



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“FACTIBILIDAD DEL USO DEL RAQUIS DE PALMA AFRICANA
EN MEZCLA CON AGREGADOS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA
FABRICACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS”**

TESIS DE GRADO

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

AUTOR: DANIELA CECILIA PÀLIZ HIDALGO

TUTOR: Dr. FAUSTO YAULEMA

RIOMBAMBA- ECUADOR

2014

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

Certificamos que el presente trabajo de investigación: “FACTIBILIDAD DEL USO DEL RAQUIS DE PALMA AFRICANA EN MEZCLA CON AGREGADOS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS”, ha sido desarrollado por la Srta. Daniela Cecilia Páiz Hidalgo, cumpliendo con las normas de investigación científica y una vez analizado su contenido, se autoriza su presentación.

Dra. Nancy Veloz

**DECANA DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS**

Ing. Ma. Fernanda Rivera

**DIRECTORA DE LA ESCUELA
DE CIENCIAS QUÍMICAS**

Dr. Fausto Yaulema

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Robert Cazar

MIEMBRO DE TRIBUNAL

Ing. Sofía Godoy

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Abgda. Bertha Quintanilla

**COORDINADOR SISBIB
ESPOCH**

Yo, Daniela Cecilia Páliz Hidalgo, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados en esta Tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado, pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Daniela Cecilia Páliz Hidalgo

DEDICATORIA

Dedico desde el fondo de mi corazón, a Dios padre todopoderoso; a mis padres, pilares de mi vida, Antonio Páliz y Marcia Hidalgo, por su apoyo, ejemplo, sacrificio, esfuerzo, amor incondicional, por creer en mí, y acompañarme en los mejores momentos de mi vida, por sus palabras de aliento y bendiciones.

A mis hermanas:

Andrea, por el amor, cariño y protección que me ha brindado en esta etapa de mi vida, al cumplir el rol de madre, cuidándome y atendiéndome como lo hace mi mami.

Valeria por aquellas palabras de aliento y compañía en la realización de mi tesis.

Y en especial a Denisse, mi motor, mi inspiración, mi ángel, por sus bellas palabras de amor, por ser mi fuerza para culminar mis estudios y todas mis metas que me propuse, esto va por ti, porque quiero ser tu ejemplo.

Los amo.

Daniela Páliz Hidalgo

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, por formarme como una profesional.

A mis familiares y amigos, por sus palabras positivas y su energía que transmiten, han hecho de mí una mejor persona en esta etapa de mi vida, en especial a mi primo Carlos Tello, por contagiarme con su alegría, por su ayuda desinteresada y amistad sincera.

A mi enamorado, Ing. Luis Yépez, por su apoyo, consejos, compañía en los buenos y malos momentos, por ser un ejemplo de superación y optimismo. Te amo.

Al Sr. Patricio Egas por abrirme las puertas de la empresa PEXA siendo parte esencial en la realización de mi tesis.

Al Dr. Fausto Yaulema, como mi Director de tesis, por brindarme sus conocimientos, confianza y colaboración constante, al Dr. Robert Cazar como Asesor, por su ayuda y motivación en el desarrollo del presente proyecto.

Daniela Páliz Hidalgo

INDICE DE CONTENIDOS

INDICE DE ILUSTRACIONES.....	viii
INDICE DE TABLAS	ix
INDICE DE ANEXOS.....	x
RESUMEN.....	xi
SUMMARY	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
1. MARCO TEÓRICO.....	3
1.1. Marco Filosófico	3
1.2. Antecedentes de Investigación	5
1.3. Fundamentación Teórica.....	6
1.3.1. Ubicación del Proyecto	6
1.3.2. Generalidades del Cultivo de la Palma Africana.....	6
1.3.3. Requerimientos Nutricionales de la Palma Africana.....	9
1.3.4. Proceso de extracción del Aceite de Palma.....	9
1.3.5. Raquis de Palma Africana	10
1.3.6. Composición del Raquis de Palma.....	11
1.3.7. Importancia del Raquis de Palma.....	11
1.3.8. El Ladrillo	12
1.3.8.1. Características del Ladrillo convencional.....	12
1.3.8.2. Tipos de Ladrillos.....	13
1.3.8.3. Usos.....	14
1.3.9. Fabricación de Ladrillos.....	15
1.3.10. Cemento	16
1.3.10.1. Clasificación.....	16
1.3.10.2. Composición química del cemento.....	17
1.3.10.3. Características físicas y mecánicas del cemento.....	18
1.3.10.4. Cemento Portland.....	18
1.3.11. Los Agregados.....	19
1.3.11.1. Arcilla.....	19
1.3.11.2. Arena.....	21
1.3.12. Ladrillos ecológicos fabricados a base de fibras vegetales y otros residuos.....	21

CAPÍTULO II	23
2. METODOLOGÍA	23
2.1. Recolección de la Materia Prima y Molienda del Raquis	23
2.2. Análisis Físico Químico del Raquis	24
2.2.1. Caracterización Física del Raquis	24
2.2.2. Caracterización Química del Raquis	26
2.3. Formulación para obtención del Ladrillo Ecológico	26
2.3.1. Modelo A	27
2.3.2. Modelo B.....	28
2.3.3. Modelo C.....	28
2.3.4. Modelo D	28
2.3.5. Diseño del ladrillo ecológico.....	29
2.4. Obtención y secado del Ladrillo Ecológico	29
2.4.1. Fabricación del Modelo A.....	30
2.4.2. Fabricación del Modelo B	30
2.4.3. Fabricación del Modelo C	31
2.4.4. Fabricación del Modelo D.....	31
2.5. Pruebas Mecánicas	32
2.5.1. Prueba de Compresión	32
2.5.2. Prueba de Flexión.....	33
2.5.3. Porcentaje de Absorción	34
CAPÍTULO III.....	35
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
3.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados.....	35
3.1.1. Resultados de la caracterización física del Raquis	35
3.1.1.1. Contenido de Humedad.....	35
3.1.1.2. Porcentaje de Absorción de agua.....	36
3.1.1.3. Peso específico.....	36
3.1.2. Resultado de las Pruebas Mecánicas.....	37
3.2. Presentación de Resultados	41
CONCLUSIONES	42
RECOMENDACIONES	43
BIBLIOGRAFÍA.....	44
ANEXOS.....	47

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1: Estructura del fruto de la palma africana	9
Ilustración 2-1: Estructura general del raquis de palma africana	10
Ilustración 3-1: Partes del ladrillo	13
Ilustración 4-1: Ladrillo perforado	13
Ilustración 5-1: Ladrillo macizo	13
Ilustración 6-1: Ladrillo tejar o manual	14
Ilustración 7-1: Ladrillo hueco	14
Ilustración 8-1: Estructura de las láminas de arcilla	19
Ilustración 9-1: Ladrillo de cáñamo	21
Ilustración 10-1: Ladrillo con residuos plásticos	22
Ilustración 1-2: Obtención, recolección, molienda del raquis	24
Ilustración 2-2: Prueba de absorción	25
Ilustración 3-2: Diagrama diseño y modelaje de los ladrillos ecológicos	27
Ilustración 4-2: Obtención del ladrillo ecológico	29
Ilustración 5-2: Fabricación del modelo A	30
Ilustración 6-2: Fabricación del modelo B	30
Ilustración 7-2: Fabricación modelo C	31
Ilustración 8-2: Fabricación modelo D	31
Ilustración 9-2: Ensayo de compresión	32
Ilustración 10-2: Ensayo de flexión	33
Ilustración 11-2: Ensayo de porcentaje de absorción	34
Ilustración 1-3: Rotura del ladrillo "A" y "B" en la prueba de flexión	38
Ilustración 2-3: Ladrillo "A" en prueba de absorción	39
Ilustración 3-3: Ladrillo "B" en prueba de absorción	40
Ilustración 4-3: Ladrillo "D" en prueba de absorción	40

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Ubicación Geográfica.....	6
Tabla 2-1: Producción de Palma Africana en el Ecuador.....	7
Tabla 3-1: Composición del raquis de palma.....	11
Tabla 4-1: Componentes del cemento portland.....	19
Tabla 1-2: Parámetros Químicos analizados.....	26
Tabla 2-2: Composición del modelo A, en porcentaje.....	27
Tabla 3-2: Composición del modelo B, en porcentaje.....	28
Tabla 4-2: Composición del modelo C, en porcentaje.....	28
Tabla 5-2: Composición del modelo D, en porcentaje.....	28
Tabla 1-3: Contenido de humedad de la fibra.....	35
Tabla 2-3: Capacidad de absorción de la fibra.....	36
Tabla 3-3: Peso específico de la fibra	36
Tabla 4-3: Resistencia de los ladrillos a la compresión.....	37
Tabla 5-3: Resistencia de los ladrillos a la flexión.....	38
Tabla 6-3: Capacidad de absorción de los ladrillos.....	39
Tabla 7-3: Resultado de pruebas del ladrillo calificado.....	41
Tabla 8-3: Características de los ladrillos fabricados.....	41

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Transporte del raquis en góndolas.....	46
Anexo 2: Esterilización del fruto y el raquis.....	46
Anexo 3: Proceso de Desfrutación.....	46
Anexo 4: Proceso de Digestión.....	47
Anexo 5: Proceso de prensado.....	47
Anexo 6: Clarificación.....	47
Anexo 7: Tanques de almacenamiento del aceite de palma.....	48
Anexo 8: Piscina de lodos pesados y livianos.....	48
Anexo 9: Raquis luego de la Desfrutación.....	48
Anexo 10: Recepción de la materia prima.....	49
Anexo 11: Raquis secado al sol.....	49
Anexo 12: Molienda y triturado del raquis.....	50
Anexo 13: Raquis molido y triturado.....	50
Anexo 14: Disposición final del raquis molido.....	51
Anexo 15: Ladrillos ecológicos fabricados.....	51
Anexo 16: Secado de ladrillos ecológicos.....	52
Anexo 17: Prueba de compresión.....	52
Anexo 18: Prueba de absorción.....	53
Anexo 19: Ladrillos ensayados.....	53
Anexo 20: Prueba de flexión.....	54
Anexo 21: Ladrillo calificado (modelo A).....	54
Anexo 22: Norma INEN 297.....	55
Anexo 23: Norma INEN 293.....	59
Anexo 24: Determinación de parámetros químicos de la fibra de raquis.....	63
Anexo 25: Resultados de las pruebas mecánicas de los ladrillos.....	64

RESUMEN

Se revalorizó el “raquis” residuo de la palma africana, usándolo como componente principal en la fabricación de ladrillos ecológicos que serán utilizados en el campo de la construcción, superando algunas características de los ladrillos convencionales en resistencia y peso. Para la investigación se realizaron análisis físico-químicos para conocer las características y composición elemental del residuo, los análisis físicos mostraron un contenido de humedad del 33,47%, una capacidad de absorción del 81% y un peso específico de 0,10 grs. Para conocer su composición se analizaron parámetros químicos como pH, nitrógeno, carbono y silicio, los que mostraron valores de 8,35 unidades de pH (UPH), 0,36 kg/mg, 55.85 kg/mg y 245 kg/mg respectivamente. Una vez obtenida la caracterización de la fibra se formularon cuatro mezclas diferentes para la fabricación de los ladrillos, la primera mezcla formada por 38% de raquis, 18% de arena, 32% de arcilla, 32% cemento; la segunda mezcla 41% de raquis y 50% de arcilla; la tercera mezcla 51% de raquis, 18% de arena y 5% de cemento; y la cuarta mezcla formada por 58% de raquis y 34% de cemento. Finalmente para conocer las características mecánicas y físicas de los ladrillos fabricados, se realizaron pruebas de compresión, flexión y humedad basadas en la norma. Se comprobó que el uso de la fibra del raquis en la fabricación de ladrillos para fines de construcción es posible, ya que mejoran las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo convencional, además de disminuir costos de producción y el impacto negativo al ambiente. Por lo que se recomienda seguir realizando pruebas mecánicas a los ladrillos ecológicos con raquis para conocer su capacidad como aislantes acústicos y térmicos e implementar un proyecto de inversión financiera para la ejecución de una fábrica de ladrillos ecológicos de Raquis.

RESIDUO, AMBIENTE, RAQUIS, FIBRA, PALMICULTORA, CONTAMINACIÓN, FABRICACIÓN, CONTRUCCIÓN, AGREGADOS, LADRILLOS.

SUMMARY

It was re-evaluated the rachides of the African Palm, by using it as main component in the elaboration of ecologic bricks that will be used in the branch of construction, overcoming some characteristics of the conventional bricks in resistance and weight. For the investigation was made physical-chemical analyses to recognize the characteristics and the elemental composition of the residue, the physical analyses showed a content of humidity of 33,47%, a capacity of absorption of 81% and a specific weight of 0,10g. To recognize its composition was analyzed chemical parameters such as pH, Nitrogen, Carbon, and Silicium, which showed values of 8,35 units of pH (UPH), 0,36kg/mg, 55,85 kg/mg and 245 kh/mg respectively. Once it was obtained the characterization of the fiber, four different mixtures were formulated for the manufacturing of the bricks, the first mixture formed by 38% of rachides, 18% of sand, 32% of clay, 32% of cement; the second mixture 41% of rachides and 50% of clay; the third mixture of rachides, 18% of sand and 5% of cement; and the fourth mixture formed by 58% of rachides and 34% of cement.

Finally to know the mechanic and physical characteristics of the manufacture bricks, compression, flexion and humidity tests were made within the norm. It was proved that the usage of fiber of rachides in the manufacturing of bricks for aim of construction is possible, since the physical and mechanic properties of the conventional brick improve. In addition, to the diminishing of cost production and the negative shock to the environment. That is why is recommended to keep making mechanic proofs to the ecologic bricks with rachides to know their capacity such as acoustic and thermic isolators and implement a financial investment Project for the execution of a Factory of ecologic bricks of rachides.

RESIDUE, ENVIRONMENT, RACHIDES, FIBER, PALMPRODUCING, CONTAMINATION, MANUFACTURING, CONSTRUCTION, AGGREGATES, BRICKS.

INTRODUCCIÓN

En nuestro país la problemática que se presenta en el sector agroindustrial palmicultor, por los residuos generados en la extracción del aceite de la palma africana, son los residuos que arroja este producto, y de los cuatro residuos que produce la palma (nuez, pulpa molida, raquis y lodo), el raquis, es el residuo más duro y de difícil descomposición, este aspecto se debe al inadecuado manejo que posterior al proceso de extracción primaria, acumulan y desperdician el raquis, lo que es llevado fuera de las instalaciones, para otros usos, pero de igual manera después de su subutilización, se convierte en un desperdicio que tarda mucho tiempo en degradarse, lo que genera una contaminación visual, vectores como: malos olores, lixiviados y procreación de lugar para insectos y gusanos, también, contaminan las aguas subterráneas, ocasionando impactos negativos para el ambiente, debido al tiempo de descomposición y al volumen de espacio que ocupan en el lugar del proceso, hasta que se determine el uso que deban darle, y desde el punto de vista económico se tienen pérdidas de tiempo y dinero en su desalojo.

