



Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

Reporte Final de Residencia Profesional

Ingeniería Mecánica

“Caracterización de ladrillos cerámicos para la construcción.”

Presenta:

Délmor Bonifacio Hernández Jiménez

Asesor:

Ing. Roberto Cifuentes Villafuerte

Revisor:

M.I. Apolinar Pérez López

Periodo:

Agosto-Diciembre de 2010

Tuxtla Gutiérrez Chiapas, Enero de 2011

Contenido

Introducción.....	4
Historia del ladrillos	5
Capítulo I	
1.1 Justificación	7
1.2 Objetivo	7
1.2.1 Objetivo particular	8
1.3 Descripción del área de trabajo	8
Capítulo II	
2.1 ¿Qué es el ladrillo?	12
2.2 Normas oficiales mexicanas para la elaboración, la resistencia y dimensionamiento del ladrillo	13
2.3 Composición, tiempo y temperatura de sinterizado típicas en los ladrillos cerámicos	17
2.3.1 Maduración	18
2.3.2 Tratamiento mecánico previo	19
2.3.3 Depósito de materia prima procesada	19
2.3.4 Humidificación	19
2.3.5 Moldeado	20
2.3.6 Secado	20
2.3.7 Cocción	21
2.3.7.1 Sinterización	22
2.3.8 Almacenaje	23
2.4 Materiales de refuerzo	23
2.4.1 Cascabillo de café	23
2.4.1.1 Propiedades químicas y físicas de la cascarilla de café.....	23
2.4.2 Fibra de coco	24
2.5 Propiedades generales de los ladrillos	26

Capítulo III

3.1 Fabricación de ladrillos en la ladrillera de Chiapa de Corzo	29
3.2 Caracterización de la muestra	33

Capítulo IV

4.1 Pruebas a los ladrillos	35
4.2 Resultados y comparación de las pruebas	35
4.2.1 Compresión	36
4.2.2 Absorción de agua	37

Capítulo V

5.1 Conclusión	40
Bibliografía.....	42

Introducción.

La siguiente investigación presentada se basa en el mejoramiento de las características de ladrillos cerámicos para la construcción, tomando materiales que se encuentran en la localidad para lograr este objetivo y siguiendo el procedimiento rudimentario para la fabricación de ladrillos.

Capítulo I.- Este capítulo muestra la caracterización de lugar donde se realizó la investigación, el cual fue en una ladrillera ubicada en la ciudad de Chiapa de Corzo, y las pruebas realizadas se hicieron en el laboratorio de mecánica ubicado en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

Capítulo II.- En este capítulo se verá la composición de los ladrillos, se describirá las normatividades mexicanas que los ladrillos deben cumplir para ser comercializados, también se explicarán las maneras estandarizadas de la fabricación de los ladrillos, desde la obtención de la pasta hasta el almacenaje de los ladrillos, y se analizará los materiales de refuerzo utilizado en los ladrillos.

Capítulo III.- Explicaremos la manera de fabricar ladrillos en la ladrillera de Chiapa de Corzo, usando la técnica regional para la preparación de la pasta hasta la cocción del ladrillo. Mencionando que en dicha ladrillera el horno usado para la cocción es alimentado con combustible de cascabillo de café, pero en la zona también se usan hornos alimentados con aceites quemados que son más contaminantes al momento de su combustión.

Se elaboraran ladrillos con fibras de coco de la manera en que se fabrican en la ladrillera de Chiapa de Corzo para obtener un ladrillo en el que se espera un cambio en sus propiedades mecánicas, las cuales se compararán con los ladrillos tradicionales.

Capítulo IV.- Se realizará la comparación de los ladrillos y se analizará los resultados de las pruebas realizadas para saber si se logró el resultado esperado.

Historia.

Los primeros en utilizar esta técnica para la construcción fueron los mesopotámicos y los palestinos, debido a que en los lugares donde levantaron sus edificaciones existían muy poca madera y piedra. Los sumerios y babilonios secaban sus ladrillos al sol, sin embargo para reforzar sus muros y murallas en las partes externas, los recubrían con ladrillos cocidos, por ser estos más resistentes.

En el año 3000 a. C. aparece el ladrillo cocido, usándose como elemento decorativo y cubrimiento de muros realizados con adobe. Posteriormente la cultura del imperio romano fue la gran difusora de la construcción en ladrillo. Esta manera de diseñar y construir edificios, casas, templos, muros, delimitaciones, entre otras construcciones, permitió la edificación de los vastos complejos monumentales del imperio.

En el curso de la edad media, en el imperio bizantino, al norte de Italia, en los Países Bajos y en Alemania, los constructores valoraban el ladrillo por sus cualidades decorativas y funcionales. Realizaron construcciones con ladrillos templados, rojos y sin brillo, creando una amplia variedad de formas, como cuadros, figuras de punto de espina, de tejido de esterilla o lazos flamencos.

Esta tradición continuó en el renacimiento y en la arquitectura georgiana británica, y fue llevada a América del Norte por los colonos. El ladrillo ya era conocido por los indígenas americanos de las civilizaciones prehispánicas. En regiones secas construían casas de ladrillos de adobe secado al sol. Las grandes pirámides de los olmecas, mayas y otros pueblos fueron construidas con ladrillos revestidos de piedra. Pero fue en España donde por influencia musulmana, el uso del ladrillo alcanzó mayor difusión, sobretodo en Castilla, Aragón y Andalucía.

