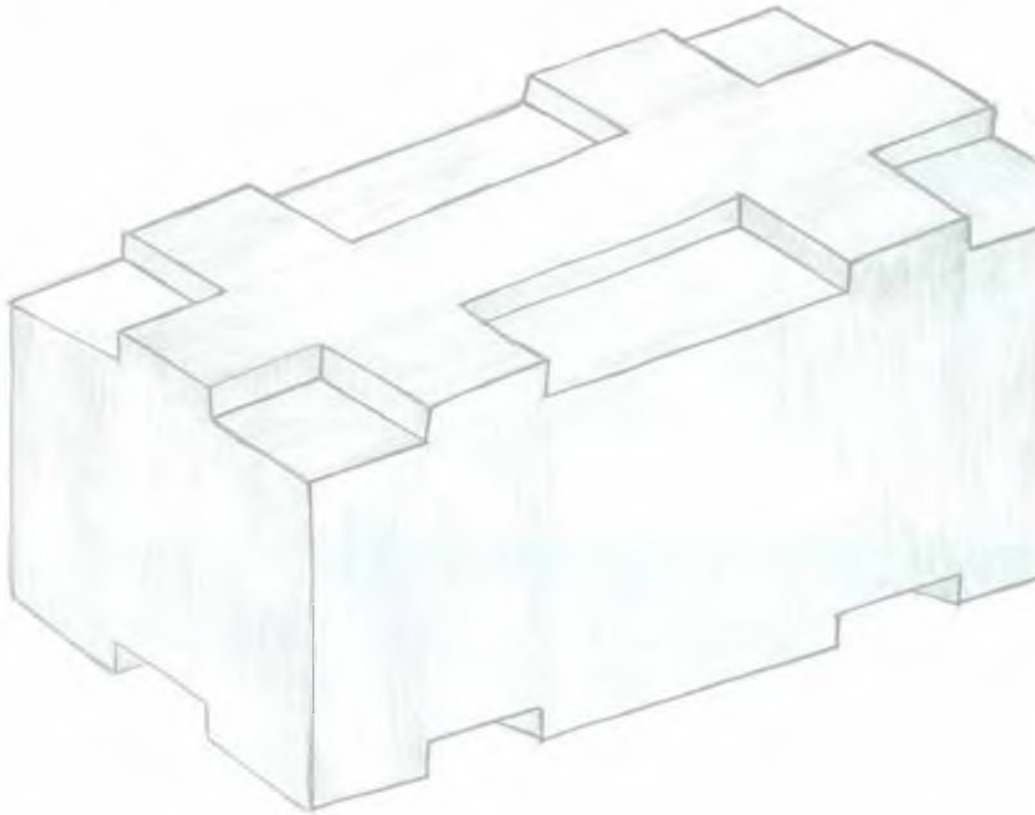


Figura 25. Diseño de ensamblado y forma de pieza definidos

Encontramos la forma ideal de ensamblar las piezas sin embargo haciéndole observaciones a nuestro prototipo descubrimos pequeñas anomalías que pudieran presentarse durante su elaboración en cuanto al desmoldado del producto final, estas pequeñas anomalías que pudieran presentarse son la posible ruptura en los bordes debido a que son muy rectos es posible que se presentaran imperfecciones. Buscamos la solución a ese posible problema, decidimos hacer pequeñas ondulaciones en los bordes para cuando se desmolde el producto final no tengamos problemas de imperfecciones o ruptura del producto final en la **(Figura 26)** se observa las pequeñas modificaciones que se realizaron. Teniendo resuelto los puntos anteriores se llegó a la conclusión que el prototipo sería muy pesado, es por eso que se optó por hacerle pequeños orificios en su interior para aligerar el peso del bloque; así como también estos orificios pueden llegar a ser utilizados para introducir los conductos de agua y luz.

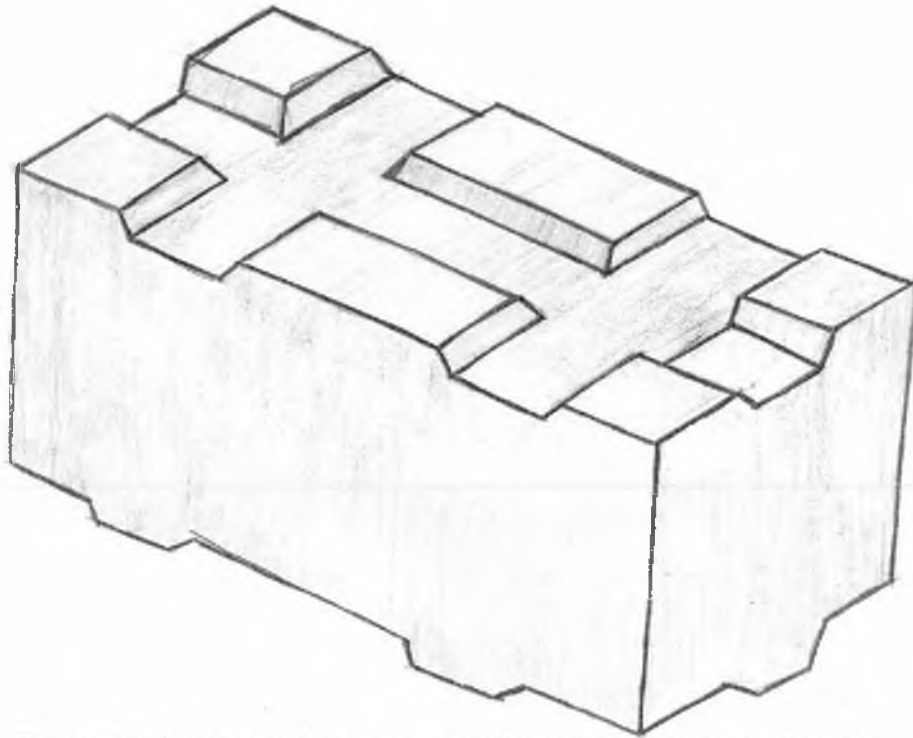


Figura 26. Ajustes al diseño agregando ondulaciones en los bordes

En la siguiente (**Figura 27**) se observa cómo quedaría el producto final con sus dimensiones y los orificios que se realizaron.

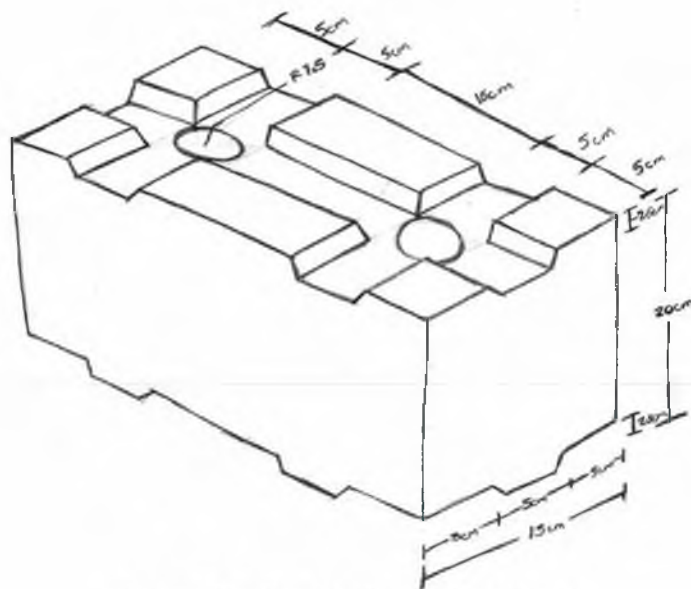


Figura 27. Diseño de producto final

2. Modelado en 3D

En esta parte del proceso se llevó a cabo la proyección del producto final, con el uso de software especializado en el modelado en 3D como lo es el SOLIDWORKS y su gama de herramientas que nos facilitan el proceso de visualización de los productos antes de su elaboración, así como nos permite analizar ciertas características que posiblemente nos afecten en su elaboración, distribución y uso que le va a dar el consumidor final. En la **(Figura 28)** se muestra el modelado en 3D del producto final.