Los ladrillos ecológicos constituyen insumos potenciales para el desarrollo y mejora en la calidad de los elementos de construcción de viviendas, en especial para las familias de escasos recursos económicos, empleando tecnologías y materiales que disminuyan el impacto ambiental, ya que para su fabricación se requiere de un gasto mínimo de energía (necesitan tan sólo una temperatura de cocción de 60° C), se reducen en un 85% las emisiones de gases de efecto invernadero, y otros son secados al ambiente, por tanto se reducen las emisiones de gases de dióxido de carbono a la atmósfera, consumo de materia prima que requieren los elementos de construcción convencionales de procesamiento sencillo, mejores aislantes del frío y del calor exterior, consumen menos energía, son más económicos, más ligeros y manejables para el trabajador, agilizando el tiempo de construcción y disminuyendo el gasto de materiales. Además, el coste medio ambiental y el volumen de residuos sólidos se minimizan, y se consolida un mercado más sostenible y ecológico, a fin de colaborar a la preservación y uso racional de los recursos naturales.

Las experiencias que se han investigado y realizado con algunos productos agrícolas, ha permitido la posibilidad de realizar esta investigación, sobre la reutilización de uno de los residuos de la palma africana que es el raquis, tomando en consideración su consistencia como fibra dura.

La investigación se basará en la posibilidad de crear con el residuo de la palma africana, que es el raquis y con materiales de la construcción un ladrillo ecológico, que pueda ser utilizado para la construcción de casas, lo que permitirá manejar aspectos fundamentales como:

- La revalorización y utilización de estos residuos duros.
- Evitar la emisión de gases en la quema del ladrillo.

- Tener un producto a más bajo precio.
- Innovación de productos amigables con el ambiente.

Este proceso abarcará un estudio sobre cómo se llega a obtener el residuo de la palma que es el raquis, y el proceso al que se somete el mismo para la elaboración del ladrillo, para esto se llevará a cabo los siguientes pasos:

- Secado del raquis.
- Triturado y molienda
- Proceso de mezcla con los productos de la construcción.
- Pruebas de resistencia, compresión, inmersión, secado, durabilidad.

Objetivos

Objetivo General

Determinar la factibilidad del uso del raquis en mezcla con agregados de construcción para la fabricación de ladrillos ecológicos.

Objetivos Específicos

- Caracterizar física y químicamente el raquis de palma africana para la elaboración del ladrillo ecológico.
- Fabricar el ladrillo ecológico a partir del uso del residuo vegetal raquis en mezcla con agregados de construcción.
- Determinar los principios mecánicos y físicos del raquis de palma africana como agregado de construcción para la elaboración de los ladrillos ecológicos.
- Evaluar la mezcla más adecuada para la elaboración del ladrillo ecológico.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Marco Filosófico

En la actualidad los procesos de estabilización y solidificación se utilizan ampliamente para tratar o gestionar residuos peligrosos provenientes de diversas actividades industriales. Estos procesos son aplicados: en recuperación de vertederos de residuos peligrosos, en el tratamiento de residuos procedentes de otros procesos de eliminación y en el tratamiento de terrenos contaminados donde intervienen grandes cantidades de suelos contaminados.

La estabilización es el proceso que utiliza aditivos para reducir la peligrosidad de un residuo, transformando el residuo y sus constituyentes en un bloque para minimizar la velocidad de migración del contaminante al medio ambiente y reducir su toxicidad.

La solidificación es el proceso en el que se añade una suficiente cantidad de material solidificante, incluido sólidos, a los materiales peligrosos para formar una masa solidificante, la que aumentará la resistencia y disminuirá la compresibilidad y la permeabilidad del residuo.

Encapsulamiento de contaminantes en el suelo

El mecanismo se fundamenta básicamente en aislar el residuo incorporándolo dentro de un material sólido, quedando encapsulado físicamente en una matriz con estructura de mayor tamaño, sin necesidad que los componentes del residuo se fijen químicamente al material utilizado para el encapsulamiento.

Para estos procesos se utilizan silicatos como el cemento y la cal.

La masa estabilizada puede descomponerse con el tiempo debido a los cambios medioambientales. Estos cambios incluyen ciclos repetitivos de humectación y desecación o congelación y deshielo, penetración de fluidos de percolación y tensiones físicas de carga. Por lo que hay que conservar la integridad de la masa, o se corre el riesgo que los contaminantes puedan aparecer en el ambiente por las condiciones ambientales en las que se encuentren

Tratamiento de suelos por encapsulamiento

Los medios y técnicas de solidificación o encapsulamiento para tratar suelos contaminados por residuos peligrosos son ahora más diversos, antes se limitaban por la capacidad que tenían los

aditivos para retener en una matriz los compuestos orgánicos. En la actualidad existen procesos como:

- **Estabilización con arcillas modificadas**

El proceso de modificación de las arcillas, se realiza mediante la sustitución de cationes inorgánicos de la estructura cristalina de la arcilla por cationes orgánicos, luego, las moléculas orgánicas se adsorben a la estructura cristalina de la arcilla que se hincha ante la presencia del contaminante orgánico, que a su vez puede ser encapsulada mediante cemento u otros aglomerantes.

- **Vitrificación**

Es considerado un proceso de estabilización y solidificación, debido a que se obtiene un residuo estructuralmente más estable con potencial de migración de contaminante reducido. Dentro de este proceso se consideran dos técnicas:

- 1. Vitrificación in situ**

Utilizado para la recuperación de suelos contaminados, consiste en aplicar corriente eléctrica al suelo, lo cual genera calor provocando que el suelo se funda. El proceso inicia incorporando una capa de grafito y vidrio calcinado.

Al aumentar la temperatura, los compuestos orgánicos se vaporizan y luego se pirolizan, es decir se descomponen en ausencia de oxígeno.

Los gases se transportan hacia la superficie, donde son recogidos en una campana de procesamiento y luego son tratados, algunos se descomponen, otros se disuelven o reaccionan con el fundido.

- 2. Vitrificación en planta**

Utiliza los suelos contaminados como materia prima para la fabricación de vidrio u otras ventajas de gestión de residuos peligrosos.

Esta tecnología permite tratar los suelos contaminados y obtener un producto útil.

Para este proceso se utiliza una mezcla de vidrio reciclado, cenizas volantes y caliza, además un horno de fabricación de vidrio con temperatura de 1.600°C. El suelo contaminado es introducido en el horno para la etapa de fundición y fusión, con una duración del proceso de 5 horas. (LAGRECA, Michael.Etal.1998,pp.80-111)

1.2. Antecedentes de Investigación

Desde sus inicios, el hombre ha ido transformando su entorno para adaptarlo a sus necesidades. Para ello ha optado por utilizar materiales naturales, que con el transcurso del tiempo y el avance de la tecnología, se han ido transformando en productos de procesos de manufactura de gran sofisticación.

Los primeros materiales empleados por el hombre fueron el barro, la piedra, y fibras vegetales como madera y paja.

Probablemente para el hombre los primeros materiales manufacturados fueron los ladrillos de barro, que se remontan hasta el 13.000a.C, mientras que los primeros ladrillos de arcilla cocida que se conocen existen desde 4.000a.C.

Hoy en día los ladrillos no solo son fabricados con barro o arcilla, sino que también se ha innovado con variedad de materiales, residuos agrícolas, fibras vegetales, etc.

Como es el caso del raquis de palma, residuo proveniente de la extracción del aceite de palma, materia prima utilizada para la presente investigación obtenida de la Planta Extractora de Aceite de Palma (PEXA) localizada en la vía Quinindé - Santo Domingo, que además de ser utilizado para elaborar biofertilizantes para las plantaciones de palma de dicha empresa, elaboración de papel como otra alternativa de aprovechamiento del residuo, elaboración de abono, y el aprovechamiento de su biomasa en la caldera para la generación de energía en el proceso de extracción del aceite, será utilizado para la fabricación de ladrillos ecológicos con características iguales o similares a las de un ladrillo convencional.

Investigaciones similares se han hecho con otras fibras, fabricando distintos materiales de construcción y para mampostería, a continuación se mencionan algunos estudios que guardan relación con la presente investigación:

“Aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar en la fabricación de bloques ecológicos para mampostería liviana” realizado en la ciudad del Puyo. (POZO, 2011)

“Materiales ecológicos para la construcción de viviendas”, realizado en la ciudad de Veracruz, utilizando como materia prima la fibra del bambú y paja. (PEREZ, 2011)

“Desarrollo de un nuevo ladrillo de tierra cruda, con aglomerantes y aditivos estructurales de base vegetal”, realizado en la Universidad Politécnica de Madrid, desarrollando el ladrillo con arcilla, algas y tierra diatomea. (AMORÓS, 2011)

“Uso del cuesco de la Palma Africana en la fabricación de adoquines y bloques de mampostería”. (BUZÓN, 2009)

“Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción”, elaborado con suelo magra y cascarilla de arroz, residuo aprovechado de las piladoras en la ciudad de Navarra-España. (CABO, 2011)

“Fabricación de ladrillos ecológicos a partir de residuos de la palma africana (*Elaeis guineensis*) en combinación con fibras vegetales”, se utilizó el cuesco y fibra del fruto de la palma como materia prima y otras fibras como la fibra de la piña y de abacá para la elaboración del ladrillo. (CONRADO, 2009)

1.3. Fundamentación Teórica

1.3.1. Ubicación del Proyecto

El proyecto se realizará en la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, ubicada en la ciudad de Riobamba, Provincia de Chimborazo.

Tabla 1-1: Ubicación Geográfica

PAÍS	Ecuador
REGIÓN	Sierra Central
PROVINCIA	Chimborazo
CANTÓN	Riobamba
DIRECCIÓN	Panamericana Sur Km 1 1/2 entre Av. Canónigo Ramos y Av. 11 de noviembre, Av. Canonigo Ramos

Realizado por: Daniela Páliz

Fuente: Google Earth

1.3.2. Generalidades del Cultivo de la Palma Africana

El cultivo de palma africana (*Elaeis guineensis Jacq.*) atrae grandes inversiones, genera importantes puestos de trabajo e impulsa el desarrollo agropecuario del país, no sólo desde el punto de vista del cultivo sino por la serie de negocios subyacentes que se generan. Se estima que esta actividad genera 60 mil puestos de trabajos directos y 30 mil indirectos en las actividades relacionadas.

Según Armendáriz (2002) las primeras plantaciones de palma africana en el Ecuador se remontan al año 1953 en Santo Domingo de los Colorados, provincia de Pichincha y en Quinindé, provincia de Esmeraldas, sitios en los que se inician los cultivos a pequeña escala. El crecimiento del sector

palmicultor se da el año 1967, época en la cual ya se habían sembrado alrededor de 1,000 hectáreas.

En la provincia de Esmeraldas se ubica la mayor superficie nacional del cultivo de palma africana, su participación alcanza el 61,4%. Su producción representa el 64,84% de las toneladas métricas del producto, seguida por los Ríos y Nor- oriente con el 14% y el 7,3% respectivamente. En la provincia de Esmeraldas el mayor incremento se registra en el año 2009 con un 52% con respecto al año 2008.

Un resumen de las superficies sembradas, cultivadas, producción de fruta y rendimiento de la palma se pueden ver a continuación:

Tabla 2-1: Producción de Palma Africana en el Ecuador

Año	Superficie sembrada (has)	Superficie cosechada (has)	Producción fruta palma (Tm.)	Rendimiento Tm./ha.
2000	53990	34976	421600	12.06
2001	56789	39719	417466	10.51
2002	59588	44461	413272	9.30
2003	58379	39686	374887	9.45
2004	460419	54596	552515	10.12
2005	79692	70427	764505	10.86
2006	90098	74252	884246	11.91
2007	90013	82121	1118071	13.61
2008	95785	84158	1514434	18.00
2009	146510	124008	1427537	11.51
2010	152679	116898	1848332	15.81
2011	155860	133878	1287996	9.62

Fuente: MAGAP

Requerimientos de Clima y Suelo

- Clima: Sub tropical.
- Humedad: 80%.
- Latitud: La palma africana se extiende entre el 16° latitud N y 15° latitud s.
- Temperatura promedio anual: 22 - 33 °C (óptimo: 28 °C).
- Precipitación anual: 1,500 a 3,000 mm anuales.
- Altitud: 1,700 – 2,500 metros sobre el nivel del mar.

- Tipo de suelo: Franco-limoso o Franco-arcilloso con buen drenaje rico en minerales. El suelo de selva virgen cumple estas condiciones perfectamente.
- Acidez: PH 5.8 – 6.5, no desarrolla en suelos alcalinos.
- Topografía: plana.
- Luz: 1000 horas de sol por año.

Ciclos de Cultivo

- Desarrollo de la plantación 36 meses.
- Inicio de la cosecha 36 meses.
- Vida económica Perenne.

Siembra

- Material de siembra Semillas germinadas en vivero. El sistema de siembra es en tres bolillos.
- Distancia de la siembra 9 m.
- Densidad por hectáreas 143 palmas/ha y 35 cm de profundidad (trasplante de plantas de vivero).

Rendimientos Agrícolas

- El rendimiento de palma africana es progresivo e incrementa con la edad de la plantación hasta estabilizarse.

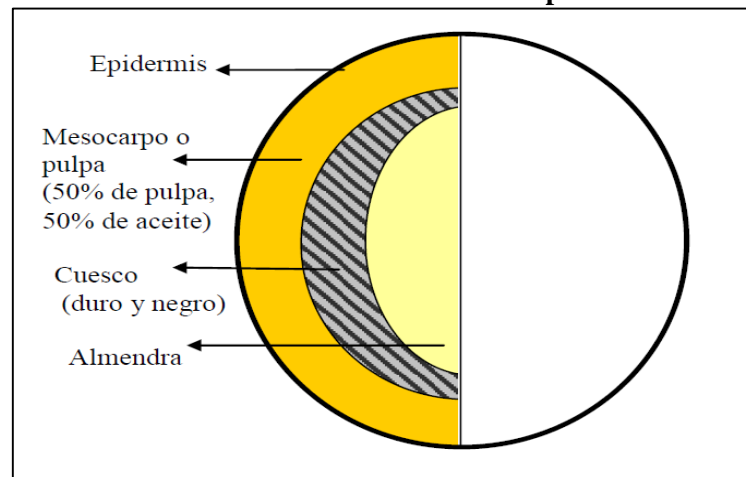
Fisiología de la Palma Africana

La palma africana consta de las siguientes partes:

- Sistema radicular: consta de un sistema bien desarrollado que crece superficialmente entre 0,5 y 1 m de profundidad.
- Estipe (o tallo): tiene forma cilíndrica y puede llegar hasta 30 m en su fase adulta.
- Hojas: Puede producir de 30 a 40 hojas en su forma adulta y forman una corona de 5 a 7 m.
- Inflorescencias: Es monoico, tiene inflorescencias masculinas y femeninas.
- Racimos: nacen de la fecundación de las inflorescencias femeninas y se ven como un péndulo ovoide provisto de espinas cuyo peso varía entre 4 y 70 kg dependiendo de la edad.