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 Justificación.

La investigación se centra en hacer una comparación en las características mecánicas de los ladrillos que se usan generalmente para la construcción usando como material de refuerzo la fibra del coco, la cual se encuentra en cantidades grandes en el municipio de Chiapa de Corzo.

Se tomó a la fibra de coco como material de refuerzo para el mejoramiento de los ladrillos por varias puntos a favor, los principales son, su abundancia en el municipio y lo cual no generará un costo extra para la producción del ladrillo, además de no ser tóxico y eliminar la generación de basura orgánica.

Otro de los puntos a favor de las fibras de coco son en que su composición química es bastante factible para no provocar contaminación al momento de la cocción, se pretende investigar si las propiedades mecánicas de las fibras ayudarán a mejorar a las propiedades de los ladrillos, las cuales se explicarán con detalle más adelante.

1.2 Objetivo.

El objetivo de realizar esta investigación es mejorar las propiedades de un material que se usa para la construcción en la vida cotidiana, usando métodos que no generen un gasto extra en la producción del mismo.

Hacer pruebas a los ladrillos reforzados con la fibra de coco obtenido para hacer comparaciones de los resultados con los ladrillos hechos en forma tradicional y ver si la modificación hecha mejora sus propiedades mecánicas.

También se tiene que cumplir con las normatividades que en nuestro país existen para poder industrializar los ladrillos reforzados con fibras de coco.

Cabe destacar que la producción de los ladrillos en la ciudad de Chiapa de Corzo se realiza de una forma muy rudimentaria, debido a que no se cuenta

con algún sistema de automatización en ninguno de los procesos que se llevan a cabo.

1.2.1 Objetivo particular.

Fabricar ladrillos reforzados con fibra de coco como materia principal para el mejoramiento de las propiedades mecánicas que se usaran para la industria de construcción.

Mejorar las propiedades de los ladrillos usando materiales disponibles en la región.

1.3 Descripción del área de trabajo.

La ciudad de Chiapa de Corzo está situada en el Estado de Chiapas a 14 km de Tuxtla Gutiérrez y a 62 km de San Cristóbal de las Casas. Para llegar debe seguirse por la carretera 190, o bien por la No. 195, desde Tuxtla Gutiérrez. Cuenta con 37627 habitantes. Chiapa de Corzo está a 420 metros de altitud. Fig.1.1



Fig. 1.1 Ubicación de Chiapa de Corzo

Los ladrillos serán fabricados en la ladrillera ubicada en dicha ciudad, localizada sobre el callejón Luis Molina. El acceso a dicho sitio de trabajo es por una carretera de terracería. Fig.1.2



Fig. 1.2 Ubicación de la Ladrillera

Las pruebas realizadas fueron hechas en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez que fue fundado el 24 de octubre de 1972 y se encuentra ubicado en la carretera Panamericana Km. 1080 en la ciudad capital del Estado de Chiapas. Fig.1.3 y Fig.1.4

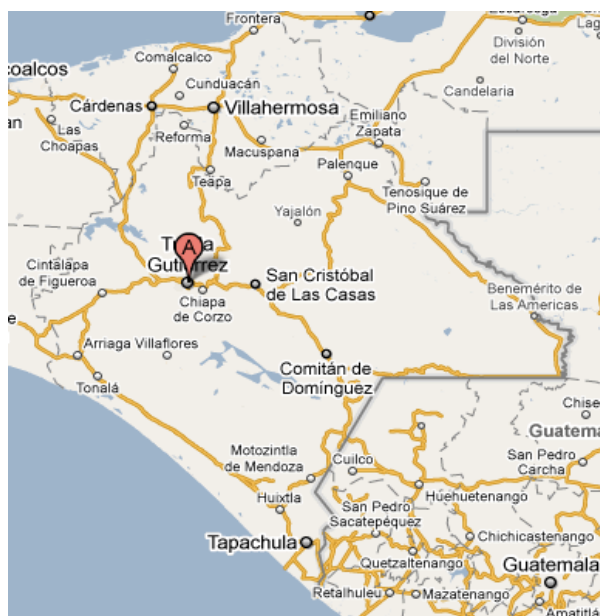


Fig. 1.3 Ubicación de Tuxtla Gutiérrez



Fig.1.4 Fachada Del ITTG

Específicamente las pruebas se realizaron en el laboratorio M.C. Lorenzo Marciano Vázquez ubicado en el edificio I de Ingeniería Mecánica dentro del ITTG, con la máquina de tensión compresión.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ¿Qué es el ladrillo?

Un ladrillo cerámico es una pieza generalmente ortoédrica, fabricada por moldeo, secado y cocción a alta temperatura de una pasta arcillosa.



Fig.2.1 Ladrillo macizo

La arcilla con la que se elabora los ladrillos es un material sedimentario de partículas muy pequeñas de silicatos hidratados de alúmina, además de otros minerales como el caolín, la montmorillonita y la illita. El éxito de los ladrillos de barro cocido, se sustenta en el uso de las lodolitas superficiales, que dejan los arrastres pluviales en los márgenes de los ríos o valles.