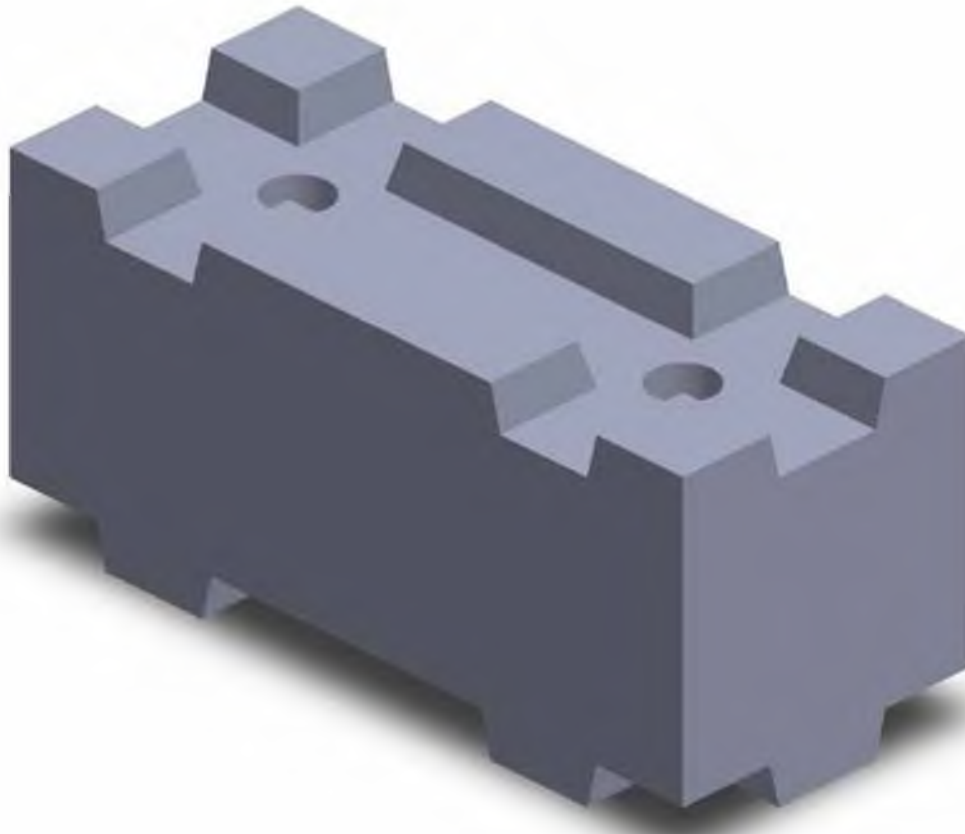


Figura 28. Modelado 3D

A continuación, se muestran las dimensiones del bloque, su dimensión total en toda su longitud es de 350mm, su espesor es de 150mm y una altura de 200mm. Agregando algunas medidas informativas de sus caras superior e inferior, así como los orificios que componen este bloque como se muestra en la siguiente **(Figura 29)**.

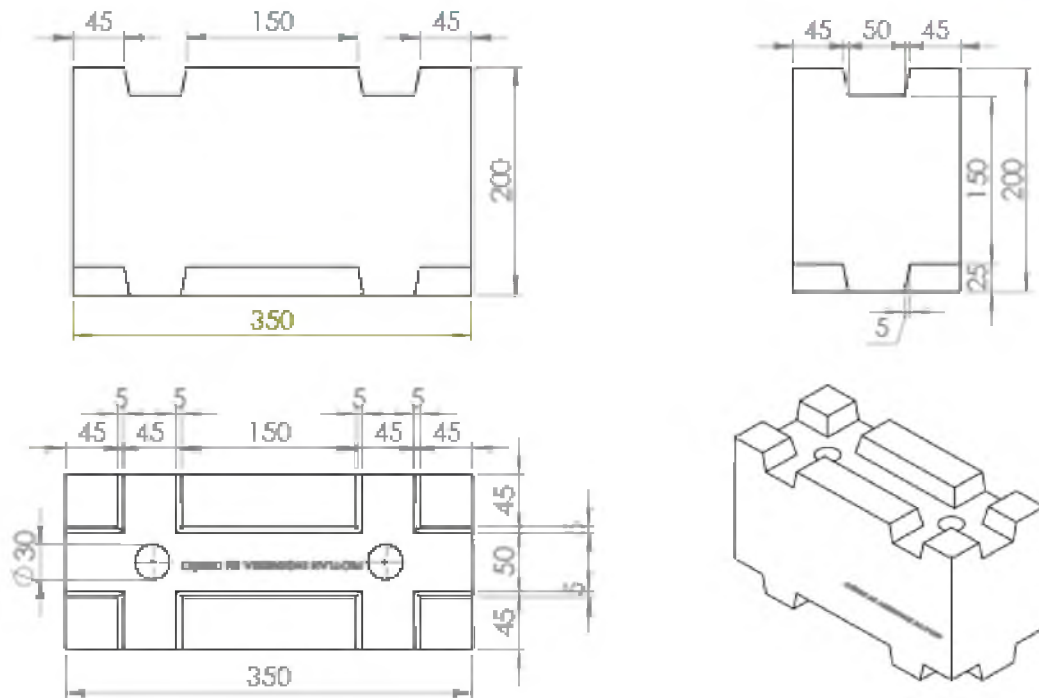


Figura 29. Dimensiones del bloque

3. Elaboración de maqueta

Teniendo dimensiones establecidas y un modelado en 3D digital del bloque, se decidió llevar a cabo un maquetado del bloque como se muestra en la (**Figura 30**), para observar sus características físicamente y descartar cualquier posible falla en el diseño en el ensamblado de las piezas uno con otro al momento de llevar a cabo su colocación final en obra.



A) Maqueta del bloque vista superior



B) Maqueta del bloque vista 3/4 de perfil

Figura 30. Maquetado de prototipo

4. Fabricación del molde

Para la fabricación del molde a utilizar en la fabricación de nuestro bloque nos dimos a la tarea de informarnos, acerca de los posibles materiales a utilizar para su elaboración, en nuestro caso analizar que nos salía más económico que beneficios tendríamos de cada uno de ellos, así que nuestra elección fue madera, debido a que se facilita su manipulación, al igual que nos encontramos en una zona rica en maderas y por lo tanto es económica. Lo primero que hicimos para elaborar nuestro molde fue dimensionar de manera correcta nuestro prototipo, posteriormente dimensionamos la madera a utilizar como se aprecia en la **(Figura 31)**.



A) Medición de piezas

B) Trazo de las piezas

C) Cuadratura para los cortes

Figura 31. Trazo y dimensionamiento de la madera.

Una vez teniendo trazadas y cuadradas las piezas procedemos a realizar los cortes correspondientes a cada pieza con las herramientas adecuadas para realizar los cortes con precisión y no existan errores en los cortes como se muestra en la **(Figura 32)**, realizando de manera correcta nos ayudara a tener un ensamblado perfecto, evitando tener imperfecciones en el modelado final del bloque a elaborar ya con la el diseño de la mezcla que se utilizara para su elaboración.



A) Cepillado de piezas



B) Corte de las piezas

Figura 32. Corte de las piezas

Tenemos lista nuestra madera procedimos a ensamblar el molde como se muestra en la **(Figura 33)**.



Figura 33. Ensamble de molde

Por último, se llevó a cabo la realización de las caras que sellaran el molde, encargadas de dar forma al prototipo, así como encargadas de contener toda la presión ejercida por la preense en la elaboración del bloque. Las tapas se realizaron como se muestra en la **(Figura 34)**.

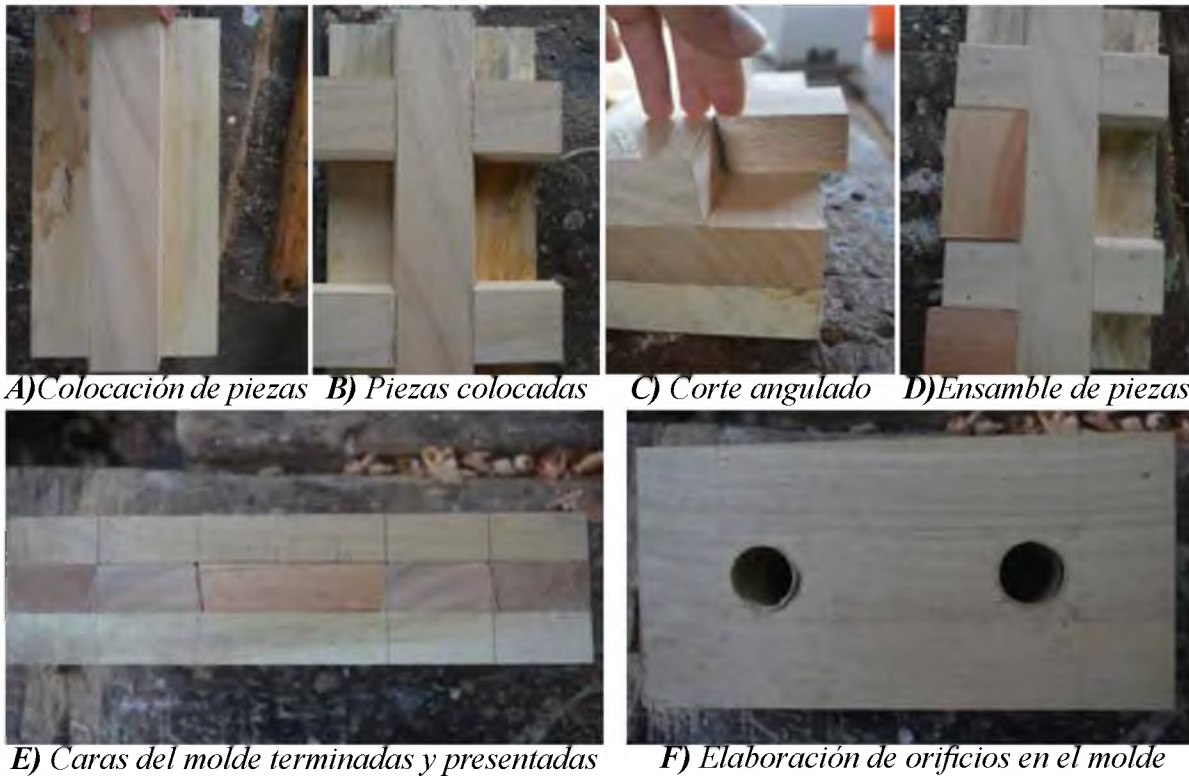


Figura 34. Elaboración de tapas

5. Caracterización de los materiales

Tomando en cuenta que ya tenemos elaborado el molde para llevar a cabo la elaboración de nuestro prototipo, así como también tenemos el diseño de la mezcla, nos resta llevar a cabo la caracterización de cada material y sus debidas proporciones que ya fueron determinadas por los ensayos anteriores. Procedemos a pesar cada uno de los materiales que componen la mezcla con una báscula de laboratorio con capacidad para 50kg como se aprecia en la (Figura 35).