- Fruto: Es una drupa sésil ovoide cuyo color y tamaño depende de su ubicación en el raquis. Cuando está maduro se ve violáceo arriba y anaranjado en su base. Su estructura se ve a continuación:

Ilustración 1-1: Estructura del fruto de la palma africana



Fuente: INIAP

1.3.3. Requerimientos Nutricionales de la Palma Africana

La palma africana extrae gran cantidad de nutrientes del suelo. Se considera que por palma y por año se forman aproximadamente 30 hojas, 10 inflorescencias masculinas y nueve racimos. Se estima que la cantidad de material vegetal elaborada anualmente es de 300 a 500 kg de los cuales 80 a 230 kg corresponden a racimos, 150 kg a las hojas y 20 kg a las inflorescencias masculinas. La fertilización en los cultivos de palma africana se realiza al comienzo y/o al final de la época de lluvia junto con la poda o la corona lo cual corresponde a 1,98 veces por año. Las cantidades utilizadas dependen de la edad de la palma. (MIÑO, Juan Pablo. 2004 p.4-8)

1.3.4. Proceso de extracción del Aceite de Palma

- **Pesado de la materia prima:** la materia prima es pesada, luego de pesada la fruta se depositan los racimos de la fruta y el fruto suelto en tolvas para evaluar la calidad de la materia prima.
 - **Transporte en Góndolas:** la fruta se transporta en góndolas que son vagones individuales con capacidad de 2.5 T.M (toneladas métricas) por góndola, para ser llevadas a la esterilización.
- ANEXO N° 1**
- **Esterilización:** aquí, los racimos son sometidos a un proceso de cocinado a una temperatura de 140°C, con el objetivo de facilitar la separación de la fruta del racimo. **ANEXO N° 2**

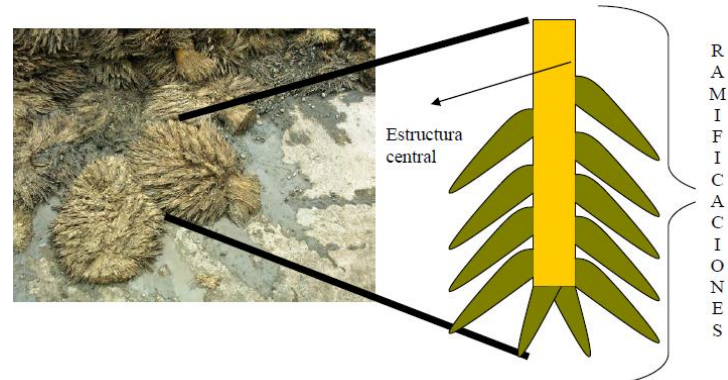
- **Desfrutación:** el fruto entra en un tambor giratorio, con el fin de separar el fruto del racimo. **ANEXO N° 3**
- **Digestión:** el fruto ingresa a un proceso de maceración y calentamiento. **ANEXO N° 4**
- **Prensado:** se extrae el aceite del fruto macerado. El resultante es lo que se conoce como licor de prensa, que contiene aceite, agua y lodos. **ANEXO N° 5**
- **Clarificación:** se separa el aceite, agua y lodos del licor de prensas, esto se consigue al dejar sin movimiento el licor e inducir la separación por los pesos específicos, el agua y lodos son enviados a piscinas de oxidación. **ANEXO N° 6**
- **Almacenado:** el proceso termina aquí, el aceite es almacenado en los tanques con capacidad de 2000 TN (toneladas) para posteriormente ser enviados a la refinería en tanqueros. (OLIJOYA, 2014, p. 1) **ANEXO N° 7**

1.3.5. Raquis de Palma Africana

El raquis de palma africana es un residuo del proceso industrial de extracción de aceite y que constituye aproximadamente el 50% en peso de la fruta para procesar. Esto quiere decir que existe una gran disponibilidad del material que en la práctica es utilizado como fuente de energía en grandes extractoras y como barreras contra insectos en palma jóvenes.

Este residuo constituye el esqueleto donde se ubican las frutas a manera de racimo quedando, después del proceso de desfrute, una estructura de gran dureza formada por un tronco central y varias ramificaciones a manera de puntas. El elemento básico que le confiere sus características al raquis es celulosa, la cual se evidencia como largas fibras. Este posee una relación C/N alta (>25:1) Existen una gran cantidad de formas y de tamaños de raquis, dependiendo de la calidad de la palma y su edad, sin embargo la estructura básica es la siguiente:

Ilustración 2-1: Estructura general del raquis de palma africana



Fuente: Universidad Internacional SEK (UISEK)

1.3.6. Composición del Raquis de Palma

La composición química del raquis es bastante heterogénea, consistiendo principalmente de tres materiales poliméricos: celulosa, hemicelulosa y lignina. Estos materiales están compuestos por moléculas de gran tamaño que constituyen del 95 al 98% de la pared celular. El restante 2-5% son componentes de bajo peso molecular denominados extractivos, la cantidad de estos componentes varía considerablemente entre maderas duras y blandas.

Celulosa

Es el componente mayoritario de los materiales lignocelulósicos. Base estructural de las células vegetales, es la sustancia natural más importante, tanto por su abundancia como por su aprovechamiento tecnológico.

Hemicelulosa

Se engloban dentro de esta denominación el resto de los polisacáridos que se encuentran en los lignocelulósicos además de la celulosa.

Lignina

Es el polímero más abundante en el mundo vegetal y su función es asegurar protección contra la humedad y los agentes atmosféricos además de actuar como elemento aglomerante de las fibras. (AYALA, Olga. 2006 p.6)

Además que está contenida elementalmente de Nitrógeno, Fosforo, Potasio, Magnesio y otros, en los siguientes porcentajes:

Tabla 3-1: Composición del raquis de palma

ELEMENTO	N	P	K	Mg	MO
%	0.5	0.04	5.68	0.8	50

Fuente: (Santos, 2007)

1.3.7. Importancia del Raquis de Palma

En el proceso productivo de la palma de aceite quedan algunos subproductos como el raquis, siendo el contenido de nutrientes (kg/tonelada): nitrógeno 7, fósforo 0.9 potasio 22.4, azufre 1, calcio 2.7, magnesio 1.5 hierro 0.5, manganeso 0.06, cobre; 0.014, Boro 0.025, Zinc 0.05 y sodio 0.018. Además de su papel como fertilizante, tiene funciones muy valiosas como las de ayudar a corregir la estructura del suelo, factor determinante en el desarrollo radicular de la planta, así como las de aportar microorganismos que mejoran las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del suelo, como es el caso de las bacterias nitrificantes, hongos micorrizógenos y antagonistas aumentando sus cantidades en comparación con aquellos hongos fitopatógenos que limitan muchas explotaciones agrícolas.

Varios ensayos en una plantación en Puerto Wilches, Santander, se encontraron que con la aplicación de raquis al cultivo durante tres años consecutivos, se incrementó la producción promedio en 28,58%, equivalente a 6.26 toneladas de racimo de fruto fresco (RFF)/ha/año. A nivel semicomercial la respuesta de la aplicación de tusa, oscila entre 23,7 y 38,37%, correspondiente a 4,77 y 7,72 toneladas de RFF/ha/año respectivamente; además con la aplicación de raquis se mejoraron las propiedades físicas del suelo incrementándose la porosidad, propiedad que se afecta con la compactación y que tiene entre otras funciones mejorar la velocidad de infiltración, mejorando el desarrollo del sistema radicular, Adicionalmente se ha observado un buen estado sanitario de las palmas, especialmente disminuyendo la severidad del añublo foliar causado por *Pestalotiopsis* y *Gloesporium* sp. (MIÑO, Juan Pablo. 2004 p.12)

1.3.8. El Ladrillo

Pieza cerámica, generalmente ortoédrica obtenida por un moldeo, secado y cocción a altas temperaturas de una pasta arcillosa, cuyas dimensiones suelen rondar 24 cm X 11,5 cm X 6 cm. Se emplea en albañilería para la ejecución de fábricas de ladrillo, ya sean muros, tabiques, tabicones, etc. Se estima que los primeros ladrillos fueron creados alrededor del 6.000 a. C.

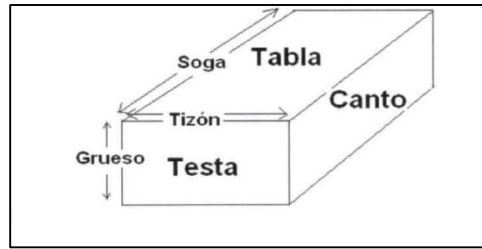
1.3.8.1. Características del Ladrillo Convencional

Geometría

Su forma es un prisma rectangular, en que sus diferentes dimensiones reciben el nombre de soga, tizón y grueso, siendo la soga su dimensión mayor. Así mismo, las diferentes caras del ladrillo reciben el nombre de tabla, canto y testo. (Ver ilustración 3-1)

Por lo general, el lado más largo se conoce como soga, el ancho llamado también tizón, es la mitad de la longitud de la soga, la altura o grueso, puede variar en su longitud dependiendo de los estándares que se siguen. La junta en el vértice donde se une cada una de las caras del ladrillo. Existen diferentes formatos de ladrillos, por lo general de un tamaño que permita manejarlo con la mano. Se destaca el formato métrico, en el que las dimensiones son 24 cm x 11,5 cm x 5,25 cm y el formato catalán utilizado en España, de dimensiones 29 cm x 14 cm x 5 cm.

Ilustración 3-1: Partes del ladrillo



Fuente: Wikipedia

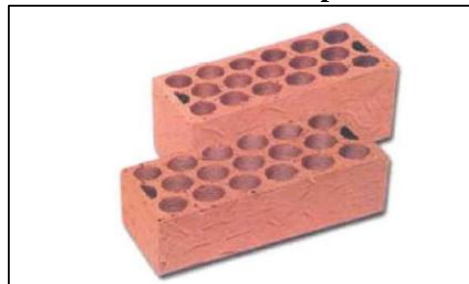
1.3.8.2. Tipos de Ladrillos

Según su forma los ladrillos se clasifican en:

- **Ladrillos Perforados**

Tienen perforaciones en la tabla que ocupan más del 10% de la superficie de la misma. Muy popular para la ejecución de fachadas de ladrillo visto.

Ilustración 4-1: Ladrillo perforado



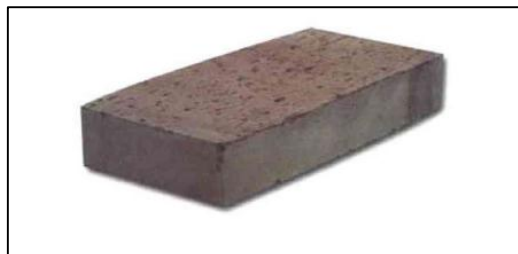
Fuente: wikipedia

- **Ladrillo Macizo**

En su conformación tienen menos de un 10% de perforaciones en la tabla.

Algunos modelos presentan rebajas en dichas tablas y en las testas para ejecución de muros sin llagas.

Ilustración 5-1: Ladrillo macizo



Fuente: Wikipedia

- **Ladrillo Tejar o Manual**

Simulan los antiguos ladrillos de fabricación artesanal, con apariencia tosca y caras rugosas. Tienen buenas propiedades ornamentales.

Ilustración 6-1: Ladrillo tejar o manual

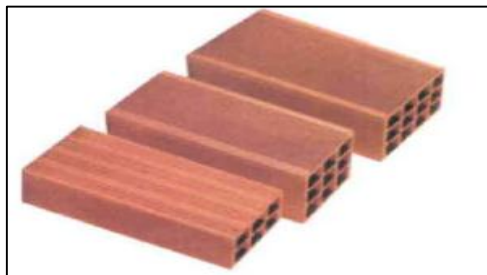


Fuente: Wikipedia

- **Ladrillo Hueco**

Poseen perforaciones en el canto o en la testa, que reducen el volumen de cerámica empleado en ellos. Son los que usan para tabiquería que no vaya a sufrir cargas especiales. Pueden ser de varios tipos:

Ilustración 7-1: Ladrillo hueco



Fuente: Wikipedia

Ladrillo hueco simple

Posee una hilera de perforaciones en la testa.

Ladrillo hueco doble

Posee dos hileras de perforaciones en la testa

1.3.8.3. Usos

Los ladrillos son utilizados en construcción en cerramientos, fachadas y particiones. Se utiliza principalmente para construir muros o tabiques. Aunque se pueden colocar a hueso, lo habitual es que se reciban con mortero. La disposición de los ladrillos en el muro se conoce como aparejo, existiendo gran variedad de ellos.

1.3.9. Fabricación de Ladrillos

Proceso de Elaboración

En la actualidad, se llevan a cabo una serie de procesos estandarizados que comprenden desde la elección del material, hasta el proceso de empaqueo final.

- **Maduración**

Antes de incorporar la arcilla al ciclo de producción, hay que someterla a procesos de trituración, homogenización y reposo, con la finalidad de obtener una adecuada consistencia y uniformidad de las características físicas y químicas deseadas. El reposo a la intemperie tiene, en primer lugar, la finalidad de facilitar el desmenuzamiento de los terrones formados al momento de secarse la arcilla y la disolución de los nódulos para impedir las aglomeraciones de las partículas arcillosas. La exposición a la acción atmosférica (aire, lluvia, sol, hielo, etc.) favorece, además, la descomposición de la materia orgánica que pueda estar presente y permite la purificación química y biológica del material.

- **Humidificación**

Antes de llegar a la operación del moldeo, se saca la arcilla de los cilios y se lleva a un laminador refinador, posteriormente a un mezclador humectante, donde se agrega agua para obtener la humedad precisa.

- **Moldeado**

El moldeado consiste en pasar la mezcla de arcilla a través de una boquilla al final de la extrusora. La boquilla es una plancha perforada que tiene la forma del objeto que se quiere producir. El moldeado, normalmente, se hace utilizando vapor saturado aproximadamente a 130°C. Procediendo de esta manera, se obtiene una humedad más uniforme que está entre 10 y 15% y una masa más compacta, puesto que el vapor tiene un mayor poder de penetración que el agua.

- **Secado**

El secado es una de las fases más delicadas del proceso de producción, de esta etapa depende, en gran parte, el buen resultado y calidad del material, más que nada en lo que respecta a la ausencia

de fisuras. El secado tiene la finalidad de eliminar el agua agregada en la fase de moldeado para, de esta manera, poder pasar a la fase de cocción.

Esta fase se realiza en secadores que pueden ser de diferentes tipos. A veces se hace circular aire, de un extremo a otro, por el interior del secadero y otras veces es el material el que circula por el interior del secadero sin inducir corrientes de aire. Lo más normal es que la eliminación del agua, del material crudo, se lleve a cabo insuflando, superficialmente, al material, aire caliente con una cantidad de humedad variable. Eso permite evitar daños y fisuras posteriores en el ladrillo.

- **Cocción**

Se realiza en hornos de túnel, que en algunos casos pueden llegar a medir hasta 120 m de longitud y donde la temperatura de la zona de cocción oscila entre 900°C y 1000°C.

En el interior del horno, la temperatura varía de forma continua y uniforme. El material secado se coloca en carros especiales, en paquetes estándar y alimentado continuamente por una de las extremidades del túnel (donde sale por el extremo opuesto una vez que está cocido).