Es de hecho como requisito, que estos materiales superficiales contengan un 20%^[1] de materia orgánica para que estos se calienten desde el interior al ser quemados en el caso de la ladrillera de Chiapa de Corzo se usa el cascabillo de café, que son las cáscaras obtenidas del grano cuando se procesa.

Dado su bajo costo siempre se suele fabricar con materiales superficiales con bajo costo de explotación, en la capa de terreno denominada reolita, la primera tarea a realizar, será dotar a la pasta de la proporción adecuada de plasticidad.

Las caras de los ladrillos reciben en México generalmente los siguientes nombres:

- Tabla: Se le llama con éste nombre a la cara mayor del ladrillo.
- Canto: Se le conoce a la cara intermedia del ladrillo.
- Testa: Llamado así la cara menor del ladrillo.

Así mismo las aristas de los ladrillos reciben tradicionalmente los nombres siguientes:

- Soga: Se le conoce a la arista mayor.
- Tizón: Es la arista media.
- Grueso: Arista menor.

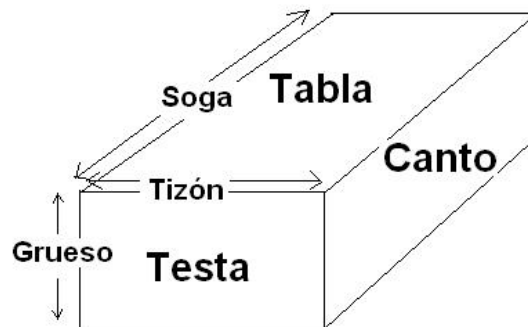


Fig.2.2 Nombramiento de las caras y aristas

También de una manera más común suele conocerse como largo, alto y ancho.

Los ladrillos deberán presentar regularidad de dimensiones y forma que permitan la obtención de tendeles de espesor uniforme, igualdad de hiladas, paramentos regulares y asiento uniforme de las fábricas, satisfaciendo para ello las características que se desea en los ladrillos.

2.2 Normas oficiales mexicanas para la elaboración, la resistencia y dimensionamiento del ladrillo.

En la elaboración de ladrillos existen Normas Oficiales Mexicanas que se deben de cumplir para asegurar que se obtiene del material las propiedades deseadas en los ladrillos, las normas oficiales en las cuales se rige México son las siguientes:

◆ NMX-C-036-ONNCCE-2004

Industria de la construcción-bloques, tabiques o ladrillos, tabicones y adoquines, resistencia a la compresión, método de prueba (cancela a la NMX-C-036-1983).

Esta Norma Mexicana hace referencia el sobre el método de prueba para la determinación de la resistencia a la compresión de bloques, tabiques o ladrillos, tabicones y adoquines fabricados de concreto, cerámica, arcilla y otros materiales para la construcción.

En concordancia con normas internacionales ésta norma mexicana no es equivalente a ninguna norma internacional por no existir referencia alguna al momento de su elaboración.

◆ NMX-C-037-ONNCCE-2005

Industria de la construcción, bloques, ladrillos o tabiques y tabicones, determinación de la absorción de agua y absorción inicial de agua (cancela a la NMX-C-037-1986).

Esta Norma Mexicana establece el método de prueba para la determinación de la cantidad de agua que absorben los bloques, ladrillos o tabiques y tabicones de concreto, cerámicos o de cualquier otro material para la construcción, en las condiciones que se especifican. Así como la absorción máxima inicial de los tabiques y bloques de cerámica o arcilla.

Esta Norma Mexicana no es equivalente a ninguna norma internacional por no existir referencia alguna en el momento de su elaboración.

◆ NMX-C-038-ONNCCE-2004

Industria de la construcción, determinación de las dimensiones de ladrillos, tabiques, bloques y tabicones para la construcción (cancela a la NMX-C-038-1974).

Esta Norma Mexicana establece el método de prueba para la determinación de las dimensiones de los tabiques, ladrillos, bloques y tabicones para la construcción.

En concordancia con normas internacionales ésta norma mexicana no es equivalente a ninguna Norma Internacional por no existir referencia alguna al momento de su elaboración.

◆ NMX-C-307/1-ONNCCE-2009

Industria de la construcción, edificaciones, resistencia al fuego de elementos y componentes, especificaciones y métodos de ensayo (cancela a la NMX-C-307-1982).

Esta Norma Mexicana establece las especificaciones de desempeño y los correspondientes métodos de ensayo aplicables a los elementos, componentes y productos de construcción que se utilizan en las edificaciones para resistir al fuego.

Esta Norma se aplica a elementos, componentes, recubrimientos y productos de fabricación nacional así como de importación que se comercialicen en territorio nacional que por sí mismos o complementariamente colaboran a resistir el fuego en las edificaciones.

Proporciona información útil para el diseño y la construcción de los edificios sin menoscabo de las soluciones relativas a la ventilación, el tamaño del local o del inmueble, la confinación del calor y el fuego, el mobiliario, los acabados y, en su caso, el equipamiento activo de prevención de incendio,

entre otros aspectos, que también se deben tomar en consideración.