D) Porción de cenizas que constituyen la mezcla

Figura 35. Caracterización y dosificación de los elementos que constituyen la mezcla

6. Elaboración de la mezcla.

En cuanto tenemos preparado los elementos a utilizar para el proceso de mezclado llevamos a cabo la composición de la mezcla en una revolvedora de motor eléctrico con una capacidad de 50kg, en este proceso empezamos por vaciar arena en el interior de la revolvedora, posteriormente introducimos las cenizas dejando por un tiempo considerable para que se homogeneizara la composición, una vez mezclado correctamente procedemos a vaciar la cal, de igual manera esperamos a que se lleve a cabo la combinación de elementos, si se generan pequeñas volitas de cal y cenizas hay que deshacer y poner en marcha la revolvedora, para que por ultimo agreguemos grava y agua en la (*Figura 36*) se puede observar el proceso.



A) Mezclado de cenizas y cal

B) Agregado de grava

C) Agregado de agua

Figura 36. Proceso de mezclado.

Y esperamos a que se mezcle con los demás elementos por un tiempo considerable. Para el tiempo de mezclado no hay un estimado esto es visual.

7. Prensado

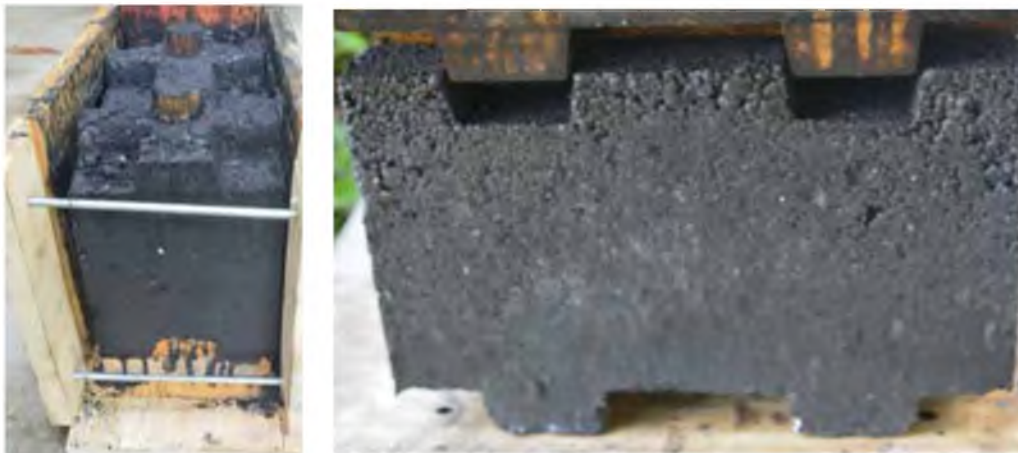
Teniendo preparado la mezcla y listo el molde para ser utilizado es momento de que untemos aceite o cualquier otro producto que cumpla con la función de desmoldante, posteriormente se vaciara la mezcla previamente preparada al molde, que será prensado con una prensa hidráulica para que el contenido se compacte de manera uniforme este proceso se observa en la *(Figura 37)*.



A) Aplicación de desmoldante B) Aplicación de desmoldante C) Molde sometido a prensado
Figura 37. Proceso de moldeado y prensado

8. Desmoldado

En el proceso de desmoldado se desarmo el molde totalmente para así sustraer la pieza terminada de su interior de tal manera que debemos sustraer muy cuidadosamente para que no sufra lesiones nuestra pieza en la *(Figura 38)* podemos percibir el proceso de desmoldado.



A) Desmolde laterales B) Desmolde de las caras superior e inferior.

Figura 38. Proceso de desmolde.

Finalmente se obtuvo el bloque terminado con buenas características, caras laterales bien definidas rectas y muy uniformes, caras superior e inferior muy bien marcadas, así como de buena consistencia como se muestra en la **(Figura 39)**.



Figura 39. Bloque terminado

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN

Conclusiones

Durante el desarrollo de esta tesis se buscó la obtención de resultados favorables, que nos ayuden a cumplir con los objetivos de esta investigación.

La solución a esta incógnita es observando los resultados obtenidos en esta investigación con los estándares convencionales que están estipulados para el concreto convencional.

Para esto nos dimos a la tarea de elaborar tres tipos de muestras las cuales fueron comparados con los valores del concreto convencional. Y así tener un criterio de su comportamiento de estos concretos que se experimentaron, estos fueron sometidos a un conjunto de ensayos estándar para determinar sus propiedades físicas y mecánicas. Las pruebas que se llevaron a cabo fueron resistencia a la compresión, conductividad térmica, ultrasonido, porosidad y prueba de flexión. Podemos determinar que con respecto a otros estudios que se le han realizado al material, en el ensayo de resistencia a la compresión simple la muestra que mejor se comportó fue C1 (70%CBCA 30% CAL), que a los 56 días se obtuvo una resistencia de 91 Kg/cm², cumpliendo muy bien con la resistencia a la compresión de los bloques.

En el resultado de conductividad térmica tenemos que es un material con una conductividad térmica muy superior a la de los bloques convencionales teniendo una conductividad térmica de 1.44 W/mK, en comparación a los ladrillos normales y los ladrillos refractarios que cuentan con una conductividad térmica que va de los 0.45-1.05 W/mK. Podemos mencionar que es un resultado superior a los del concreto convencional.

En el ensayo de prueba de ultrasonido podemos determinar que el que mejor se comportó dentro del diseño de muestras que se realizaron en esta investigación fue la C1 (0%CBCA 30% CAL), obteniendo un resultado de 2279 m/s comparado con las pruebas realizadas al concreto convencional es muy pobre, por lo tanto podemos determinar que este material no tiene tanta flexibilidad y plasticidad, determinando que es un material muy rígido.

Con respecto a los ensayos realizados podemos concluir que ninguno de los resultados obtenidos

se asemeja a los del concreto convencional. Son un tanto inferior a los coeficientes marcados por concreto convencional, por lo tanto no es una opción descartable el uso de este material para la construcción, dándole diferentes aplicaciones como pueden ser para la realización de muros divisorios, como material aislante o como acabados. Debido a que el material tubo muy buen comportamiento para desempeñar dicha función.

En conclusión los resultados obtenidos de la mezcla realizada nos traería grandes beneficios en cuanto a la disminución de agentes contaminantes de desechos agro industriales, aplicados a la construcción de espacios habitables, aportando beneficios al ramo de la construcción como agilizando procesos de edificación, debido a su fácil ensamblado entre piezas.

Recomendaciones

Debido a las propiedades físicas y mecánicas del bloque de desechos agro-industriales se recomienda que su utilización se para muros divisorios, por la baja resistencia a la compresión y flexión, se recomienda que en el interior de los orificios del bloque se incrusten varillas para aumentar la estabilidad de este.

No es recomendable que se utilice como material acústico debido a que no es un material muy posos esto nos facilita el paso de ruidos debido a las pocas burbujas de aire que se generaron dentro del material.

Si se desea obtener un material mas ligero es recomendable sustituir el agregado grueso en este caso grava por tepezil, esto nos aligeraría el bloque y su transportación seria mas fácil así como la colocación en el espacio final.

Referencias

Amahjour, F. (2000) Tesis doctoral Universidad politecnica de Valencia(UPV), "Estudio de la reactividad de las puzolanas artificiales: cenizas volantes y humo de silice, y su reutilizacion en ingenieria civil".

Calleja, J. (1968) "Las Puzolanas", Separata de la Revista ION Vols. XXIX y XXX, Madrid.

Concrete Block: <http://www.madehow.com/Volume-3/Concrete-Block.html#b>.