- **Almacenaje**

Antes del embalaje, se procede a la formación de paquetes sobre pallets, que permitirán después moverlos fácilmente con carretillas de horquilla. El embalaje consiste en envolver los paquetes con cintas de plástico o de metal, de modo que puedan ser depositados en lugares de almacenamiento para, posteriormente, ser trasladados en camión. (CONRADO, Andrés. 2009 pp.7-15)

1.3.10. Cemento

El cemento es una mezcla de silicatos y aluminatos de calcio. Se obtiene mediante un proceso de cocción a altas temperaturas de calizas y arcillas, en enormes hornos giratorios.

El producto que sale del horno giratorio se denomina Clinker, cuando a este se le añade agua se hidrata y se solidifica progresivamente, en este proceso se desprende calor.

1.3.10.1. Clasificación

Hay varias formas de clasificación dependiendo del fraguado, composición química y aplicación.

- **Por su fraguado:** pueden ser rápidos o lentos según este termine antes o después de una hora.
- **Por su composición química:** naturales, portland, escorias, puzalónicos, aluminosos sulfatados.
- **Por sus aplicaciones:** de alta resistencia inicial, resistencia a los sulfatos.

1.3.10.2. Composición química del cemento

El cemento está compuesto por una serie de componentes con fórmula química un tanto compleja.

- **Silicato tricálcico**

Es el componente mayoritario del cemento, le confiere propiedades como:

Mucha resistencia, endurecimiento rápido, y al hidratarse se desprende mucho calor, por lo que no interesa un cemento muy rico en silicato tricálcico cuando se trabaja en grandes volúmenes de cemento (prensas, puentes). Fórmula química: $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$

- **Silicato dicálcico**

Presenta un calor de hidratación inferior al del silicato tricálcico. Le confiere propiedades al cemento como: mucha resistencia, endurecimiento progresivo, fórmula química: $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$

- **Aluminio tricálcico y aluminio tetracálcico**

El aluminio tricálcico le proporciona al cemento muy poca resistencia, se altera fácilmente en presencia de sulfatos.

El aluminio tetracálcico suele llevar incorporados óxidos de hierro.

Los cementos que contengan estos componentes en porcentajes altos, necesitan de mucha hidratación.

Fórmula química: $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ y $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$

- **Óxido de magnesio**

El óxido de magnesio procede al carbonato de magnesio que puede estar mezclado con las materias primas, sobre todo con la caliza.

Fórmula química: MgO

- **Trióxido de azufre**

Procede de los combustibles que adicionamos al horno giratorio para la realización del proceso de cocción. Fórmula química: SO_3

- **Óxido de potasio y óxido de sodio**

Son componentes minoritarios del cemento, se encuentran en algunas arcillas y es necesario eliminarlos por volatilización. Fórmulas químicas: K_2O y Na_2O . (RUIZ, Javier. 2009 pp.5-7)

1.3.10.3. Características físicas y mecánicas del cemento

Las características físicas y mecánicas más importantes del cemento son:

1. Finura del molido: característica íntimamente ligada al valor hidráulico del cemento, ya que influye en la velocidad de las reacciones químicas durante el fraguado. Los granos de arena se hidratan hasta una profundidad de 0.01mm, por lo que, si no son demasiados gruesos quedarán un núcleo inerte bajando su rendimiento.

2. Expansión: la estabilidad de volumen tiene por objetivo manifestar, a corto plazo, el riesgo de expansión tardía que puede tener un cemento fraguado debido a la hidratación del óxido de calcio y del óxido de magnesio libre.

3. Fraguado: la velocidad de fraguado de un cemento viene limitada por las normas estableciendo un período de tiempo, a partir del amasado, dentro del cual deben producirse el principio y fin del fraguado.

- **Fraguado inicial:** es el tiempo transcurrido desde que se añade agua a la mezcla hasta que empiece a perder plasticidad y ganar resistencia.
- **Fraguado final:** es el tiempo transcurrido desde que se añade agua a la mezcla hasta cuando esta, está lo suficiente endurecida tal que, al añadir más agua no sufre alteración de ningún tipo.
- **Falso fraguado:** endurecimiento prematuro de la mezcla que tiene lugar de 1 a 5 minutos después de comenzar el amasado, debido a la deshidratación de la piedra y yeso durante la molienda. (POZO, Clara. 2011 pp.41,42)

1.3.10.4. Cemento Portland

Es un aluminio silicato de calcio, patentado por J. Aspdin y denominado Portland por su semejanza a una piedra que abunda en esa localidad de Inglaterra. Se obtiene por calentamiento incipiente

(aproximadamente 1300°C) de una mezcla de minerales finamente molidos, formados por piedra caliza y arcilla. El calentamiento se efectúa en hornos giratorios levemente inclinados de 3m de diámetro y 100m de largo. (CEMENTO PORTLAND, Unne. pp.1-3)

Tabla 4-1: Componentes del cemento portland

Nombre	Fórmula	Fórmula del óxido	Porcentaje
Silicato dicálcico	Ca_2SiO_4	$\text{SiO}_2 \cdot 2\text{CaO}$	32%
Silicato tricálcico	Ca_3SiO_5	$\text{SiO}_2 \cdot 3\text{CaO}$	40%
Aluminio tricálcico	$\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_5$	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaO}$	10%
Ferroaluminato tetra cálcico	$\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{Fe}_2\text{O}_{10}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{CaO}$	9%
Sulfato de calcio	CaSO_4		2-3%

Elaborado por: Daniela Páiz

Fuente: UNNE (Universidad Nacional del Nordeste)

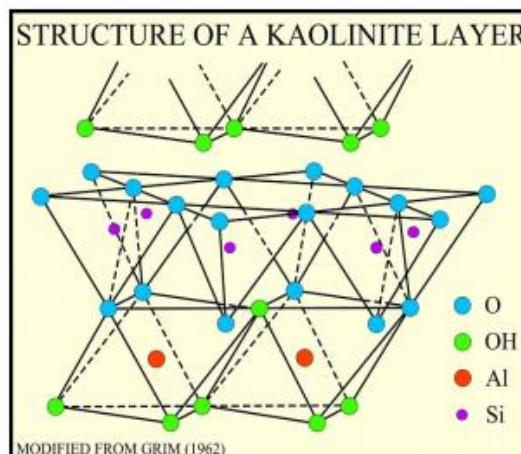
1.3.11. Los Agregados

1.3.11.1. Arcilla

La arcilla es una sustancia mineral terrosa compuesta de hidrosilicato de alúmina que se hace plástica cuando se humedece y dura cuando se calcina. Esta sustancia es la materia prima fundamental para la elaboración de cerámicos refractarios debido a la alta temperatura de cocción que exhibe y su capacidad de no perder solidez.

Las propiedades de la arcilla derivan, principalmente, de su extremadamente pequeño tamaño partícula (inferior a 2 μm), su morfología laminar (filosilicatos) y las sustituciones isomórficas, que dan lugar a la aparición de carga en las láminas y a la presencia de cationes débilmente ligados en el espacio interlaminar.

Ilustración 8-1: Estructura de las láminas de arcilla



Fuente: UPNA (Universidad Pública de Navarra)

Propiedades de la Arcilla

Las propiedades más importantes son:

- **Plasticidad:** propiedad por la cual mediante la adición de una cierta cantidad de agua, la arcilla adquiere la forma deseada.
- **Merma:** propiedad que se produce debido a la evaporación del agua contenida en la pasta y se representa con un encogimiento denominado merma durante el secado.
- **Refractariedad:** todas las arcillas son refractarias, es decir, resisten los aumentos de temperatura sin sufrir variaciones, aunque cada tipo de arcilla tiene una temperatura de cocción.
- **Porosidad:** varía según el tipo de arcilla. Esta depende de la consistencia más o menos compacta que adopta el cuerpo cerámico después de la cocción. Las arcillas que cuecen a baja temperatura tienen un índice más elevado de absorción puesto que son más porosas.
- **Color:** las arcillas presentan coloraciones diversas después de la cocción debido a la presencia en ellas de óxido de hierro y carbonato cálcico.

Tipos de Arcilla

- **Según la naturaleza:** primarias y secundarias. Las primarias son las formadas en rocas madres y no han sido transportadas por el agua, viento o glaciares. Las secundarias son las que han sido desplazadas del lugar de las rocas madres originales.
- **Según la plasticidad:** plástica y antiplástica. Las plásticas hacen pasta con el agua y se convierten en modelables. Las antiplásticas confieren a la pasta una determinada estructura, que pueden ser químicamente inertes en la masa o crear una vitrificación en altas temperaturas.
- **Según el color y porosidad:** arcillas porosas coloreadas (tejares y alfares en bruto, arcillas fusibles, gres finos, clinkers, arcillas vitrificables) y arcillas porosas blancas (mayólicas finas, arcillas refractarias, porcelanas tiernas, duras y china, caolines).

Según su fusibilidad: refractarias y fusibles. Las refractarias son arcillas y caolines cuyo punto de fusión está comprendido entre 1600 y 1750°C, son blancas, grises y pocos coloreados luego de su cocción. Los fusibles son arcillas con punto de fusión por encima de 1100°C, son de color castaño, ocre, amarillo o marfil tras su cocción y suelen encontrarse cerca de la superficie del suelo. (TUFÍÑO, Gabriela. Etal. 2012 p.2)

1.3.11.2. Arena

Se denominan así a la fracción menor a 5mm, es el árido de mayor responsabilidad, al punto que podría decirse que no es posible hacer un buen hormigón sin una buena arena. Las mejores arenas son las del río.

Las arenas que provienen de la trituración de granitos, basaltos y rocas análogas, son también excelentes.

Las procedentes de caliza son de calidad muy variable, la humedad de la arena es de gran importancia en la dosificación de hormigones, las arenas no deben contener sustancias perjudiciales para el hormigón. (ARENA. Pozo Carla. 2011)

1.3.12. Ladrillos ecológicos fabricados a base de fibras vegetales y otros residuos

Un proceso similar al a los ladrillos convencionales, es el proceso de ladrillos ecológicos en base a fibras y residuos vegetales, tal es el caso de ladrillos fabricados con fibras de cáñamo y otros productos y residuos.

Unidad Editorial Internet, S.L., en su portal internet explica de una fábrica de ladrillos de origen vegetal en Granada, España, que hace nueve años, la arquitecta Monika Brümmer montó la empresa Cannabric, donde fabrica artesanalmente ladrillos de cáñamo, estos son elaborados con fibra de cáñamo industrial, cal hidráulica natural y una mezcla de minerales, además de tierra procedente de las cuevas de Guadix. “Los componentes se mezclan, se presan unos bloques macizos y se secan al aire, por lo que el consumo de energía en la fabricación es baja” explica Brümmer. (UNIDAD EDITORIAL INTERNET. 2008, p.1)

Ilustración 9-1: Ladrillo de cáñamo



Fuente: Unidad Editorial Internet, S.L.

En Argentina se han elaborado ladrillos con materiales similares a los utilizados en España, algunos de los materiales que se emplean en la fabricación de ladrillos ecológicos en Argentina son residuos de polietileno de baja densidad provenientes del embalaje de gaseosas, envolturas de caramelo, cascara de maní que son quemadas, enterradas o abandonadas al aire libre en la zona de Gral. Cabrera Córdoba.

El material polietileno es lavado para retirar cualquier tipo de sustancia o materia de origen, para luego ser triturado y mezclado con los otros aditivos, colocado en un molde y prensado, para ser retirado y secado al aire libre. (GAGGINO, Rosana. 2008, pp. 1-5)

**Ilustración 10-1: Ladrillo con residuos plásticos
Y maní**



Fuente: CEVE/CONICET

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Recolección de la Materia Prima y Molienda del Raquis

El Raquis de Palma Africana, escogido para la fabricación de los ladrillos ecológicos, fue de la Extractora de Aceite de Palma Africana (PEXA), que es desechado y aglomerado en una esquina de la planta luego de entrar al proceso de extracción del aceite, donde el mismo termina su ciclo en el proceso de Desfrutación, que no es más que la separación del fruto de la palma del racimo del raquis.

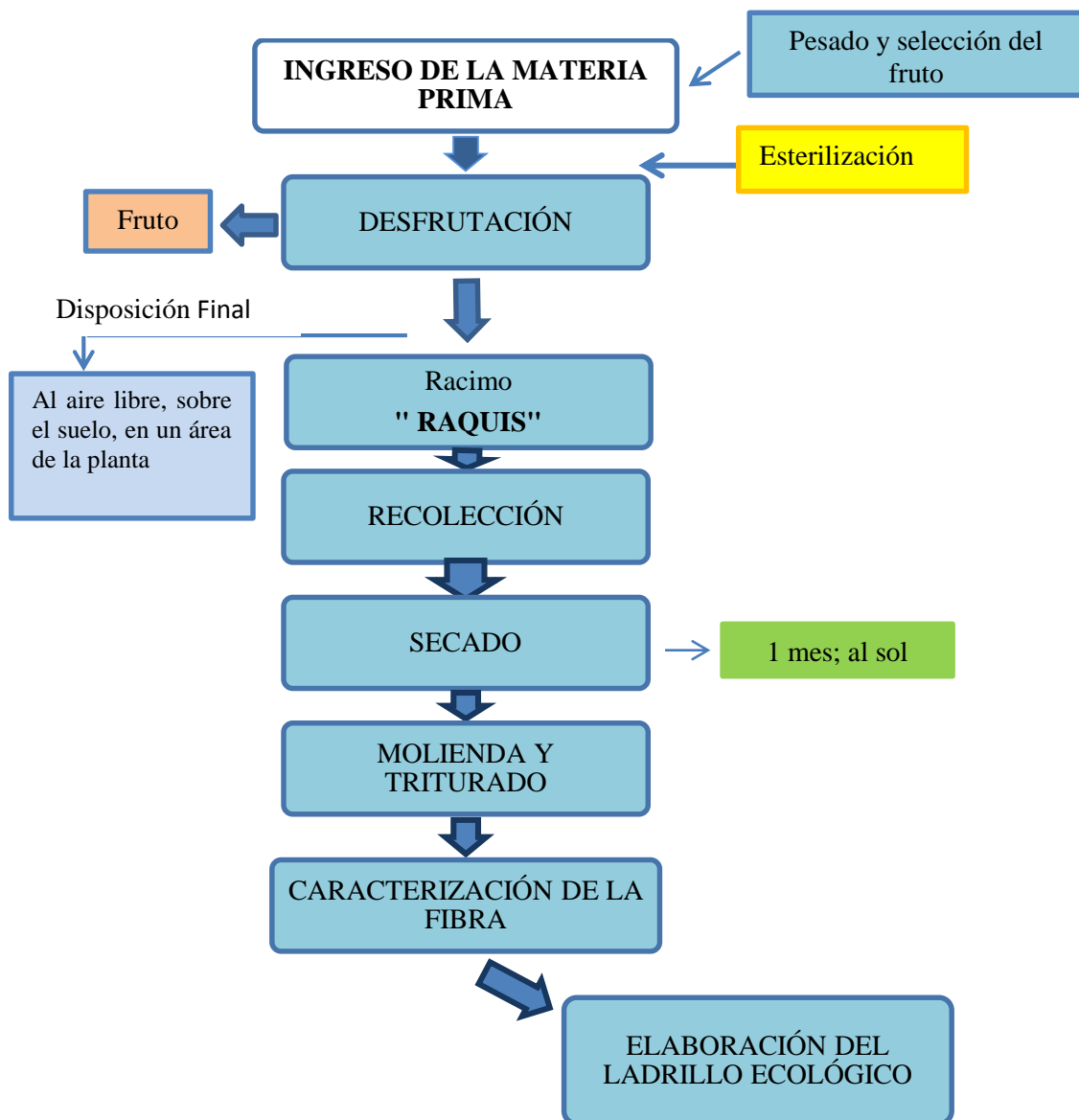
La recolección de la materia prima (raquis) se realizó en sacas y de forma manual, en cada saca se recolectó de 10 a 15 raquis, la cantidad de raquis en cada saca depende del tamaño del raquis. Se utilizó nueve sacas para la recolección, un peso total de aproximadamente dos quintales de raquis recolectado.