Esta Norma no cubre:

- Depósitos construidos directamente en la edificación, destinados al almacenamiento de agua.
- Consideraciones especiales de diseño en las que se involucran fuerzas mecánicas superpuestas, fuerzas sísmicas, cargas de viento o agitación.

Esta Norma Mexicana concuerda parcialmente con la Norma Internacional ISO-834 parte 1 “Fire resistance tests - Elements of building construction - Part 1: General requirements”.

◆ NMX-C-404-ONNCCE-2005

Industria de la construcción, bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso estructural, especificaciones y métodos de prueba (cancela a la NMX-C-404-1997-ONNCCE).

Esta Norma Mexicana establece las especificaciones y métodos de prueba que deben cumplir los bloques, tabiques, ladrillos y tabicones para uso estructural en las edificaciones.

Esta Norma Mexicana no es equivalente a ninguna norma internacional por no existir referencia alguna en el momento de su elaboración.

◆ NMX-C-441-ONNCCE-2005

Industria de la construcción, bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso no estructural, especificaciones (cancela a las NMX-C-006-1976 y NMX-C-010-1986).

Esta Norma Mexicana establece las especificaciones que deben cumplir bloques, ladrillos, tabiques, celosías y tabicones; hechos en máquina o a mano,

los cuales se utilizan en la construcción de muros de relleno, para revestimiento, interiores y exteriores, o cualquier otro uso no estructural.

Esta Norma Mexicana no es equivalente a ninguna norma internacional por no existir referencia alguna en el momento de su elaboración.

2.3 Composición, tiempo y temperatura de sinterizado típicas en ladrillos cerámicos.

En el proceso de fabricación de los ladrillos se lleva a cabo una serie de procesos estándar que comprenden desde la elección del material arcilloso hasta el proceso de empaquetado final.



Fig.2.3 Excavaciones para la obtención de arcilla

Las partículas de materiales con los que se fabrican los ladrillos son capaces de absorber higroscópicamente hasta el 70%^[2] en peso de agua. Debido a la característica de la arcilla a absorber la humedad cuando está hidratada, adquiere la plasticidad suficiente para ser moldeada, muy distinta de cuando está seca, que presenta un aspecto terroso.

Durante la fase de endurecimiento, por secado o por cocción, el material arcilloso adquiere características de notable solidez con una disminución de masa por pérdida de agua, de entre un 5 a 15%^[3], en proporción a su plasticidad inicial.

Una vez seleccionado el tipo de arcilla el proceso puede resumirse en:

- Maduración
- Tratamiento mecánico preventivo
- Depósito de materia prima procesada
- Humidificación
- Moldeado
- Secado
- Cocción
- Almacenaje

2.3.1 Maduración.

Antes de incorporar la arcilla al ciclo de producción, hay que someterla a ciertos tratamientos de trituración, homogeneización y reposo en acopios, con la finalidad de obtener una adecuada consistencia y uniformidad de las características físicas y químicas deseadas.



Fig.2.4 Arcilla desmenuzada

El reposo a la intemperie tiene en primer lugar, la finalidad de facilitar el desmenuzamiento de los terreros y la disolución de los nódulos para impedir las aglomeraciones de las partículas arcillosas. La exposición a la acción atmosférica (aire, lluvia, sol, hielo, entre otros) favorece además, la descomposición de la materia orgánica que pueda estar presente y permite la purificación química y biológica del material. De esta manera se obtiene un material completamente inerte y poco dado a posteriores transformaciones mecánicas o químicas.

2.3.2 Tratamiento mecánico previo.

Después de la maduración que se produce en la zona de acopio, sigue la fase de preelaboración que consiste en una serie de operaciones que tienen la finalidad de purificar y refinar la materia prima. Los instrumentos utilizados en la preelaboración, para un tratamiento puramente mecánico suelen ser:

- Rompe-terrones: como su propio nombre indica, sirve para reducir las dimensiones de los terrones hasta un diámetro de entre 15 y 30mm^[4].
- Eliminator de piedras: está constituido, generalmente, por dos cilindros que giran a diferentes velocidades, capaces de separar la arcilla de las piedras o chinós.
- Desintegrador: se encarga de triturar los terrones de mayor tamaño, más duros y compactos, por la acción de una serie de cilindros dentados.
- Laminador refinador: está formado por dos cilindros rotatorios lisos montados en ejes paralelos, con separación, entre sí, de 1 a 2 mm, espacio por el cual se hace pasar la arcilla sometiénola a un aplastamiento y un planchado que hacen aún más pequeñas las partículas. En esta última fase se consigue la eventual trituración de los últimos nódulos que pudieran estar, todavía, en el interior del material.

2.3.3 Depósito de materia prima procesada.

A la fase de preelaboración, sigue el depósito de material en silos especiales en un lugar techado, donde el material se homogeneiza definitivamente tanto en apariencia como en características físico químicas.

2.3.4 Humidificación.

Antes de llegar a la operación de moldeo, se saca la arcilla de los silos y se lleva a un laminador refinador, y posteriormente a un mezclador

humedecedor, donde se agrega agua para obtener la humedad precisa.