Fort González, R. y Pérez-Monserrat, E. M. (2012) La conservación de los geomateriales utilizados en el patrimonio: curso postgrado CSIC : Madrid, mayo de 2011. Documento de trabajo. Programa Geomateriales, Madrid.

Hernandez Martinez, H. E. (2007), " Utilizacion de ceniza de bagazo de caña de azucar como sustituto parcial de cemento portland en Mahuixtlan, ver. Zafra 2007". Tesis de posgrado en ingenieria civil, Universidad Veracruzana.

Hernández, J. (2010) Materiales propiedades y diseño de mezclas. Colombia: Asociación Colombiana de Productores de Concreto, Asocreto

<http://brainly.lat/tarea/51646>

<http://www.imcyc.com/ct2006/junio06/PROBLEMAS.pdf>

<http://www.imcyc.com/revistacyt/pdfs/problemas50.pdf>

<https://www.eleconomista.com.mx/empresas/produccion-de-azucar-repuntara-en-ciclo-2017-2018-2017-0018.html>

<https://www.ieca.es/proceso-de-fabricacion/>

Jord Mostajo, D. (2009) *Memoria ambiental. Ciments Molins Industrial, SA.* 3(1), 88-61.

Ingenieria civil: <http://www.ingenierocivilinfo.com/2010/05/clasificacion-de-los-agregados-para.html>.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Macedo, P, Pereira, A., Akasaki, J., Fioriti, C., Paya, J., Melgas, J. L. (2014) *Revista Ingeniería de construcción.* vol.29 no.2 Santiago, Chile.

Neville, A. M. (1999) *Tecnología del concreto.* México : Limusa. 352 p.

NORMA MEXICANA NMX-C-159-ONNCCE-2004

NORMA MEXICANA NMX-C-404-ONNCCE-2012 PIEZAS PARA USO ESTRUCTURAL

NORMA MEXICANA NMX-C-441-ONNCCE-2005

Pinel, M. Daniel, E. (2014). *Trabajo de investigación CST/MIH. Valorización de cenizas de bagazo procedentes de Honduras: Posibilidades de uso en matrices de cemento pórtland.* 11-32.

QuimiNet: <http://www.quiminet.com/articulos/la-cal-tipos-y-proceso-de-obtencion-17648.htm>.

Revista IMCYC, (2004). Reto de la ingeniería Mexicana. Construcción y tecnología, XV(195), 20.

Rios Gonzales, E. (2011). Tesis, Empleo de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como sustituto porcentual del agregado fino en la elaboración de concreto hidráulico. 34-40.
Saavedra Vera, J. V (2013), Universidad nacional del santa facultad de ingeniería daics. Tecnología de los materiales. II, 2-7.

Soria Santamaria, F. (1983) Las puzolanas y el ahorro energético en los materiales de construcción. Materiales de construcción N° 190-191, 69-84.

Standard Specification for Loadbearing Concrete Masonry Units, ASTM C90-11b. ASTM International, 2011.

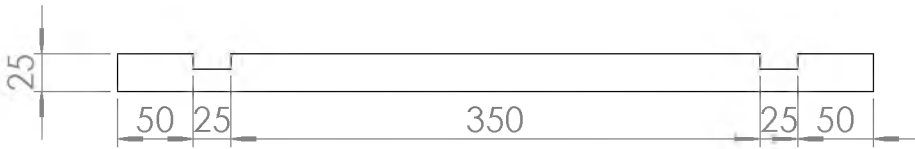
Torres Balbás, L.(1955), Precedentes de la Decoración Hispanomusulmana. En Crónica Arqueológica de la España Musulmana. XXXVII. Al-Andalus, 407-435.

Vidaud, E. (2013). De la historia del cemento. Cemento y Tecnología en concreto, 3(8), 24-20.

www.astm.org ASTM C 31, C 39, C 1231, C 617, C 90-11b, C 1585-04, Annual book of ASTM Standards.

ANEXOS

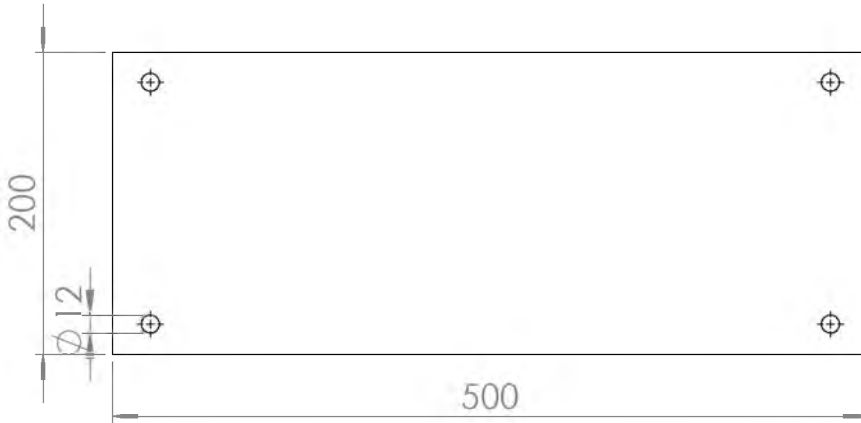
F



E

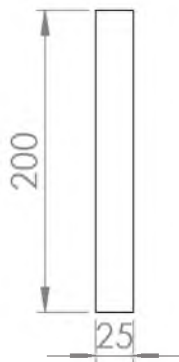
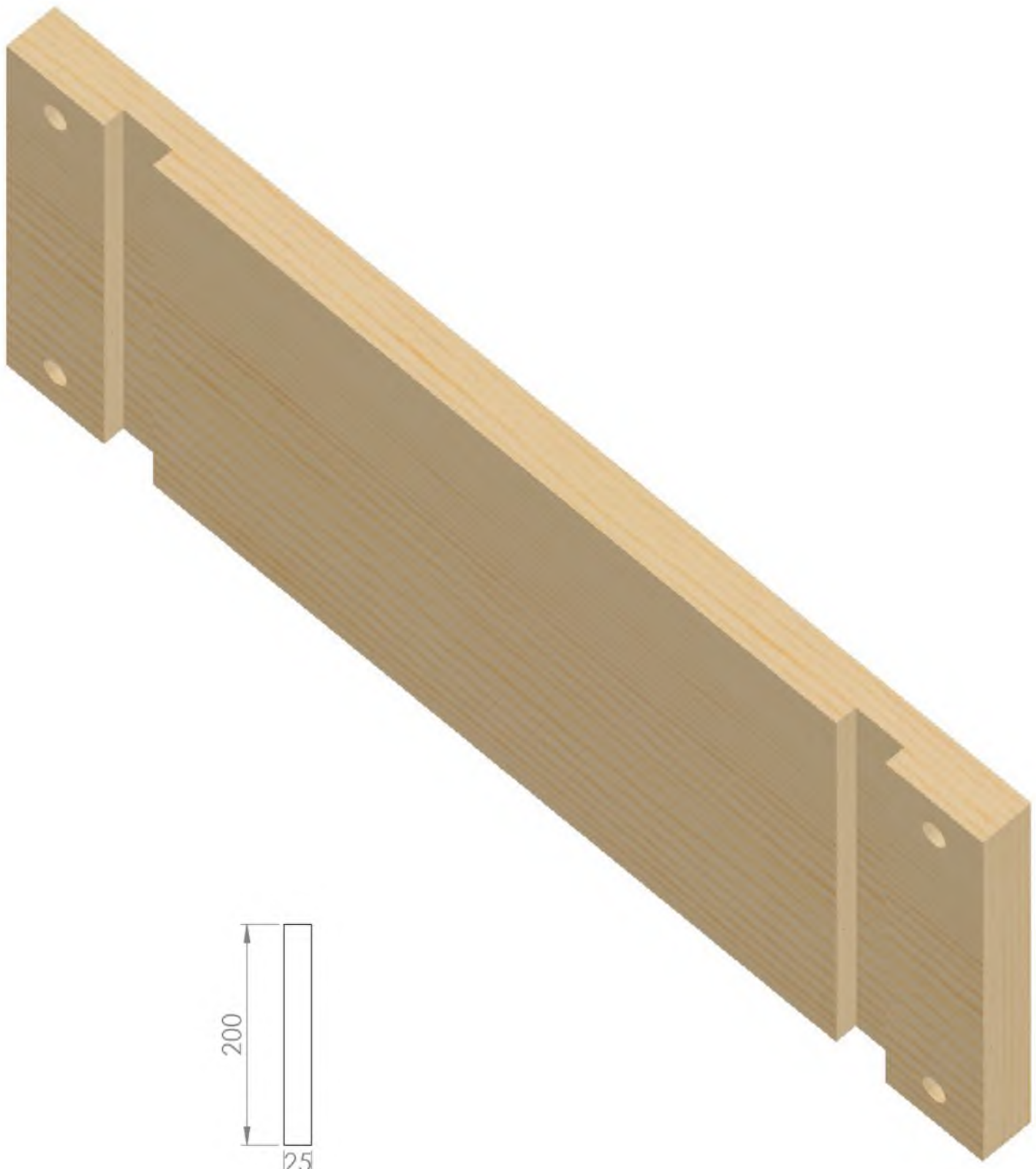
D