El raquis recolectado fue colocado sobre una superficie limpia y sin humedad, con el fin de evitar proliferación de insectos o generación de malos olores. Posteriormente su secado se realizó al aire libre con presencia del sol, por el tiempo de un mes, para luego ser llevada a su molienda y triturado, proceso que se realizó en la Extractora de Aceite de Palma TEOBROMA, este raquis secado al sol no pudo ser triturado, debido a su textura demasiado dura y áspera el tornillo de la molidora no dio vueltas, por lo que se optó por utilizar el raquis húmedo salido de la extracción del aceite, en ese estado el raquis pudo ser molido y triturado.

El proceso de molienda y triturado comenzó con el transporte del raquis a través de una banda transportadora, que dirige el mismo hasta un molino mecánico, este molino posee unas pequeñas cuchillas adheridas a un tornillo giratorio que cortan el raquis y luego pasa por una prensadora que extrae el aceite que aún pueda contener el raquis, este aceite es almacenado durante este proceso en un tanque metálico por medio de una tubería conectada a la prensadora.

El raquis es expulsado por la máquina una vez terminado el proceso de molienda y triturado, donde pasa de ser una estructura húmeda y pesada, a ser, una fibra suave y con poco contenido de humedad. **ANEXO 13**

Ilustración 1-2: Obtención, recolección, molienda del raquis



Realizado por: Daniela Páliz

2.2. Análisis Físico Químico del Raquis

2.2.1. Caracterización Física del Raquis

La fibra utilizada para la investigación no tuvo ningún tratamiento previo, para evitar formación de hongos fue expuesta al sol hasta su secado. Las pruebas realizadas en esta sección se llevaron a cabo en el laboratorio de Análisis Instrumental de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

Humedad

Tiene como finalidad determinar el contenido de humedad en muestra, en esta ocasión, el contenido de humedad de la fibra del raquis.

El método utilizado es por medio del secado a estufa, donde la humedad se expresa en relación al peso del agua presente en una determinada muestra de fibra y el peso de la muestra luego de ser secada en la estufa.

La prueba comienza pesando el recipiente de aluminio vacío y luego 5 gramos de la fibra en el recipiente de aluminio en la balanza de 0.001g de precisión, una vez pesada la muestra se ingresó a la estufa y se dejó secar por tres horas. Una vez culminado el tiempo de secado, la muestra fue colocada en un desecador para que alcance una temperatura ambiente para luego ser pesada junto con el recipiente de aluminio. El contenido de humedad se calcula por la siguiente fórmula:

$$\% \text{ humedad} = [(P_i - P_f) / P_m] * 100$$

P_i, peso de la muestra + placa al inicio; P_f, peso de la muestra + placa luego del secado; P_m, peso de la muestra.

Absorción

Para evaluar esta propiedad las fibras se cortaron a una longitud de 30mm y se formaron tres muestras de fibra 5g cada una. Las tres muestras fueron secadas en la estufa a una temperatura de 100°C durante dos horas, posteriormente se pesan en la balanza de 0.001g de precisión obteniendo el peso seco (PS). Se saturaron en agua destilada, cada una con un respectivo tiempo de saturación. Los tiempos de saturación fueron 5, 15 y 30 min. Al término de cada periodo se trató de obtener la condición saturada seca, frotando la fibra suavemente con papel absorbente durante 2 min hasta que su apariencia sea opaca sin presencia de agua entre ellas, y al pasar nuevamente el papel no presente humedad. Después se pesaron las muestras obteniendo el peso saturado superficialmente seco (PSSS). De esta forma el porcentaje de absorción se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Absorción} = \frac{PSSS - PS}{PS} * 100$$

Ilustración 2-2: Prueba de absorción



Realizado por: Daniela Páliz

Peso Específico

El procedimiento usado fue el siguiente: el picnómetro fue lavado para quitar cualquier tipo de impurezas o sustancia que pueda alterar los resultados y secado en la estufa, una vez seco, se pesó en una balanza de 0.001g de precisión para conocer su peso seco (W1), se le agregó agua hasta la marca del aforo y se obtuvo su peso (W2), la diferencia entre ambos es el peso del volumen de agua sin fibra. Posteriormente, se colocó en el picnómetro vacío la fibra seca y se pesó (W3), se le fue agregando agua hasta llegar a la marca del aforo tratando de no dejar aire atrapado, se vació el contenido y se tomó el último peso (W4). El peso específico se obtiene por la siguiente fórmula:

$$\text{Peso específico} = \frac{\text{peso seco de la fibra}}{\text{peso del volumen de agua desalojado}} \quad (\text{Raven.H,Evert, Eichhorn,1992})$$

Peso del volumen de agua desalojado (W2-W1)-(W4-W3)

2.2.2 Caracterización Química del Raquis

Estos análisis se determinaron en el laboratorio de Centros de Servicios Técnicos Y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA). Los parámetros analizados fueron Potencial de Hidrógeno (pH), Carbono Orgánico, Nitrógeno y Silicio.

Tabla 1-2: Parámetros Químicos analizados

PARÁMETEROS	MÉTODO/FORMA	UNIDAD	RESULTADO
Potencial de Hidrógeno	EPA 9045 D	Unidades de pH	8,35
Carbono Orgánico Total	Oxidación Húmeda/Walkley & Black	mg/kg	55,85
Nitrógeno Total	AOAC 978.04	mg/kg	0,36
Silicio	EPA 3051/6010 B	mg/kg	245.87

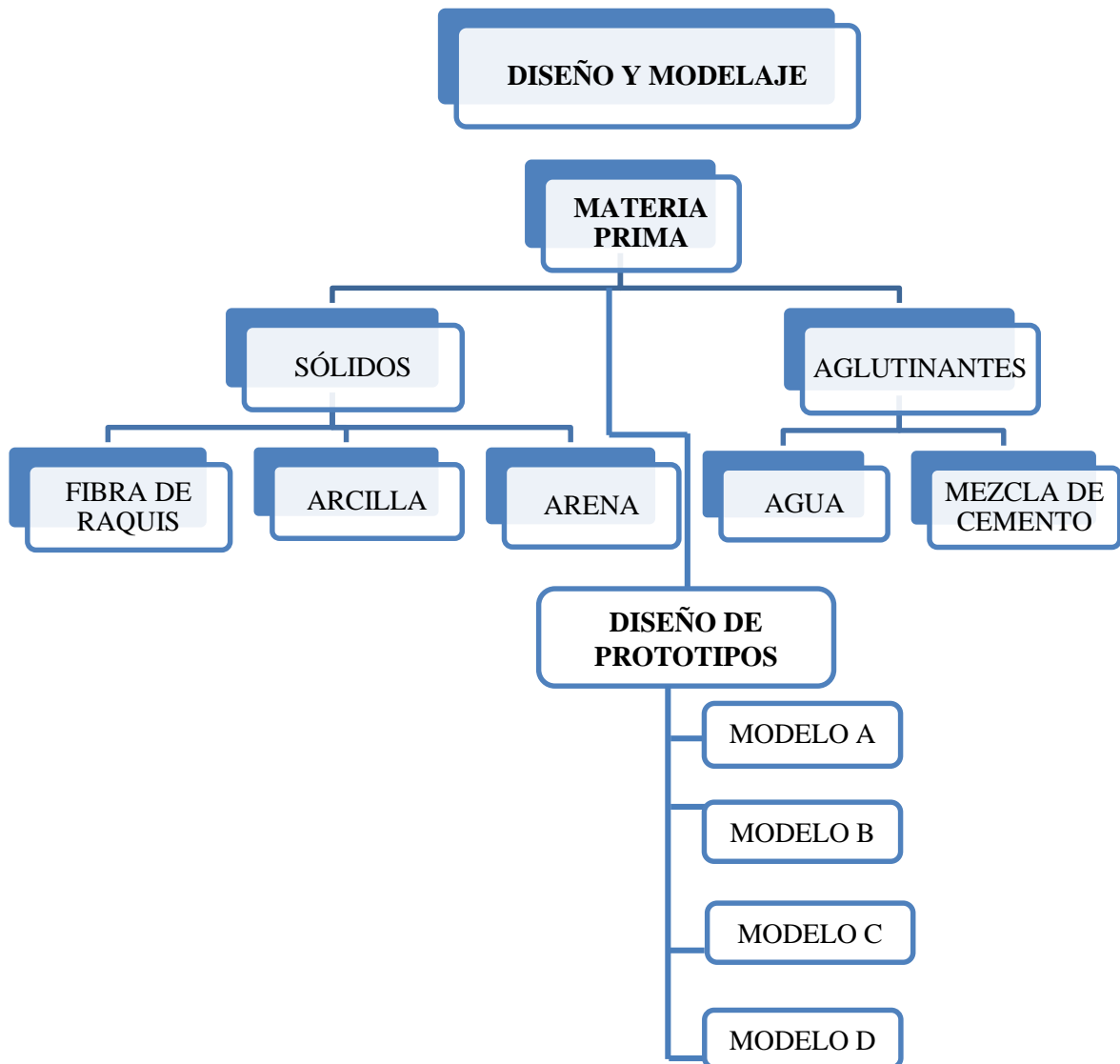
Realizado por: Daniela Páliz

Fuente: Lab. CESTTA

2.3 Formulación para obtención del Ladrillo Ecológico

Se diseñó 4 modelos de ladrillos ecológicos con su respectiva materia prima y formulaciones. El siguiente diagrama se aprecia cómo están diseñados y modelados los prototipos de los ladrillos ecológicos. Cada modelo tiene su propia composición y formulación.

Ilustración 3-2: Diagrama diseño y modelaje de los ladrillos ecológicos



Realizado por: Daniela Páliz

2.3.1. Modelo A

La principal característica del modelo A, es tener en su mezcla todos los componentes descritos en el diagrama anterior.

Tabla 2-2: Composición del modelo A, en porcentaje

COMPOSICIÓN DEL MODELO A				
RAQUIS	ARENA	ARCILLA	CEMENTO	AGUA
38	18	32	5	7

Realizado por: Daniela Páliz

2.3.2. Modelo B

Este modelo la característica principal es que tiene como únicos componentes sólidos la arcilla y la fibra de raquis de palma africana.

Tabla 3-2: Composición del modelo B, en porcentaje

COMPOSICIÓN DEL MODELO B				
RAQUIS	ARENA	ARCILLA	CEMENTO	AGUA
41	-	50	-	9

Realizado por: Daniela Páliz

2.3.3. Modelo C

Este modelo la característica principal es que la fibra raquis de palma africana predomina.

Tabla 4-2: Composición del modelo C, en porcentaje

COMPOSICIÓN DEL MODELO C				
RAQUIS	ARENA	ARCILLA	CEMENTO	AGUA
51	18	-	5	8

Realizado por: Daniela Páliz

2.3.4. Modelo D

Este modelo la característica principal es que como componente sólido solo contiene fibra de raquis de palma y la mezcla de cemento.

Tabla 5-2: Composición del modelo D, en porcentaje

COMPOSICIÓN DEL MODELO D				
RAQUIS	ARENA	ARCILLA	CEMENTO	AGUA
58	-	-	34	7

Realizado por: Daniela Páliz

2.3.5. Diseño del ladrillo ecológico

Tomando como referencia las características del ladrillo convencional, se diseñó el ladrillo ecológico.

Las características del ladrillo ecológico están basadas en la Norma Ecuatoriana INEN 297, “Ladrillos Cerámicos, Requisitos”. **ANEXO N° 22**

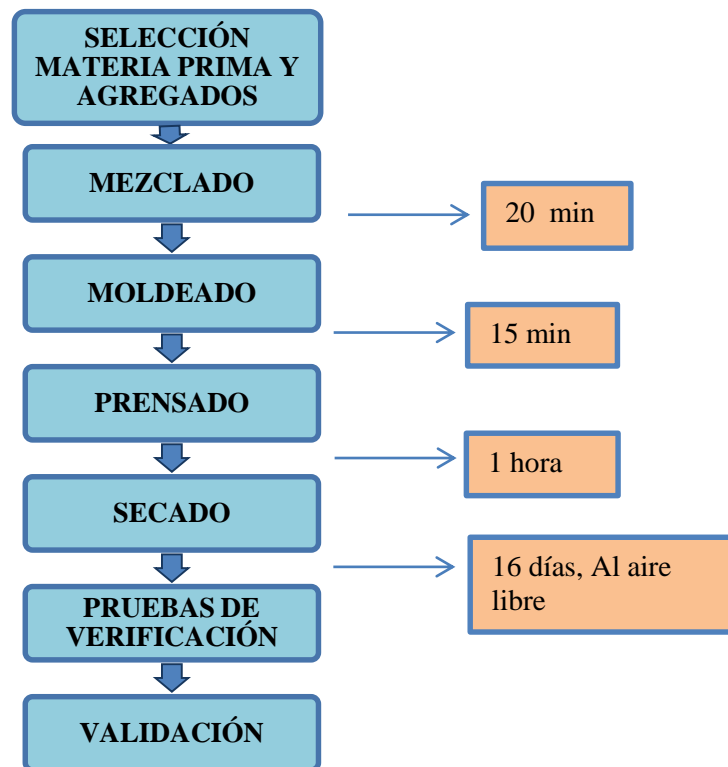
Forma: la forma de los modelos del Ladrillo ecológico es de un cubo rectangular, macizo, pueden tener imperfecciones en sus caras exteriores, así como variaciones de rectitud en sus aristas, por ser fabricados a mano. (INEN293, 1978) **ANEXO N°23**

Dimensiones: Lado (L) = 25 cm; Ancho (A) = 12 cm; Alto (H) = 5 cm.

2.4. Obtención y secado del Ladrillo Ecológico

En el siguiente diagrama se describe de forma general las diferentes etapas en el proceso de obtención del ladrillo.