2.3.5 Moldeado.

El moldeado consiste en hacer pasar la mezcla de arcilla a través de una boquilla al final de la estructura. La boquilla es una plancha perforada que tiene la forma del objeto que se quiere producir.

El moldeado, normalmente, se hace en caliente utilizando vapor saturado aproximadamente a $130\text{ }^{\circ}\text{C}^{[5]}$ y a presión reducida. Procediendo de esta manera, se obtiene una humedad más uniforme y una masa más compacta, puesto que el vapor tiene un mayor poder de penetración que el agua.

2.3.6 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, sobre todo 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.



Fig.2.5 Secado Natural de los ladrillos

Esta fase se realiza en secaderos 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 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 golpes termohigrométricos que puedan producir una disminución de la masa de agua a ritmos diferentes en distintas zonas del material y, por lo tanto, a producir fisuras localizadas.

2.3.6 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^[6]. 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 (de dónde sale por el extremo opuesto una vez que está cocido).

Es durante la cocción donde se produce la sinterización, de manera que la cocción resulta una de las instancias cruciales del proceso en lo que a la resistencia del ladrillo respecta.



Fig.2.6 Horno para ladrillos

Los tipos de hornos existentes para la cocción de los ladrillos son los siguientes:

- Hornos de lámpara.
- Hornos de celdas solares.
- Hornos de multicámaras.
- Horno vertical.
- Horno tradicional.

2.3.7.1 Sinterización.

El proceso de sinterización es el tratamiento térmico de un polvo o compactado metálico o cerámico a una temperatura inferior a la de fusión de la mezcla, para incrementar la fuerza y la resistencia de la pieza creando enlaces fuertes entre las partículas.

En la fabricación de cerámicas como es el caso de los ladrillos, éste tratamiento térmico transforma de un producto en polvo en otro compacto y coherente.

En la sinterización las partículas coalescen por difusión al estado sólido a muy altas temperaturas, pero por debajo del punto de fusión del compuesto que se desea sinterizar. En el proceso, la difusión atómica tiene lugar entre las superficies de contacto de las partículas a fin de que resulten químicamente unidas.

Las fases de la sinterización se tienen cinco etapas las cuales son:

Obtención del polvo.

Preparación del polvo.

Compactación.

Sinterización.

Acabado de la sinterización.

2.3.8 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.

Éstos son los procesos estandarizados que se llevan acabo en las fábricas para la producción de ladrillos.

2.4 Materiales de refuerzo.

2.4.1 Cascabillo de café.

Como se mencionó anteriormente la cascarilla de café (cascabillo) es usado para hacer la pasta con la arcilla, así mismo es utilizado como combustible en la alimentación de el horno en la ladrillera de Chiapa de Corzo, por lo cual las propiedades que tienen son la siguiente.

2.4.1.1 Propiedades químicas y físicas de la cascarilla de café.

Propiedades químicas.

La composición química de la cascarilla de café es la siguiente: contenido de humedad de 11,45%^[7], lignina 41,86%^[8], cenizas 0,95%^[9], grasas 5,83%^[10], pentosas 25,5%^[11] y furfural 14,76%^[12].

Propiedades físicas.

La cascarilla del café tiene una densidad a 26°C de 1,323 gr/cm³^[13], una densidad bruta de 0,323 gr/cm³^[14], y el calor de combustión es de 4500 cal/°C^[15] gramo, con un poder calorífico de 17,900 kJ/kg^[16].

2.4.2 Fibra de coco.

El material de refuerzo que se usó para mejorar la composición del ladrillo fue la fibra de coco.



Fig.2.7 Fibra de coco

La fibra de coco pertenece a la familia de las fibras duras como el henequén. Se trata de una fibra compuesta por celulosa y leño que posee baja conductividad al calor, resistencia al impacto, a las bacterias y al agua.

Su resistencia y durabilidad la hacen un material adecuado para el mercado de la construcción, para usarlo como material de aislamiento térmico y acústico. La industria textil utiliza fibra de coco para elaborar hilos, redes de pesca, así como relleno para colchones y sillones.

El sustrato conocido como “fibra de coco” se obtiene como residuo de la industria textil de las fibras del mesocarpio de los frutos del cocotero (cocos nucífera).

Este residuo se compone de una fracción granular, a modo de “copos” que también es conocido como “turba de coco”, y otra fracción fibrosa, que son los restos de fibras. La fibra de coco es una materia prima para elaborar sustratos alternativa a las tradicionales que destaca por su elevada estabilidad y su capacidad de retención de agua, así como una buena aireación.

Las principales características químicas de la fibra de coco son:

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
<i>PH</i>	-	5
<i>Conductividad eléctrica</i>	mS/cm	2,15
<i>Nitrógeno total</i>	%	0,51
<i>Fósforo total, P₂O₅</i>	%	0,20
<i>Potasio total, K₂O</i>	%	0,60
<i>Calcio total, CaO</i>	%	1,40
<i>Magnesio total, MgO</i>	%	0,20
<i>Sodio total, NaO</i>	%	0,187
<i>Hierro total, Fe</i>	%	0,206

Tabla 2.1 Características de la fibra de coco

El pH de la fibra de coco es de 5^[17]. La capacidad de intercambio catiónico es elevada, hecho que le confiere un alto poder tampón en fertirrigación. El poder calorífico de la fibra de coco es de 25,100 kJ/kg^[18].