C



B

A



F

E

D

C

B

| | | | | | |
|--|--|-----------------------------|---------------------------------------|--|-------------|
| SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM | | ACABADO: | REBABEAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS | NO CAMBIE LA ESCALA | REVISIÓN |
| NOMBRE: FROYLAN FLORES HERRERA | | MATERIAL: MADERA DE PINO | PESO: | TÍTULO: DISEÑO DE UN BLOQUE A PARTIR DE DESECHOS AGRO-INDUSTRIALES | |
| FECHA: 15/SEPTIEMBRE/2018 | | | | | |
| UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN | | | | N.º DE DIBUJO | A3 |
| | | | | TAPA FRONTAL | |
| | | | | ESCALA: 1:5 | HOJA 1 DE 7 |

A

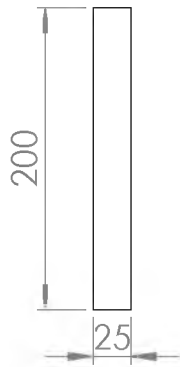
F



E

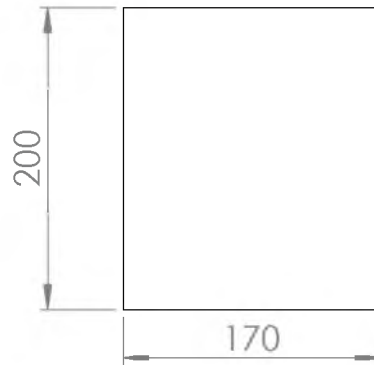
D

C



B

A



F

E

D

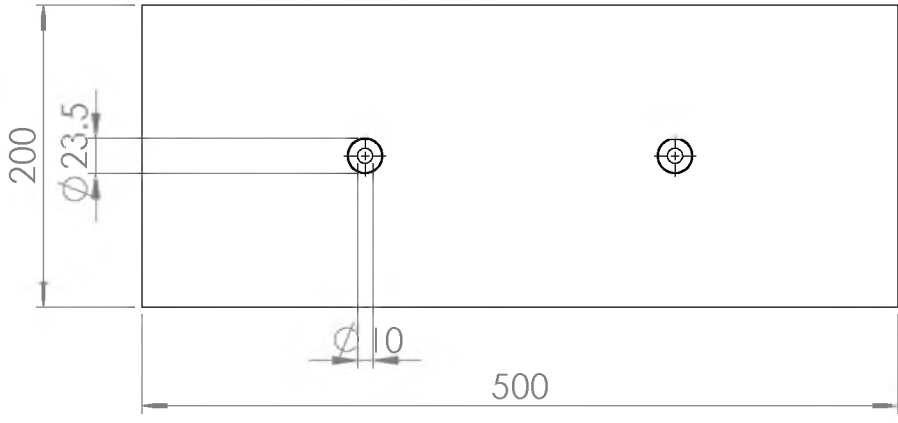
C

B

A

| | | | | | |
|--|--|-----------------------------|---------------------------------------|---|----------|
| SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM | | ACABADO: | REBABEAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS | NO CAMBIE LA ESCALA | REVISIÓN |
| NOMBRE: FROYLAN FLORES HERRERA | | MATERIAL: MADERA DE PINO | PESO: | TÍTULO: DISEÑO DE UN BLOQUE A PARTIR DE DESHOS AGRO-INDUSTRIALES | |
| FECHA: 15/SEPTIEMBRE/2018 | | | | | |
| UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN | | | | N.º DE DIBUJO TAPA LATERAL | |
| | | | | ESCALA: 1:5 HOJA 2 DE 7 | |
| | | | | A3 | |