Ilustración 4-2: Obtención del ladrillo ecológico



Realizado por: Daniela Páliz

2.4.1. Fabricación del Modelo A

La mezcla que comprende este prototipo es equivalente al 18% de arena que equivale en peso a 120 gramos; 38% de raquis que equivale en peso a 250 gramos; 5% de cemento que equivale en peso a 35 gramos; 32% arcilla que equivale en peso a 210 gramos y 7% de agua que equivale a 50 gramos, una vez pesadas en las proporciones indicadas se procede a mezclar el material consiguiendo una mezcla uniforme. Posteriormente se coloca en el molde y se procede a prensar por una hora, luego del tiempo de prensado se desmonta el molde quedando el ladrillo listo para secar, su secado será por un tiempo de 16 días al aire libre.

Ilustración 5-2: Fabricación del modelo A



Realizado por: Daniela Páliz

2.4.2. Fabricación del Modelo B

La mezcla que comprende este prototipo es equivalente al 50% de arcilla que equivale en peso 495 gramos; 41% de raquis que equivale en peso a 400 gramos y 9% de agua que equivale en peso a 86 gramos. Una vez pesadas en las proporciones indicadas, se mezcla el material hasta conseguir una mezcla uniforme, posteriormente se coloca la mezcla en el molde y se prensa por una hora, luego del tiempo de prensado se desmonta el molde, quedando el ladrillo listo para secar, el secado será por un tiempo de 16 días al aire libre.

Ilustración 6-2: Fabricación del modelo B

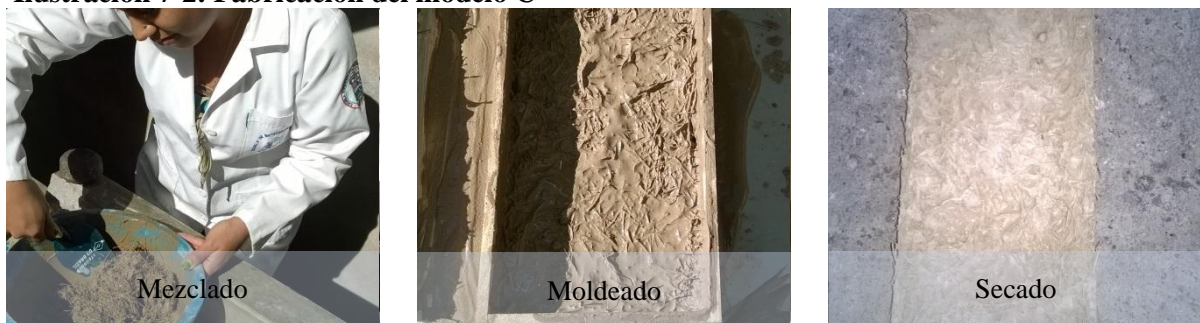


Realizado por Daniela Páliz

2.4.3. Fabricación del Modelo C

La mezcla que comprende este prototipo es equivalente al 18% de arena que equivale en peso a 124 gramos; 51% de raquis que equivale en peso a 350 gramos; 5% de cemento que equivale en peso a 35 gramos y 8% de agua que equivale a 52 gramos, una vez pesadas en las proporciones indicadas se procede a mezclar el material consiguiendo una mezcla uniforme. Posteriormente se coloca en el molde y se procede a prensar por una hora, luego del tiempo de prensado se desmonta el molde, quedando el ladrillo listo para secar, su secado será por un tiempo de 16 días al aire libre.

Ilustración 7-2: Fabricación del modelo C



Realizado por: Daniela Páliz

2.4.4. Fabricación del Modelo D

La mezcla que comprende este prototipo es equivalente al 58% de raquis que equivale en peso a 300 gramos; 34% de cemento que equivale en peso a 176 gramos y 7% de agua que equivale en peso a 38 gramos.

Una vez pesadas en las proporciones indicadas se procede a mezclar el material hasta obtener una mezcla uniforme, posteriormente se coloca la mezcla en el molde, distribuyendo bien la mezcla, se prensa por una hora, una vez finalizado el tiempo de prensado se desmonta el molde, el ladrillo queda listo para secar, su secado se realiza al aire libre su tiempo será de 16 días.

Ilustración 8-2: Fabricación del modelo D



Realizado por: Daniela Páliz

2.5. Pruebas mecánicas

2.5.1. Prueba de Compresión

Para la realización de esta prueba se verifica que las caras de los ladrillos estén planas y paralelas. Se pesan los ladrillos y se toma las dimensiones.

Posteriormente se coloca la muestra (ladrillos ecológicos) en la máquina de ensayo centrándola con respecto a la rótula, de manera que la carga se aplique en la dirección de su menor dimensión, la carga se aplica lentamente hasta que la parte superior del ladrillo tome contacto con la superficie de la máquina, luego se aplica aproximadamente un 30% de la carga máxima probable, la cual será a cualquier velocidad.

La carga restante se aplica gradualmente, en un tiempo no inferior a un minuto ni superior a dos, se toma la lectura de la carga máxima aplicada, y se procede a realizar los cálculos.

La resistencia a la compresión se calcula por la ecuación siguiente:

$$\text{Compresión (C)} = \frac{P}{A}$$

Dónde:

C = resistencia a la compresión.

P = carga aplicada y A = área de contacto del ladrillo.

Ilustración 9-2: Ensayo de compresión



Realizado por: Daniela Páliz

2.5.2. Prueba de Flexión

Para la presente prueba se toma las dimensiones de la muestra a ensayar (ladrillos ecológicos), luego colocamos el ladrillo sobre los apoyos, anotando la longitud de la luz a la que se encuentran los ejes de dichos apoyos.

Se aplica la carga lentamente hasta que la línea central superior tome contacto con la superficie de la máquina (ver ilustración 10-2), la velocidad de aplicación de la carga será tal que el cabezal de la máquina no avance más de 1,5 mm por minuto.

Se colocan 3 líneas de contacto las cuales se mantendrán paralelas hasta la rotura de la muestra y finalmente se toma la lectura de la carga máxima aplicada, y se procede a realizar los cálculos.

La resistencia a la flexión se calcula por la ecuación siguiente:

$$\text{Flexión} = \frac{3Pl}{2bh^2}$$

Dónde:

P = Carga de rotura aplicada.

l = Luz entre los soportes.

b = Ancho del ladrillo

h = Espesor del ladrillo.

Ilustración 10-2: Ensayo de flexión



Realizado por: Daniela Páliz

2.5.3. Porcentaje de Absorción

Se realizó el muestreo de tres ladrillos enteros (modelo A, B, D), posteriormente las tres muestras fueron sumergidas en agua destilada a una temperatura de 15 a 30 °C durante 24 horas.

Las muestras se secan superficialmente con una toalla húmeda, se pesa cada muestra y luego pasan al horno por un tiempo de 24 horas a una temperatura constante de 110°C.

Se deja enfriar las muestras y volvemos a tomar el peso de cada una, una vez obtenido el peso seco de la muestra procedemos a calcular con la siguiente fórmula:

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

Dónde:

P2 = peso de la muestra superficialmente seca después de 24 horas de inmersión.

P1 = peso de la muestra seca en el horno.

Ilustración 11-2: Ensayo de porcentaje de absorción



Realizado por: Daniela Páliz

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados

3.1.1. Resultados de la caracterización física del Raquis

3.1.1.1. Contenido de Humedad

El raquis es considerado como una fibra con alto contenido de humedad por lo que es utilizado como fuente de hidratación para las palmeras en épocas de mucho sol.

Para conocer el contenido de humedad de la fibra de Raquis, se tomaron tres muestras de la misma y se calcularon sus porcentajes de humedad, obteniendo una humedad promedio de 33,47% como se indica en la Tabla 1-3.

Tabla 1-3: Contenido de humedad en la fibra

FIBRA VEGETAL	Cantidad de la muestra (g)	Peso del plato vacío (g)	Plato + muestra húmeda (g)	Plato + muestra seca (g)	% de Humedad
MUESTRA 1	5	3,67	8,67	7,45	24
MUESTRA 2	5	0,71	5,71	4,11	32
MUESTRA 3	5	0,75	5,75	3,55	44
PROMEDIO					33,47

Realizado por: Daniela Páliz

El contenido de humedad varía entre las tres muestras debido a las condiciones en las que fueron tomadas, la Muestra 1, presenta un contenido de humedad bajo de 24% con respecto a las demás, se debe a que ésta muestra a estado expuesta al aire lo cual ha producido que la fibra pierda poco a poco el contenido de agua que presenta.

La Muestra 2 y Muestra 3, presenta un contenido de humedad del 32% y 44%, con relación a la muestra anterior su valor es alto, esto se debe a que fueron tomadas de la parte media y final de la saca donde fueron almacenadas, donde no existe un contacto directo con el aire y su contenido de agua se mantiene.

3.1.1.2. Porcentaje de Absorción de Agua

Las fibras naturales tienen la capacidad de absorber grandes cantidades de agua. La capacidad de absorción promedio del raquis es de 81% como se indica en la Tabla 2-3 y se lo obtuvo a partir de tres muestras de raquis en condiciones húmedas.

Tabla 2-3: Capacidad de absorción de la fibra

MUESTRA	Tiempo de saturación (min)	W Seco (g)	W Saturado Superficialmente Seco (g)	W del Agua Absorbida (g)	% de ABSORCIÓN
1	5	0,91	1,57	0,66	71
2	15	0,92	1,71	0,79	86
3	30	0,92	1,71	0,79	86
PROMEDIO					81

Realizado por: Daniela Páliz

Lo anterior puede deberse a la porosidad que presenta la fibra de Raquis, en la tabla anterior se puede observar que tanto en el tiempo de 5 minutos y 30 minutos la fibra absorbe el mismo porcentaje de agua, deduciendo que la fibra probablemente podrá absorber solo hasta un 86% de agua quedando así saturada, esto se debe a que la fibra de raquis por naturaleza ya posee un porcentaje agua.

En la parte práctica la alta capacidad de absorción de la fibra de Raquis puede interferir en la relación agua/componentes, generando mezclas poco manejables y problemas en la compactación, esto se puede dar por que la fibra absorberá el agua de reacción.

3.1.1.3. Peso específico

La fibra del raquis presenta un peso específico de 0,10 gramos como se indica en la Tabla 3-3, Esta característica física del raquis es importante para el uso que se le va a dar, por el bajo peso que posee permitirá obtener ladrillos más livianos en comparación a los ladrillos tradicionales.

Tabla 3-3: Peso específico de la fibra de raquis

Picnómetro seco y vacío W1 (g)	Picnómetro con agua W2 (g)	Picnómetro con fibra seca y agua W3 (g)	Picnómetro vacío W4 (g)	Fibra seca (g)	(W2-W1)-(W4-W3) g	PESO ESPECÍFICO (g)
11,48	11,52	21,21	12,31	0,91	8,94	0,10

Realizado por: Daniela Páliz

3.1.2. Resultado de las Pruebas Mecánicas

Se procedió a realizar los siguientes ensayos como indica la INEN, Compresión, Flexión y Humedad.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la prueba de compresión con una edad de 21 días tenemos que el primer ladrillo ecológico Modelo “A” presenta una resistencia de 14,38 Mpa, el segundo ladrillo Modelo “B” 4,4 Mpa, el tercer ladrillo Modelo “C” 3,34 Mpa y el cuarto ladrillo Modelo “D” 11,20 Mpa. Como indica la Tabla 4-3.

Tabla 4-3: Resistencia de los ladrillos a la compresión

MUESTRA (4)	EDAD (días)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (Mpa)	PESO UNITARIO (grs./cm3)
A	21	35,95	14,38	1,07
B	21	11	4,4	1,37
C	21	8,35	3,34	0,72
D	21	28	11,20	1,35

Realizado por: Daniela Páiz

Los Modelos A y D superan los valores de resistencia a la compresión con respecto a lo establecido en la Norma Ecuatoriana INEN 297, “Ladrillos Cerámicos, Requisitos” la misma que reporta un valor de 6 Mpa como requisito. Por lo tanto el raquis ayuda a mantener la forma del ladrillo mientras recibe el peso para su deformación en la presente prueba.

Por otra parte los ladrillos B y C no superaron los valores establecidos en la norma. El ladrillo B cuya composición es arcilla y raquis para haber obtenido mayor resistencia y durabilidad tendría que haber sido horneado como un ladrillo convencional, debido a que la arcilla necesita entrar en un proceso de cocción para perder su elasticidad y volverse dura y compacta, pero no fue así, en la presente investigación su secado se realizó al aire libre, que no fue suficiente para obtener un ladrillo resistente en esta prueba. Y en el ladrillo C el raquis por encontrarse en mayor cantidad absorbió gran parte de los componentes dejando un ladrillo delgado y frágil lo que no permitió resistir a la presente prueba.

Para la prueba de Resistencia a la flexión los ladrillos A, B y D presentaron los siguientes resultados: Modelo “A” 0,73 Mpa; Modelo “B” 0,63 Mpa y Modelo “D” 2,24 Mpa. Como indica la Tabla 5-3.

Tabla 5-3: Resistencia de los ladrillos a la flexión

MUESTRA	DIMENSIONES DE SOPORTES PARA EL ENSAYO (mm)	EDAD (días)	CARGA (KN)	MÓDULO DE ROTURA (MPa)
A	l=75;b=120;h=30	21	0,70	0,73
B	l=75;b=120;h=30	21	0,60	0,63
D	l=75;b=120;h=30	21	2,15	2,24

Realizado por: Daniela Páliz

El ladrillo “D” es el que mayor resistencia a la flexión obtuvo, cumpliendo con lo establecido en la Norma INEN 297 que reporta un valor de 2 Mpa como requisito, esto se da a que su composición cemento/agua y raquis le confieren al ladrillo mayor resistente, porque el cemento al mezclarse con agua entra en un proceso de fraguado rápido endureciéndose completamente.

Los ladrillos A y B, cuyas composiciones son de raquis-arena-arcilla-cemento y arcilla-raquis respectivamente no tuvieron mayor resistencia a la flexión por lo que no se consideran como aptos en esta prueba, esto puede ser por que entre sus componentes no existió una buena compactación.

Ilustración 1-3: Rotura del ladrillo “A” y “B” en la prueba de flexión



Realizado por: Daniela Páliz

El ladrillo “C” fue descartado por ser un ladrillo delgado, lo que iba a impedir que la máquina de ensayo diera un valor real de la prueba.

Los resultados obtenidos en la prueba de absorción muestran un 26, 84% en el ladrillo “A”, y 22,49% en ladrillo “D”. Como se indica en la Tabla 6-3.

Tabla 6-3: Capacidad de absorción de los ladrillos

MUESTR A	PESO DE LA MUESTRA (SSS) gr	PESO SECO EN LA ESTUFA	% de ABSORCIÓN
A	1.588,00	1.252,00	26,84
B	descartado	descartado	descartado
D	1.024,00	836	22,49

Realizado por: Daniela Páliz

El ladrillo “A” supera el valor de absorción que establece la Norma INEN 297, la misma que reporta un valor del 25% como requisito. Este ladrillo es apto en esta prueba, su capacidad alta de absorción se debe a que tanto la fibra como todos los componentes con los que se elaboró este modelo tienen la capacidad de absorber considerables proporciones de agua, formando una estructura porosa que permitió el ingreso del agua durante un tiempo de 24 horas como lo indica la técnica para la realización de la prueba. Que el ladrillo se mantenga o no, en su forma sólida, depende de la buena compactación entre los componentes.