Posee una textura microalveolar y una porosidad próxima al 96%^[19], comparable a la lana de roca, también utilizada para cultivo hidropónico. Concretamente para esta técnica de cultivo se ha comprobado que la fibra de coco, para cultivo hidropónico tiene unas necesidades nutritivas inferiores a los tejidos minerales que normalmente se emplean para este tipo de cultivo.

La fibra de coco utilizada como componente de sustratos a base de turba proporciona una alta capacidad de retención de agua, una elevada aireación del sistema radicular, así como una gran estabilidad de los valores de pH y conductividad eléctrica del medio.

La capacidad de retención de agua permite establecer frecuencias y dosis de fertirrigación. La fibra de coco retiene las soluciones nutritivas por capilaridad y en consecuencia son fácilmente asimilables por las plantas.

Al mismo tiempo, por su estructura tiene una elevada aireación, característica que favorece el desarrollo radicular.

La fibra de coco es un material muy rico en carbono C/N =100^[20], lo que le otorga una gran resistencia a la degradación, así como una gran estabilidad.

Además de componente de sustratos de cultivo en contenedor y en cultivo hidropónico, puede ser empleada para otras muchas funciones. Algunas de ellas son su utilización como enmienda orgánica del suelo de muy lenta degradación y como drenaje, para evitar la colmatación de suelos problemáticos.

2.5 Propiedades generales de los ladrillos.

La resistencia de los ladrillos es siempre mayor que la de los morteros con los cuales se les asienta. A la compresión alcanza 250 Kg/cm²^[21] la cual puede variar al tratarse de ladrillos de más grado de calidad y por su fabricación ya sea en máquinas o a mano.

Las condiciones que deben reunir los ladrillos son:

- Ser de masa homogénea, grano fino y no contener caliches.
- No tener, grietas, hendiduras ni oquedades.
- Tener forma y dimensiones iguales para que las hiladas sean del mismo espesor.
- Aristas vivas y caras planas.
- Igualdad de color.
- Sonido metálico por percusión y no frágil.
- Facilidad de cortados.
- No absorber más del 24 a 10%^[22] de agua a las 24 horas de inmersión, dependiendo de la calidad.
- No ser heladizos.
- Resistir a la compresión de 250 a 20 Kg/cm²^[23], según la calidad.

Los ensayos físicos para probar que un ladrillo son los siguientes:

- Examen óptico; donde se aprecian cualidades como color, estructura y fractura.
- Examen de densidad; donde se calculan dos tipos de densidades, densidad aparente y densidad real.
- Examen de Porosidad; donde se calculan dos tipos de porosidades, porosidad aparente y porosidad absoluta.
- Prueba de absorción de agua; para calcular la absorción normal y la absorción a ebullición.
- Pruebas de Permeabilidad, Dureza, resistencia al calor, resistencia al frío, etc.

Las pruebas para obtener los resultados de las propiedades mecánicas son las siguientes:

- Resistencia a la Compresión, utilizando la prensa universal.
- Resistencia a la Flexión.
- Resistencia a la Tracción, utilizando la prensa a tracción.
- Resistencia a la Cortadura, resistencia al desgaste, resistencia al choque, adherencia a los morteros, resistencia a los agentes atmosféricos, etc.

Para calcular el modulo de la compresión, se utilizo la siguiente expresión.

$$C = \frac{F}{A} \rightarrow \text{Ecuación 1}$$

Donde:

C = Compresión.

A = Área de la cara del ladrillo que esta sometida a presión dada en cm^2

F = Fuerza de la compresión dada en kg .

CAPITULO III

CARACTERIZACIÓN DE LOS LADRILLOS

3.1 Fabricación de ladrillos en la ladrillera de Chiapa de Corzo.

La fabricación del ladrillo en la ladrillera ubicada en la ciudad de Chiapa de Corzo se hace en forma tradicional, usando la arcilla que se encuentra en el lugar y el cascabillo de café.



Fig.3.1 Cascabillo

En el proceso de maduración en dicha ladrillera, como el suelo es el quien brinda la materia prima, solo es necesario hacer pequeñas montañas de arcilla y mezclarla con el cascabillo para empezar la transformación en la pasta que se usará en la fabricación de los ladrillos



Fig.3.2 Arcilla mezclada con cascabillo

Durante el proceso de humidificación, la arcilla es bien desmenuzada para que no lleve partículas grandes al momento de mezclar con el agua, éste proceso se hace muy rudimentario debido a que lo hace la persona quien fabricará los ladrillos.

Luego de desmenuzar bien la arcilla se agrega agua para obtener la humedad precisa y así empezar con el moldeo de los ladrillos.

El moldeado consiste en meter la mezcla de arcilla en moldes especiales, los cuales previamente se humidifican para evitar que al ser retiradas estos puedan desgarrar a la pasta.