F



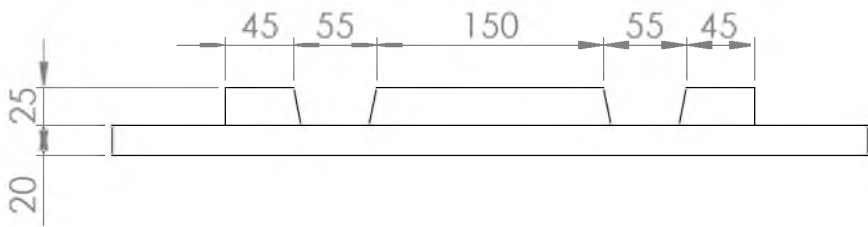
E

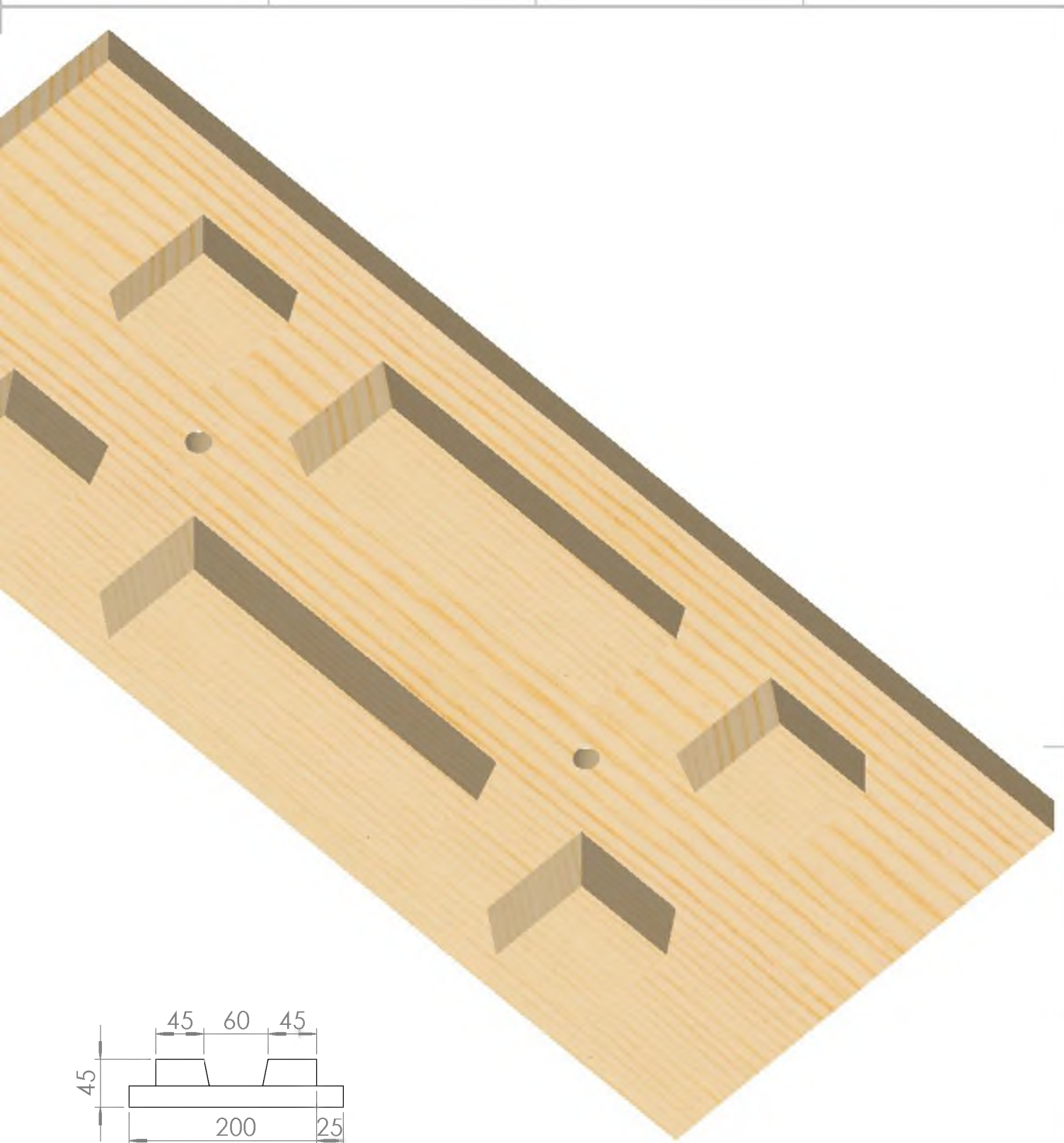
D

C

B

A





F

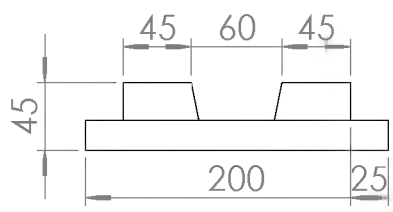
E

D

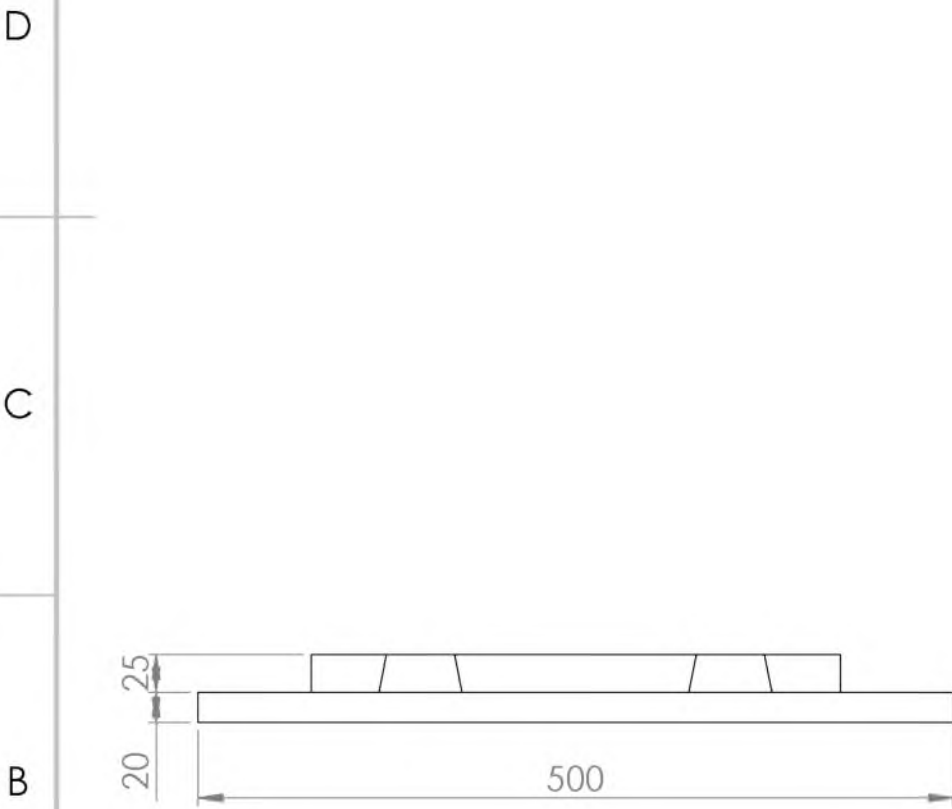
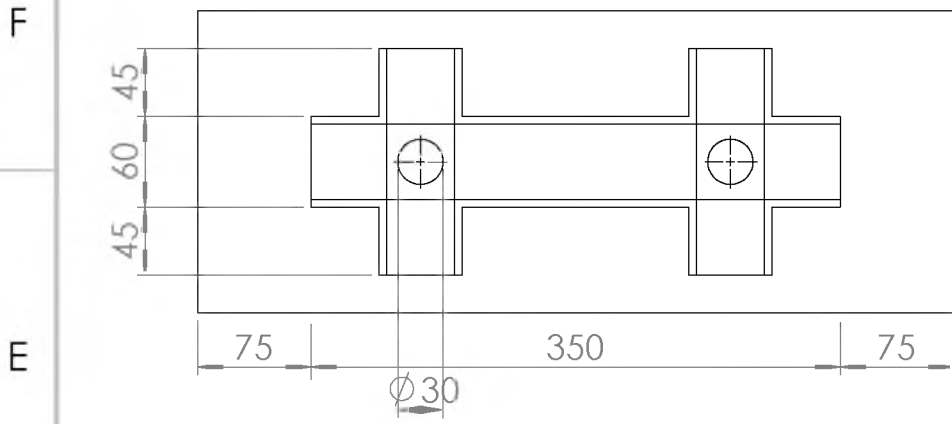
C

B

A



| | | | | | |
|--|--|-----------------------------|---------------------------------------|--|-------------|
| SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM | | ACABADO: | REBABEAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS | NO CAMBIE LA ESCALA | REVISIÓN |
| NOMBRE: FROYLAN FLORES HERRERA | | MATERIAL: MADERA DE PINO | PESO: | TÍTULO: DISEÑO DE UN BLOQUE A PARTIR DE DESECHOS AGRO-INDUSTRIALES | |
| FECHA: 15/SEPTIEMBRE/2018 | | | | | |
| UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN | | | | N.º DE DIBUJO | A3 |
| | | | | TAPA SUPERIOR | |
| | | | | ESCALA: 1:5 | HOJA 3 DE 7 |



A

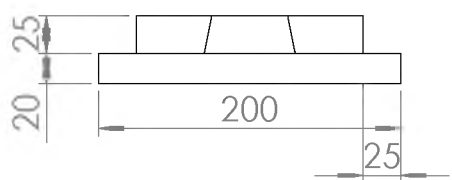
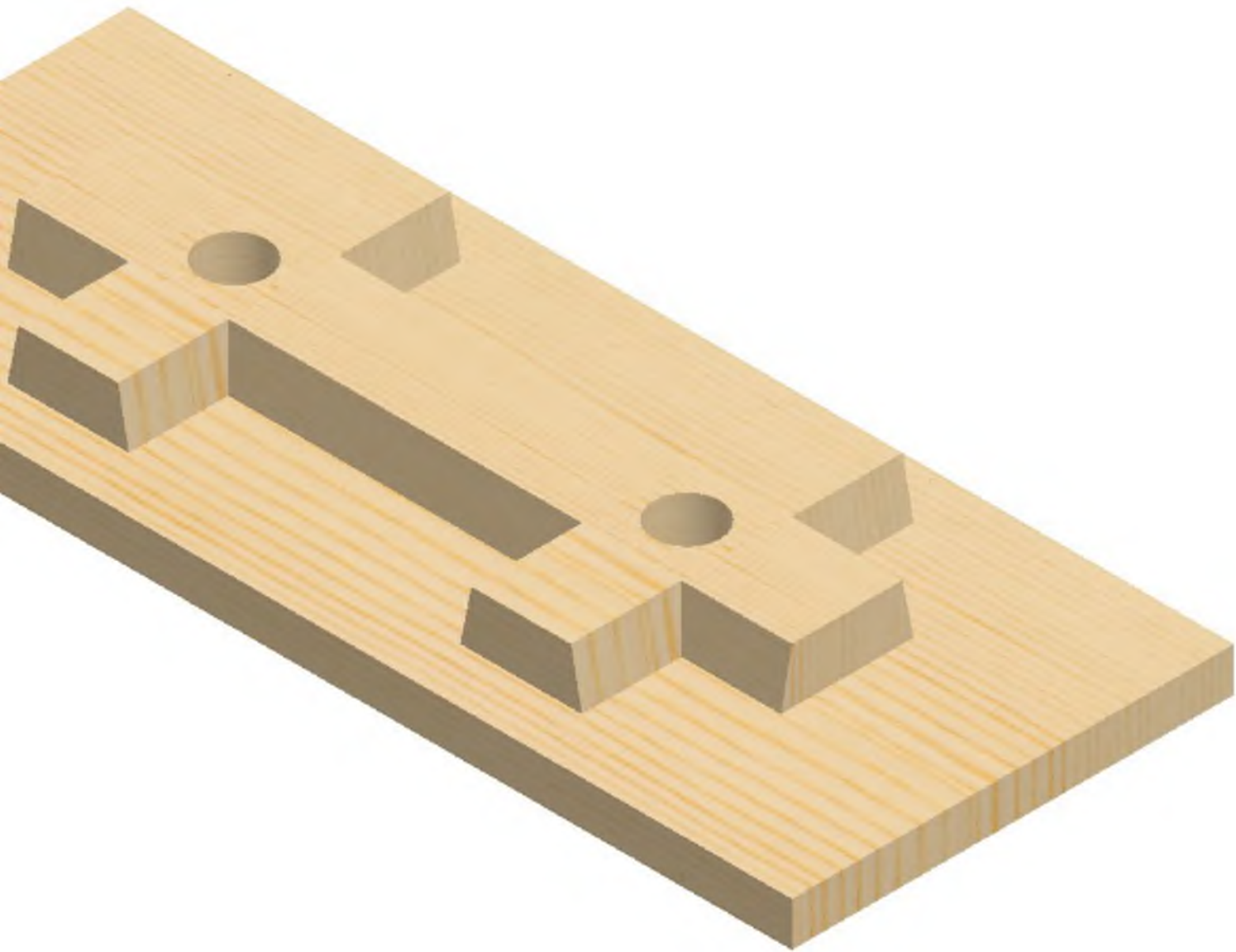
B

C

D

E

F



F
E
D
C
B
A

| | | | | | |
|--|-----------------------------|----------|--|---------------------|----------|
| SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM | | ACABADO: | REBABEAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS | NO CAMBIE LA ESCALA | REVISIÓN |
| NOMBRE: FROYLAN FLORES HERRERA | MATERIAL: MADERA DE PINO | PESO: | TÍTULO: DISEÑO DE UN BLOQUE A PARTIR DE DESCHOS AGRO-INDUSTRIALES | | |
| FECHA: 15/SEPTIEMBRE/2018 | | | | | |
| UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN | | | ESCALA:1:5 | HOJA 4 DE 7 | |