**Ilustración 2-3: Ladrillo “A” en
Prueba de absorción**



Realizado por: Daniela Páliz

El ladrillo “B” se descartó en el transcurso de la prueba, no resistió a las 24 horas que se disponen para la realización de la misma y se deshizo. Esto se da porque el ladrillo en su composición contiene arcilla en mayor proporción y raquis, entonces al realizar su secado al aire libre, y no, por medio de cocción o contacto con altas temperaturas el arcilla tiene un índice más elevado de absorción y al saturarse sus poros se vuelve una pasta con el agua quedando incapaz de retener más agua.

Ilustración 3-3: Ladrillo “B” en Prueba de absorción



Realizado por: Daniela Páliz

El ladrillo “D” cuya composición es mezcla de cemento y fibra de Raquis obtuvo un 22,49% de capacidad de absorción de humedad, lo cual no supera el valor que establece la Norma INEN 297 como requisito, esto se debe a que el cemento una vez que ha llegado a su fraguado final (endurecimiento) pierde plasticidad y la capacidad de hidratarse volviéndose más resistente pero menos poroso, disminuyendo su capacidad de absorción.

Ilustración 4-3: Ladrillo “D” en prueba de absorción



Realizado por: Daniela Páliz

3.2. Presentación de Resultados

Una vez realizado los análisis y las respectivas pruebas, se obtiene que el Ladrillo Ecológico apto y calificado para la presente investigación sea el Ladrillo Modelo “A”, para el fin al que se le quiera destinar ya sea en construcción mampostería liviana u obras civiles, su resistencia y capacidad de absorción son dos puntos que tienen mayor relevancia. Lo anteriormente dicho se demuestra en la siguiente Tabla 7-3 que muestra los resultados obtenidos en cada una de las pruebas realizadas al ladrillo Modelo “A” con relación a la Norma INEN 297.

Tabla 7-3: Resultado de pruebas del ladrillo calificado

PRUEBA MECÁNICA	RESULTADOS LADRILLO "A"	NORMA INEN 297
Compresión	14,38 Mpa	6 Mpa
Flexión	0,73 Mpa	2 Mpa
% Absorción	26,84%	25%

Realizado por: Daniela Páliz

Otro aspecto que se ha tomado en cuenta es su peso, el ladrillo Modelo “A” es más liviano que un ladrillo convencional, su peso es de 1,07 grs/cm³ mientras que el ladrillo convencional tiene un peso de 1,80 grs/cm³. En la Tabla 8-3 se muestra cada una de las características e información adicional del ladrillo “A” y demás ladrillos fabricados.

En cuanto a lo que demuestra la Tabla 8-3 se pudiera seleccionar al ladrillo “C”, pero el ladrillo “C” fue tomado solo como un ladrillo prueba realizándole solo la prueba de compresión, por lo que se descarta del proceso, es por ello que entre los tres modelos restantes A, B y C se toma al Modelo “A” por ser el más liviano entre los tres.

Tabla 8-3: Características de los ladrillos fabricados

	MUESTRA (4)			
	A	B	C	D
Fecha de fabricación	28-ene-15	28-ene-15	28-ene-15	28-ene-15
Fecha de rotura	18-feb-15	18-feb-15	18-feb-15	18-feb-15
Edad (días)	21	21	21	21
Masa (gr.)	80,4	102,6	54	101
Area de contacto (cm)	25	25	25	25
Espesor (cm)	3	3	3	3
Volumen (cm3)	75	75	75	75
PESO UNITARIO (grs./cm3)	1,07	1,37	0,72	1,35

Realizado por: Daniela Páliz

CONCLUSIONES

1. Se caracterizó física y químicamente raquis de palma, analizando parámetros como: humedad, absorción, peso específico, ph, carbono, nitrógeno y silicio; mostrando como resultados 33,47% de humedad, capacidad de absorción del 81%, un peso específico de 0,10 gr, pH de 8,35, contenido de Carbono de 55,85 mg/kg, Nitrógeno 0,36mg/kg y Silicio 245,87mg/kg.
2. Una vez que se determinó los respectivos análisis, se llegó al proceso de fabricación de cuatro muestras diferentes, donde se incluyó el raquis de palma africana como componente principal y se obtuvo por medio de las pruebas mecánicas las resistencias de cada ladrillo, donde el ladrillo “A” obtuvo una resistencia de 14,38 Mpa, el ladrillo “B” una resistencia de 4,4 Mpa, ladrillo “C” 3,34 Mpa y ladrillo “D” 11,20 Mpa.
3. Se determinó mediante los principios mecánicos y físicos que el residuo de la palma africana “Raquis” puede constituirse en un sustituto de los agregados en la elaboración de ladrillos, dando oportunidad a un producto menos contaminante e innovador.
4. Se realizó las pruebas mecánicas de resistencia y se eligió como apto y calificado al ladrillo modelo “A”, por obtener mayor resistencia, y un peso de 1.07 grs/cm³ más liviano que los ladrillos convencionales cuyo peso es de 1.80 grs/cm³, superándolos notablemente.

RECOMENDACIONES

1. Este proceso investigativo sobre un producto innovador se debe considerar para presentarlo en ferias o exposiciones en las ramas de la construcción civil y urbanística.
2. Se recomienda que se debería impulsar otros proyectos investigativos de residuos que contaminen el ambiente y que puedan ser reutilizados en diferentes aspectos.
3. A esta investigación que ha dado como resultado un producto productivo se le debería concluir con un proyecto donde se implemente un proyecto de inversión financiera para la implementación de una fábrica de ladrillos ecológicos de Raquis.
4. Se debería continuar realizando pruebas físicas a los ladrillos ecológicos de Raquis para conocer su capacidad como aislantes acústicos y térmicos.
5. Plantear un sistema adecuado para el transporte de los ladrillos para sus pruebas mecánicas.

BIBLIOGRAFÍA

1. **AMORÓS, Marta.** Desarrollo de un nuevo ladrillo de tierra cruda, con aglomerantes y aditivos estructurales de base vegetal. (Tesis) (Ing. Amb). Politécnica de Madrid, Escuela de ingeniería, Madrid-España. 2011, pp.
<http://www.pdfsp.com/file/8on/universidad-politcnica-de-madrid-archivo-digital-upm.html>
24/11/14
2. **AYALA, Olga.** Activación del raquis de palma africana para la obtención de carbón activado. (Tesis) (Ing. Quím). Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ciencias, Escuela de Química, Bucaramanga-Colombia. 2006, pp.5-9
<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/520/2/120259.pdf>
28/12/14
3. **BAQUERO, Juan Pablo.** Biodegradación de raquis de palma africana, desecho de la agroindustria de extracción de aceite, y su posible utilización como biofertilizantes mediante un proceso de compostaje húmedo. (Tesis) (Ing. Amb). Universidad Internacional SEK, Facultad de Ciencias Ambientales, Quito-Ecuador. 2005, pp.4-8; 12,13
<http://repositorio.uisek.edu.ec/jspui/handle/123456789/337>
28/11/15
4. **BUZÓN, Jorge.** Uso del cuesco de la palma africana para la fabricación de bloques y adoquines de mampostería. (Tesis) (Ing. Civil). Corporación Universitaria de la Costa, Facultad de Ciencias, San Cristóbal-Venezuela. 2009, pp.1-9
<http://www.laccei.org/LACCEI2009-Venezuela/p202.pdf>
24/11/14
5. **CABO, María.** Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción. (Tesis) (Ing. Agrónomo). Universidad Pública de Navarra, Escuela de Agronomía, Navarra-España. 2011, pp.39-42
<http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/4504/577656.pdf?sequence=1>
27/11/14
6. **CEMENTO PORTLAND.** Unne. 2007
<http://ing.unne.edu.ar/pub/quimica/cemento.pdf>
27/12/15

7. **CONRADO, Andrés.** Fabricación de ladrillos ecológicos a partir de residuos de la palma africana (*Elaeis guineensis*) en combinación con fibras vegetales. (Tesis) (Ing. Agro Industrial). Universidad de las Américas, Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Quito-Ecuador. 2009, pp.7-15
<http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/559>
28/11/15
8. **GAGGINO, Rosana.** Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la construcción. *Invi*. Vol.23. 2008, Chile, pp.1-8
<http://www.revistainvi.uchile.cl/index.php/INVI/article/view/446/955>
04/01/15
9. **LAGREGA, Michael.** Etal. Gestión de Residuos Tóxicos- Tratamiento, eliminación y recuperación de suelos. 2ed, México. Ingramex. 1998, pp.80-111
10. **LADRILLOS A BASE DE DILLER DE ALUMINIO.** Josu, Arratibel. 2011
<file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/577612.pdf>
06/01/15
11. **OLIJOYA.** Proceso de Extracción del Aceite de Palma. *Olijoya*. 18/03/201, Esmeraldas-Ecuador, p.1
<http://www.oliojoya.com/palma/index.php>
4/12/14
12. **PÉREZ, Laura.** Materiales ecológicos para la construcción de viviendas. (Tesis) (Ing. Civil). Veracruz, Facultad de ingeniería, Coatzacoalcos-México. 2011, pp.16-67
<http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/30368/1/PerezPolito.pdf>
22/11/14
13. **POZO, Carla.** Aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar en la fabricación de bloques ecológicos para mampostería liviana. (Tesis) (Ing. Biotec. Amb). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias químicas, Riobamba-Ecuador. 2011, pp.41, 42
http://www.uclm.es/area/ing_rural/Hormigon/Temas/Cementos_RC08.pdf
22/11/14
14. **RAVEN, Evert. & EICHHORN, Susan.** Biología de Plantas. 2ed. España. Reverté. 1992, p.467

- 15. RUIZ, Javier.** Componentes y proceso químico del cemento. *Innovación y experiencia educativa*. 18/05/2009, Tejar-Costa Rica, pp.4-8
http://www.csif.es/andalucia/modules/mod_ense/revista/pdf/Numero_18/JAVIER_RUIZ_2.pdf
21/12/2014
- 16. TUFÍÑO, Gabriela.** Etal. Propiedades térmicas de arcillas ecuatorianas para ser utilizadas como material refractaria. (Tesis) Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador, pp.1-3
http://www.cdts.espol.edu.ec/Proyectos/Proyectos%20en%20ejecuci%C3%B3n/Horno%20Materiales_files/infoEPN.pdf
27/12/15
- 17. UNIDAD EDITORIAL INTERNET.** Ladrillos de cañamo. *El Mundo*. 19/03/08, España, p.1.
<http://www.elmundo.es/elmundo/2008/03/19/suivienda/1205918776.html>
2/01/15

ANEXOS

ANEXO 1: Transporte del raquis en Góndolas



ANEXO 2: Esterilización del fruto y el raquis



ANEXO 3: Proceso de Desfrutación



ANEXO 4: Proceso de Digestión



ANEXO 5: Proceso de Prensado



ANEXO 6: Clarificación



ANEXO 7: Tanques de almacenamiento del Aceite de Palma



ANEXO 8: Piscinas de lodos pesados y livianos



ANEXO 9: Raquis luego de la Desfrutación



ANEXO 10: Recepción de la materia prima



ANEXO 11: Raquis secado al sol



ANEXO 12: Molienda y triturado del raquis



ANEXO 13: Raquis molido y triturado



ANEXO 14: Disposición final del raquis molido



ANEXO 15: Ladrillos ecológicos fabricados



ANEXO 16: Secado de ladrillos ecológicos



ANEXO 17: Prueba de compresión



ANEXO 18: Prueba de absorción



ANEXO 19: Ladrillos ensayados



ANEXO 20: Prueba de flexión



ANEXO 21: Ladrillo calificado (modelo A)



Norma Técnica Ecuatoriana	LADRILLOS CERAMICOS REQUISITOS	INEN 297 1977-05
<p>1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos que deben cumplir los ladrillos cerámicos empleados en la construcción.</p> <p>2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma comprende los ladrillos cerámicos fabricados de arcilla moldeada y cocida. No comprende a los ladrillos refractarios o fabricados con materiales silico-calcareos.</p> <p>3. CLASIFICACIÓN</p> <p>3.1 Para los efectos de esta norma, los ladrillos cerámicos se clasifican en macizos y huecos.</p> <p>3.2 Los ladrillos macizos se clasifican, de acuerdo a su calidad, en tres tipos: tipo A, tipo B y tipo C.</p> <p>3.3 Los ladrillos huecos se clasifican, de acuerdo a su uso, en tres tipos: tipo D, tipo E y tipo F.</p> <p>4. REQUISITOS</p> <p>4.1 De acuerdo a la clasificación del numeral 3, los ladrillos cerámicos macizos deberán cumplir con las siguientes características fundamentales:</p> <p>4.1.1 El tipo A, será ladrillo prensado, de color rojizo uniforme, con ángulos rectos y aristas rectas. No tendrá manchas, efloroscencias, quemados ni desconchados aparentes en caras y aristas.</p> <p>4.1.2 El tipo B, será ladrillo de máquina, de color rojizo, con ángulos rectos y aristas rectas, diferenciándose del tipo A en que puede tener pequeñas imperfecciones en sus caras exteriores, así como variaciones de rectitud en sus aristas hasta de 5 mm.</p> <p>4.1.3 El tipo C, será semejante al tipo B, diferenciándose de él en que puede, además, ser fabricado a mano y tener imperfecciones en sus caras exteriores, así como variaciones de rectitud en sus aristas hasta de 8 mm.</p> <p>4.2 De acuerdo a la clasificación del numeral 3, los ladrillos cerámicos huecos deberán ser ladrillos de máquina, de color rojizo, con ángulos rectos y aristas rectas.</p> <p>4.3 De acuerdo a la clasificación del numeral 3, los ladrillos cerámicos huecos se emplearán en los siguientes usos estructurales.</p> <p>4.3.1 El tipo D, podrá emplearse en la construcción de muros soportantes, tabiques divisorios no soportantes y relleno de losas alivianadas de hormigón armado.</p>		

(Continúa)

4.3.2 El tipo E, podrá emplearse únicamente en la construcción de tabiques divisorios no soportantes y rellenos de losas alviñadas de hormigón armado.

4.3.3 El tipo F, podrá emplearse únicamente en el relleno de losas alviñadas de hormigón armado.

4.4 De acuerdo a la clasificación del numeral 3, los ladrillos cerámicos deberán cumplir con los requisitos que se indican en la Tabla 1.

TABLA 1. Requisitos de resistencia mecánica y absorción de la humedad que deben cumplir los ladrillos cerámicos.