Fig. 3.3 Pasta de arcilla en el proceso de moldeado

Los moldes están hechos de madera, cada molde tiene cinco compartimientos donde a cada uno se llena de la pasta arcillosa, y tienen las medidas que el ladrillo llevará al final. Las dimensiones de los ladrillos elaborados son las siguientes.

Soga: 26 cm.

Tizón: 13 cm.

Grueso: 4.5 cm.

La fase de secado se realiza en dos partes, la primera empieza cuando

la pasta ha sido retirada del molde y dejada en el suelo, el tiempo de la primera etapa es aproximadamente de 24 horas.

Una vez pasadas las 24 horas, la pasta ha endurecido lo necesario y se pueden apilar formando un tejido especial que permite que el aire entre en los interiores y pueda seguirse secando, esta parte puede llevar más tiempo, aproximadamente de 3 a 5 días, dependiendo del ritmo de producción.



Fig.3.4 Primera parte del secado



Fig.3.5 Segunda parte del secado

La cocción se realiza en hornos rudimentarios de forma rectangulares, que en algunos casos pueden llegar a medir hasta 10 metros de longitud, y

donde la temperatura de la zona de cocción es relativamente baja en comparación de los hornos convencionales que manejan temperaturas superiores a 900°C ^[24].

Dicho horno tiene a una persona que le agrega el combustible, que es el mismo cascabillo de café, para mantener una temperatura de cocción aproximadamente estable.



Fig.3.6 Personal encargado de la alimentación de combustible del horno rudimentario

En el interior del horno, la temperatura varía de forma continua y no uniforme. Lo que puede llegar a hacer que los ladrillos se sobrecalienten si no se toma los cuidados necesarios, cuando un ladrillo se sobrecalienta se dice que se ahoga, haciéndolos muy duros y no sirven para el objetivo final que es la construcción.

Una vez finalizada la cocción se deja enfriar los ladrillos en el interior del horno por espacio de 3 días, después de este tiempo los ladrillos toman la temperatura ambiente y ya pueden ser retirados para su almacenaje.

En el almacenaje, cuando los ladrillos son retirados del interior del horno, se apilan y son depositados en lugares de almacenamiento para, posteriormente, ser trasladados en camión.

3.2 Caracterización de la muestra.

La modificación que se le hizo el ladrillo fue en la materia prima necesaria para elaborarlos, la razón es que debido a que se usan hornos bastante rudimentarios y no se monitorea el calor generado dentro de éste.

Así que el tratar de modificar el tratamiento térmico para mejorar las propiedades mecánicas queda altamente descartado, sólo dejando la posibilidad de modificarlos en dicha material de refuerzo.

El procedimiento descrito con anterioridad fue usado para hacer los ladrillos con la fibra de coco, en vez de poner el cascabillo éste se reemplazo con dicha fibra, la cual hizo mas dificultosa la mezcla del lodo, debido a como tiene una forma larga, se enredaba al momento de moldear los ladrillos, y así mismo elevo el peso de los ladrillos.



Fig.3.7 Fase de moldeado de los ladrillos hechos con fibra de coco

CAPITULO IV

PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 Pruebas a los ladrillos.

Se le aplicaron pruebas de compresión y absorción de agua a los ladrillos fabricados con fibra de coco y los ladrillos hechos de forma tradicional, la preparación para las pruebas se hicieron conforme a las normas establecidas, las cuales son:

- NMX-C-036-1983.- Industria de la construcción - ladrillos, bloques y adoquines de concreto - resistencia a la compresión - método de prueba.
- NMX-C-037-1986.- Industria de la construcción – concreto – bloques, ladrillos o tabiques y tabicones de concreto – determinación de la absorción de agua.

Las pruebas fueron realizadas en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, con la maquina de tensión compresión, que se encuentra en el laboratorio de Ingeniería Mecánica.

4.2 Resultados y comparación de las pruebas.

En la prueba de compresión se utilizó el equipo de tensión-compresión, se siguieron los parámetros que se indican en la norma para la realización de las pruebas, tanto para los ladrillos tradicionales como para los hechos con fibra de coco.

La prueba de absorción de agua se hizo de forma rudimentaria, también se siguió lo establecido en la norma antes mencionada aplicándolas a los dos tipos de ladrillos.

4.2.1 Compresión.

Para la prueba de compresión los resultados fueron los siguientes:

Tipo de prueba	Ladrillo tradicional	Ladrillo con fibra de coco
Presencia de Fractura	1.6 toneladas de presión	1.5 toneladas de presión
Desintegración	4.6 toneladas de presión	3.7 toneladas de presión

Tabla 4.1 Resultado de pruebas de compresión

Usando la ecuación 1 podemos calcular la cantidad de fuerza a compresión que los ladrillos soportan en cada tipo de pruebas, tomando en cuenta que la prensa tiene de diámetro de contacto 15 cm por consiguiente el radio de dicha prensa es de 7.5 cm, los resultados obtenidos son los siguientes:

Ladrillo manufacturado tradicionalmente:

- En presencia de fractura

$$\text{Área de contacto} = A = \pi r^2 = \pi * (7.5\text{cm})^2 = 176.71\text{cm}^2$$