F

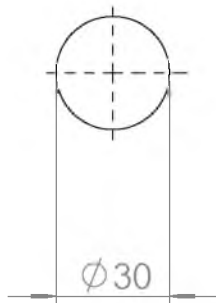
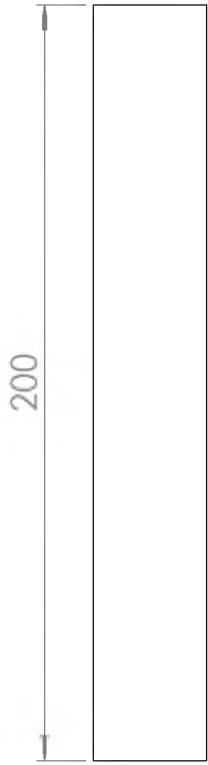
E

D

C

B

A





F

E

D

C

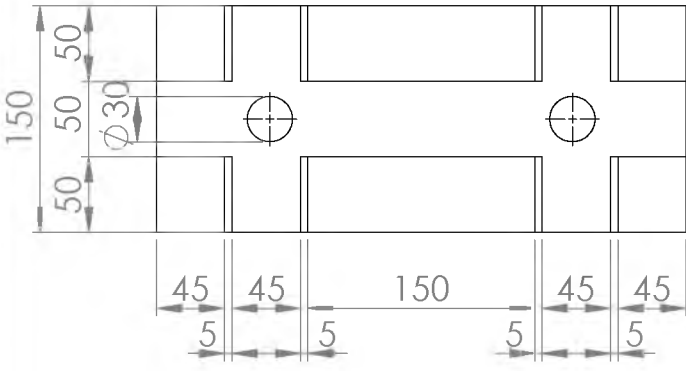
B

A



| | | | | | |
|---|--|-----------------------------|---------------------------------------|--|-------------|
| SINO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM | | ACABADO: | REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS | NO CAMBIE LA ESCALA | REVISIÓN |
| NOMBRE: FROYLAN FLORES HERRERA | | MATERIAL: MADERA DE PINO | PESO: | TÍTULO: DISEÑO DE UN BLOQUE A PARTIR DE DESECHOS AGRO-INDUSTRIALES | |
| FECHA: 15/SEPTIEMBRE/2018 | | | | | |
| UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN | | | | N.º DE DIBUJO | A3 |
| | | | | PERNO | |
| | | | | ESCALA: 1:2 | HOJA 5 DE 7 |

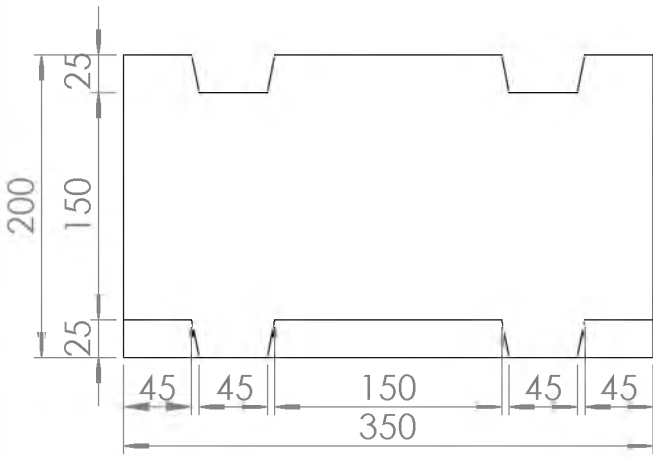
F



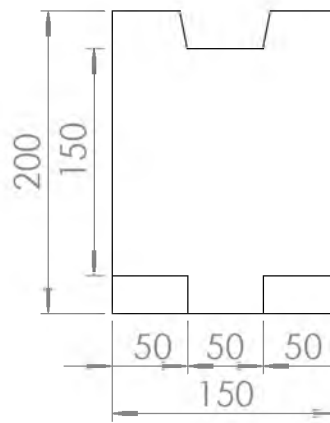
E

D

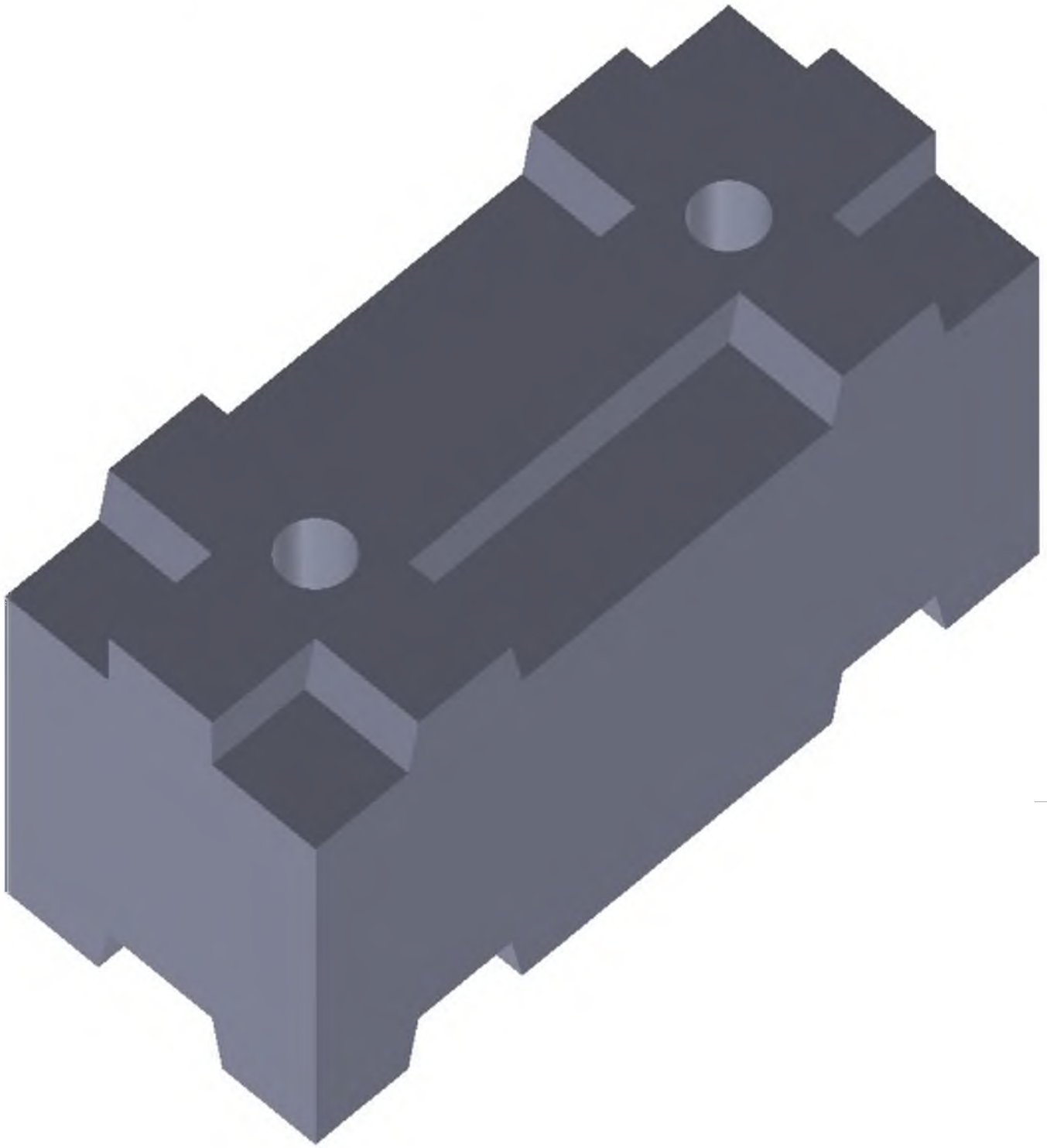
C



B



A



F

E

D

C

B

A

| | | | | | |
|--|--|--|---------------------------------------|--|-------------|
| SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM | | ACABADO: | REBABEAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS | NO CAMBIE LA ESCALA | REVISIÓN |
| NOMBRE: FROYLAN FLORES HERRERA | | MATERIAL: COMPOSICION DE CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR Y CAL | PESO: | TÍTULO: DISEÑO DE UN BLOQUE APARTIR DE DESECHOS AGRO-INDUSTRIALES | |
| FECHA: 15/SEPTIEMBRE/2018 | | | | | |
| UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN | | | | N.º DE DIBUJO | A3 |
| | | | | BLOQUE | |
| | | | | ESCALA:1:5 | HOJA 6 DE 7 |