Tipo De Ladrillo	Resistencia mínima a la compresión MPa* (ver nota 1)		Resistencia mínima a la flexión MPa* (Ver nota 1)	Absorción máxima de humedad %
	Promedio de 6 unidades	Individual	Promedio de 6 unidades	Promedio de 6 unidades
macizo tipo A	25	20	4	16
macizo tipo B	15	14	3	18
macizo tipo C	8	6	2	25
hueco tipo D	6	5	4	16
hueco tipo E	4	4	3	18
hueco tipo F	3	3	2	25
Método de ensayo	INEN 294		INEN 295	INEN 295

5. SELECCIÓN DE MUESTRAS

5.1 Las muestras de ladrillo se seleccionarán de acuerdo a la Norma INEN 292. Ladrillos cerámicos. Muestreo.

(Continua)

NOTA 1. 1 MPa = 10 kgf/cm²

APENDICE Z**Z.1 NORMAS A CONSULTAR**

- INEN 292 *Ladrillos cerámicos. Muestreo.*
INEN 293 *Ladrillos cerámicos. Definiciones, clasificación y condiciones generales.*
INEN 294 *Ladrillos cerámicos. Determinación de la resistencia a la compresión.*
INEN 295 *Ladrillos cerámicos. Determinación de la resistencia a la flexión.*
INEN 296 *Ladrillos cerámicos. Determinación de la absorción de la humedad.*

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma Española UNE 41 004. *Calidades y medidas de ladrillos de arcilla cocida.* Instituto Nacional de Racionalización del Trabajo. Madrid, 1955.

Norma Colombiana ICONTEC 451. *Ladrillos cerámicos.* Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Bogotá, 1972.

Norma Venezolana NORVEN 75-1-60. *Ladrillos de arcilla.* Comisión Venezolana de Normas Industriales. Caracas, 1960.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 297	TÍTULO: LADRILLOS CERÁMICOS. REQUISITOS	Código: CO 02.07-401
ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización con el Caracter de por Acuerdo No. de publicado en el Registro Oficial No. de Fecha de iniciación del estudio:	

Fechas de consulta pública: de 1975-03-16 a 1975-04-30

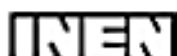
Subcomité Técnico: CO 02.07, Ladrillos Cerámicos
 Fecha de iniciación: Fecha de aprobación: 1976-09-22
 Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:	INSTITUCIÓN REPRESENTADA:
Ing. Carlos Palacios	FABRICA CERINEC
Sr. Luis Borja	FABRICA ALFADOMUS
Ing. Gustavo Peñafiel	INEN
Dr. Jorge Palomeque	INEN
Arq. Carlos Maldonado	INEN

Otros trámites: *† Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue **REGULARIZADA**, pasando de **VOLUNTARIA** a **OBLIGATORIA**, según Resolución de Consejo Directivo de 1985-11-13 y oficializada mediante Acuerdo Ministerial No. 893 de 1985-11-21, publicado en el Registro Oficial No. 333 del 1985-12-12. El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 1977-05-19.

Oficializada como: OPCIONAL Por Acuerdo Ministerial No. 890 del 1978-08-17
 Registro Oficial No. 677 del 1987-09-22

CCU: 891.491



CO 02.07-101

<p>Norma Técnica Ecuatoriana</p>	<p align="center">LADRILLOS CERAMICOS DEFINICIONES. CLASIFICACION Y CONDICIONES GENERALES</p>	<p align="center">INEN 293 1977-05</p>
<p align="center">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma tiene por objeto establecer la clasificación, definiciones y condiciones generales de uso de los ladrillos cerámicos empleados en la construcción.</p> <p align="center">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma comprende los ladrillos cerámicos, fabricados de arcilla moldeada y cocida. No comprende a los ladrillos refractarios o fabricados con materiales sílico- calcáreos.</p> <p align="center">3. DEFINICIONES Y CLASIFICACION</p> <p>3.1 <i>Ladrillo</i>. Es una pieza de arcilla moldeada y cocida, en formado paralelepípedo o prisma regular, que se emplea en albañilería,</p> <p>3.2 <i>Ladrillo común (mamborrón)</i>. Es el ladrillo moldeado a mano.</p> <p>3.3 <i>Ladrillo de máquina</i>. Es el ladrillo moldeado mecánicamente y en producción continua.</p> <p>3.4 <i>Ladrillo reprensado</i>. Es el ladrillo que se prensa entre el moldeo y la cochura.</p> <p>3.5 <i>Ladrillo macizo</i>. Es el ladrillo fabricado a mano o a máquina sin perforaciones en su interior, o con perforaciones celulares que pueden llegar hasta el 20% de su volumen.</p> <p>3.6 <i>Ladrillo hueco</i>. Es el ladrillo fabricado a máquina con perforaciones en su interior, que pasan del 20% de su volumen.</p> <p>3.7 Las dimensiones de los ladrillos tendrán los nombres siguientes:</p> <p>3.7.1 <i>Largo l</i>. Es la mayor dimensión de un ladrillo.</p> <p>3.7.2 <i>Ancho a</i>. Es la dimensión intermedia de un ladrillo.</p> <p>3.7.3 <i>Alto h</i>. Es la menor dimensión de un ladrillo.</p> <p align="center">4. CONDICIONES GENERALES</p> <p>4.1 <i>Materia prima</i>. Los ladrillos deben fabricarse de arcilla o tierra arcillosa, a veces con adición de otros materiales, de suficiente plasticidad o consistencia para que puedan tomar forma permanente y secarse sin presentar grietas, nódulos o deformaciones. No deben contener material que pueda causar eflorescencia de carácter destructivo o manchas permanentes en el acabado.</p> <p align="right">(Continúa)</p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-3900 - Baquerizo Moreno EB-29 y Almagro - Cuito-Ecuador - Prohibida la reproducción

4.2 Fabricación. Los ladrillos se fabrican por el procedimiento de cocción al rojo, a una temperatura mínima de 800° C. Una vez cocidos, deben tener una masa homogénea de resistencia uniforme. Deben tener un color rojizo y, cuando se golpean con un material duro, deben emitir un sonido metálico.

4.3 Dimensiones y tolerancias

4.3.1 En las construcciones proyectadas según el sistema de coordinación modular, se aplicarán las disposiciones de la Norma INEN 317.Coordinación Modular de la Construcción. Dimensiones modulares de ladrillos cerámicos.

4.3.2 En los casos en que no se aplique la coordinación modular de la construcción, se usarán las dimensiones especificadas en la tabla 1.

TABLA 1. Dimensiones de ladrillos cerámicos en cm

(1) Tipo de ladrillo	(2) Largo L	(3) Ancho a	(4) Alto h
Común	39	19	9
De máquina	39	19	9
	29	14	9
Reprensado	29	19	9
	29	14	9
hueco	29	19	19
	29	19	14
	29	19	9

4.3.3 Por convenio entre el proveedor y el comprador, podrán fabricarse y utilizarse ladrillos de un alto h igual a 7 cm.

4.3.4 Los ladrillos de un mismo tipo deben tener dimensiones uniformes. No se permitirá en ellas una variación mayor del 4%.

(Continúa)

APÉNDICE Z**Z.1 NORMAS A CONSULTAR**

INEN 317 *Coordinación modular de la construcción. Dimensiones modulares de ladrillos cerámicos.*

Z.3 BASES DE ESTUDIO

Norma Española UNE 41 004. *Calidades y medidas de ladrillos de arcilla cocida.* Instituto Nacional de Racionalización del Trabajo. Madrid, 1955.

Norma Colombiana ICONTEC 451. *Ladrillos cerámicos.* Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Bogotá, 1972

Norma Venezolana NORVEN 78-1-60. *Ladrillos de arcilla.* Comisión Venezolana de Normas Industriales. Caracas, 1960.

Norma India IS: 1077-1970. *Specification for common burnt clay building bricks.* Indian Standards Institution. Nueva Delhi. 1971.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 293	TÍTULO: LADRILLOS CERAMICOS. DEFINICIONES. CLASIFICACION Y CONDICIONES GENERALES	Código: CO 02.07-101
ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISION: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización con el Caracter de Por Acuerdo No. de Publicado en el Registro Oficial No. de Fecha de iniciación del estudio:	
Fechas de consulta pública: de 1975-03-16 a 1975-04-30		

Subcomité Técnico: CO 02.07, *Ladrillos Cerámicos*

Fecha de iniciación:

Fecha de aprobación: 1976-09-22

Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Ing. Carlos Palacios

FABRICA CERINEC

Sr. Luis Borja |

FABRICA ALFADOMUS

Ing. Gustavo Peñafiel

INEN

Dr. Jorge Palomeque

INEN

Arq. Carlos Maldonado

INEN

Otros trámites:


El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 1977-05-19

Oficializada como: OPCIONAL

Por Acuerdo Ministerial No. 894 de 1978-08-17

Registro Oficial No. 677 de 1978-09-22

ANEXO 214: Determinación de Parámetros Químicos de la fibra de raquis

	CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL
	DEPARTAMENTO : LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN (LABCESTTA)

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183

INFORME DE ENSAYO No:	017
ST:	15- 001 ANÁLISIS DE TEJIDO VEGETAL
Nombre Peticionario:	NA
Ata:	Daniela Paliz
Dirección:	Cda del MOP Riobamba – Chimborazo
FECHA:	19 de Enero del 2015
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2015/01/07 09:00
FECHA DE MUESTREO:	2014/11/23 10:30
FECHA DE ANÁLISIS:	2015/01/07 - 2015/01/19
TIPO DE MUESTRA:	Tejido Vegetal Plantas
CÓDIGO LABCESTTA:	LAB-TV 001-14
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	NA
PUNTO DE MUESTREO:	Extractora de aceite de palma
ANÁLISIS SOLICITADO:	Físico-Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	Daniela Paliz
CONDICIONES AMBIENTALES:	T máx.:25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

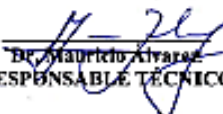
RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Potencial de Hidrógeno	EPA 9045 D	Unidades de pH	8,35	-	-
Carbono Orgánico Total	Oxidación Humeda / Walkley & Black	mg/kg	55,85	-	-
Nitrógeno Total	AOAC 978.04	mg/kg	0,36	-	-
Silicio	EPA 3051 / 6010 B	mg/kg	245,87	-	-

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.

RESPONSABLES DEL INFORME:


DR. MAURICIO ALVAREZ
RESPONSABLE TÉCNICO

**LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTALES
E INSPECCIÓN
LAB - CESTTA**

ANEXO 25: Resultados de las pruebas mecánicas de los ladrillos



**PRUEBA A LA COMPRESIÓN
LADRILLOS**

Solicitado por : SRTA. DANIELA PÁLIZ HIDALGO
 Obra : TESIS DE GRADO LADRILLOS ECOLÓGICOS CON RAQUIS DE PALMA AFRICANA
 Fiscaliza :
 Fecha : febrero 18, 2015

NOTA: LADRILLOS PROPORCIONADOS A ESTE LABORATORIO POR EL INTERESADO

Muestra # (4)	Fecha de fabricación	Fecha de rotura	Edad (días)	Carga (KN)	Resist. (Kg/cm ²)	Resist. (MPa)	Masa (gr.)	Area de contacto (cm ²)	Espesor (cm)	Volumen (cm ³)	Peso Unitario (grs./cm ³)	
1	A	28-ene-2015	18-feb-2015	21	35,95	146,63	14,38	80,40	25,00	3,00	75,00	1,07
2	B	28-ene-2015	18-feb-2015	21	11,00	44,87	4,40	102,60	25,00	3,00	75,00	1,37
3	C	28-ene-2015	18-feb-2015	21	8,35	34,06	3,34	54,00	25,00	3,00	75,00	0,72
4	D	28-ene-2015	18-feb-2015	21	28,00	114,21	11,20	101,00	25,00	3,00	75,00	1,35
<p>CONSTRULADESA SUELOS Y HORMIGONES S.A.</p> <p><i>[Firma]</i> Ing. Ismael Santos Cayo SUPERINTENDENTE DE HORMIGONES</p>												

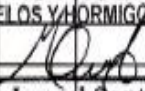
**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN
LADRILLOS**

Solicitado por : SRTA. DANIELA PÁLIZ HIDALGO
 Obra : TESIS DE GRADO LADRILLOS ECOLÓGICOS CON RAQUIS DE PALMA AFRICANA
 Fiscaliza :
 Fecha : febrero 18, 2015

NOTA: LADRILLOS PROPORCIONADOS A ESTE LABORATORIO POR EL INTERESADO


# (0)	Dimensiones para el ensayo (mm)	Fecha de fabricación	Fecha de rotura	Edad (días)	Carga (KN)	Módulo de rotura (MPa)	OBSERVACIÓN		
							Elemento	Dimensiones del ladrillo	Procedencia
1	l=75;b=120;h=30	28-ene-2015	18-feb-2015	21	0,70	0,73	TIPO A	25 X 12 CM	
2	l=75;b=120;h=30	28-ene-2015	18-feb-2015	21	0,60	0,63	TIPO B	25 X 12 CM	
3	l=75;b=120;h=30	28-ene-2015	18-feb-2015	21	2,15	2,24	TIPO D	25 X 12 CM	

CONSTRULADESA
SUELOS Y HORMIGONES S.A


Ing. Ismael Santos Cayo
SUPERINTENDENTE DE HORMIGONES

Solicitado por	: <u>SRTA. DANIELA PÁLIZ HIDALGO</u>		
Obra	: <u>TESIS DE GRADO LADRILLOS ECOLÓGICOS CON RAQUIS DE PALMA AFRICANA</u>		
Descrip. del material	: <u>ARCILLA - CEMENTO - ARENA - RAQUIS</u>		
Fecha	: <u>18 de febrero de 2015</u>	Muestra:	<u>A</u>
Datos:			
A = Peso de la muestra (SSS)	=	<u>1.588,00</u>	gr
B = Peso seco en la estufa	=	<u>1.252,00</u>	gr
<u>PORCENTAJE DE ABSORCIÓN</u>			
Porcentaje de absorción	=	$\frac{A - B}{B} \times 100 = \frac{1588 - 1252}{1.252} \times 100$	
Porcentaje de absorción	=	$\frac{336,00}{1.252,00} \times 100$	
Porcentaje de absorción	=	<u>26,84%</u>	

CONSTRULADESA
SUELOS Y HORMIGONES S.A.



Ing. Ismael Santos Cayo
SUPERINTENDENTE DE HORMIGONES

Solicitado por	: <u>SRTA. DANIELA PÁLIZ HIDALGO</u>		
Obra	: <u>TESIS DE GRADO LADRILLOS ECOLÓGICOS CON RAQUIS DE PALMA AFRICANA</u>		
Descrip. del material	: <u>CEMENTO - RAQUIS</u>		
Fecha	: <u>18 de febrero de 2015</u>	Muestra:	D
Datos:			
A = Peso de la muestra (SSS)	=	<u>1.024,00</u>	gr
B = Peso seco en la estufa	=	<u>836,00</u>	gr
 <u>PORCENTAJE DE ABSORCIÓN</u>			
Porcentaje de absorción	=	$\frac{A - B}{B} \times 100 = \frac{1024 - 836}{836} \times 100$	
Porcentaje de absorción	=	$\frac{188,00}{836,00} \times 100$	
Porcentaje de absorción	=	<u>22,49%</u>	

CONSTRULADESA
SUELOS Y HORMIGONES S.A.


Ing. Ismael Santos Cayo
 SUPERINTENDENTE DE HORMIGONES