F
E
D
C
B
A

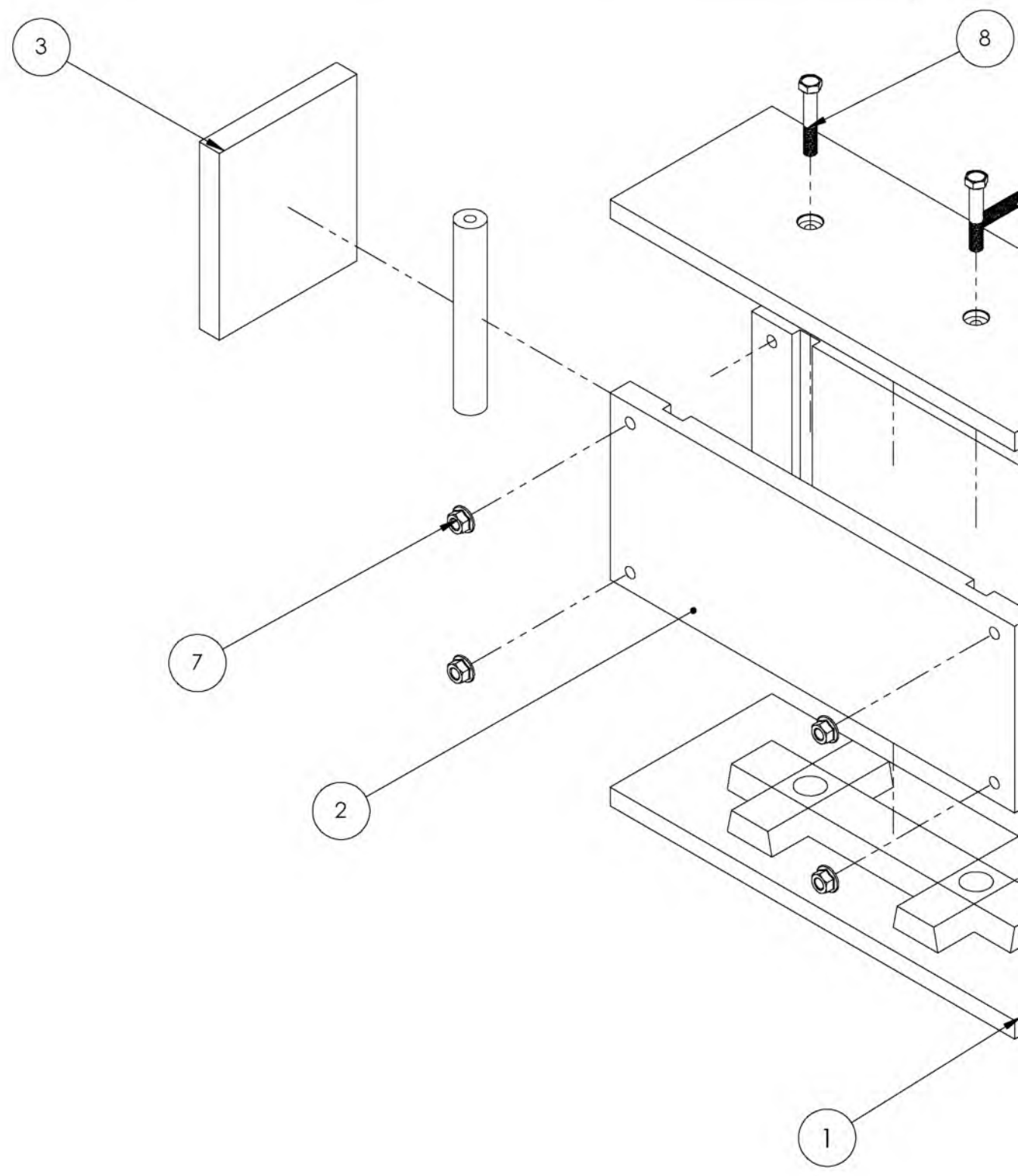
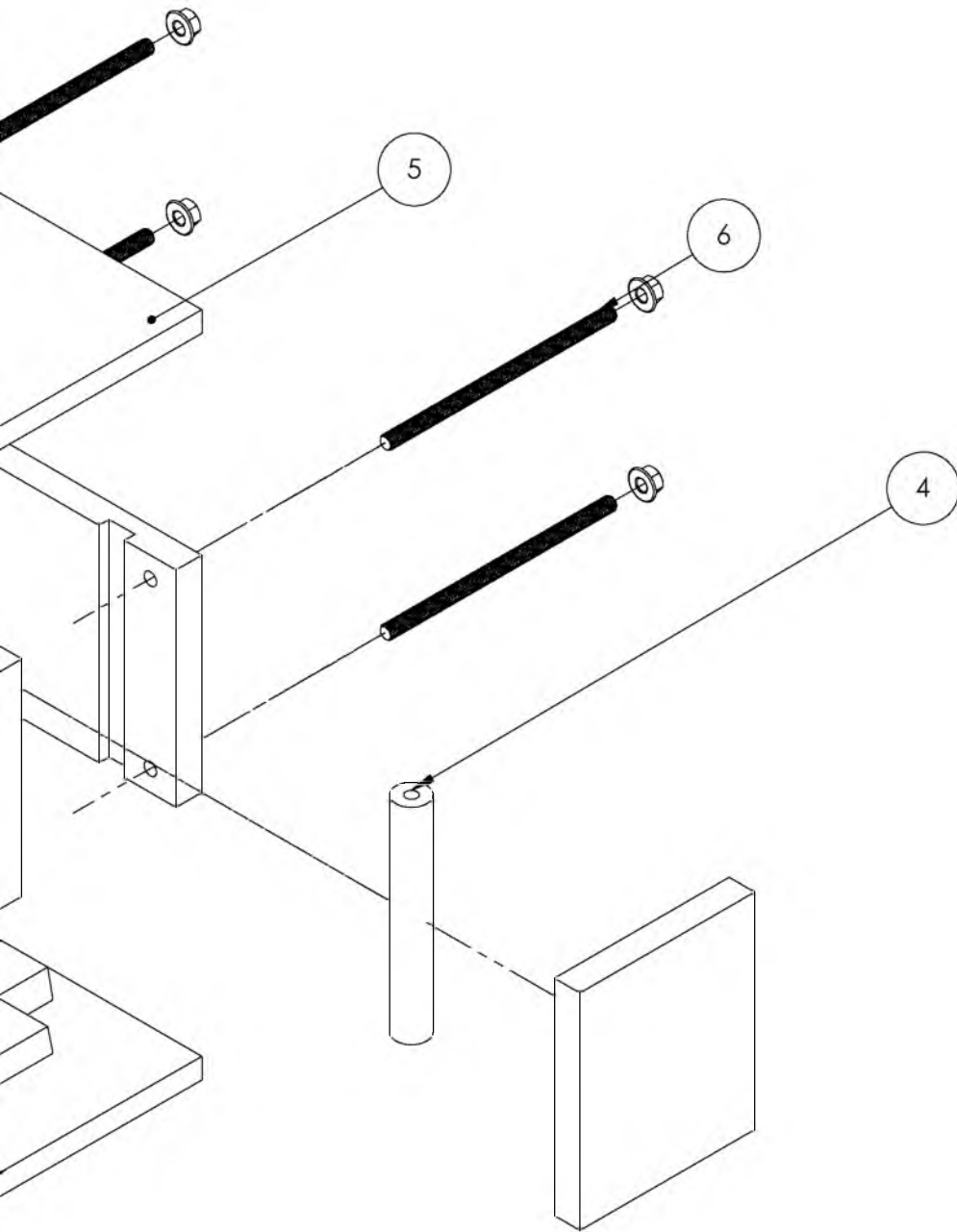


TABLA DE LISTA DE MATERIALES

| N.º DE ELEMENTO | N.º DE PIEZA | CANTIDAD |
|-----------------|------------------------|----------|
| 1 | TAPA INFERIOR | 1 |
| 2 | TAPA FRONTAL | 2 |
| 3 | TAPA LATERAL | 2 |
| 4 | PERNO | 2 |
| 5 | TAPA SUPERIOR | 1 |
| 6 | AM -- M12 x 220 S | 4 |
| 7 | M12 x 1.75 --N | 8 |
| 8 | M12 x 1.75 x 70 --30WS | 2 |



F
E
D
C
B
A

| | | | | | |
|---|--|------------------|--|---|----------|
| SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS C.OTAS SE EXPRESAN EN MM | | ACABADO: | REBABEAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS | NO CAMBIE LA ESCALA | REVISIÓN |
| NOMBRE: FROYLAN FLORES HERRERA | MATERIAL: MADERA DE PINO Y ALGUNOS ELEMENTOS DE FIERRO | PESO: 2.800KG | TITULO: DISEÑO DE UN BLOQUE APARTIR DE DESECHOS AGRO- INDUSTRIALES | | |
| FECHA: 15/SEPTIEMBRE/2018 | UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN | | | NOMBRE DE DIBUJO EXPLOSIONADO DEL MOLDE PARA EL BLOCK | A3 |
| ESCALA: 1: 5 | | | | HOJA 7 DE 7 | |