$C = F/A$ sustituyendo los datos tenemos que

$$C = 1600\text{ kg}/(176.71\text{ cm}^2) = 9.05\text{ kg/cm}^2$$

- Desintegración

Con la misma área de contacto = 176.71 cm²

$C = F/A$ obtenemos que para la desintegración

$$C = 4600\text{kg}/(176.71\text{ cm}^2) = 26.03\text{ kg/cm}^2$$

Ladrillo manufacturado con fibra de coco:

- En presencia de fractura

Tomado en consideración la misma área de contacto = 176.71 cm²

$C = F/A$ tenemos que:

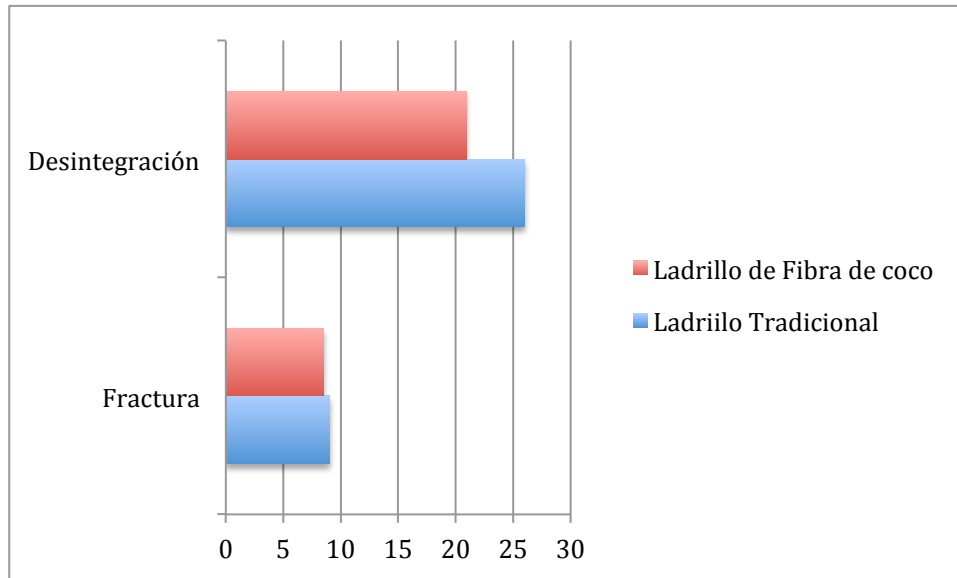
$$C = 1500/(176.71\text{ cm}^2) = 8.48\text{ kg/cm}^2$$

- Desintegración

Con el área de 176.71 cm^2

$C=F/A$ tenemos que:

$$C=3700 \text{ kg}/(176.71 \text{ cm}^2)= 20.93 \text{ kg/cm}.$$



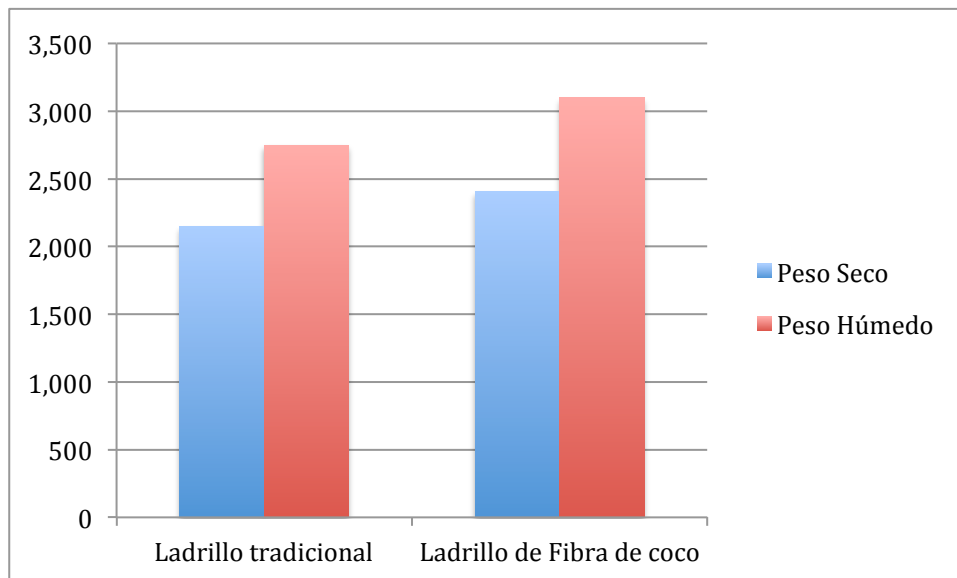
Grafica 4.1 Resultado de las pruebas hechas. Unidades kg/cm^2

4.2.2 Absorción de agua.

Para hacer esta prueba primero se procedió a pesar los ladrillos secos y después se peso cuando habían pasado las 24 horas sugeridas en el método y estos fueron los resultados.

Tipo de ladrillos	Ladrillo tradicional	Ladrillo con fibra de coco
Peso seco	2,150 gramos	2,410 gramos
Peso húmedo	2,750 gramos	3,100 gramos

Tabla 4.2 Resultados de absorción de agua



Grafica 4.2 Relación de absorción de agua de los ladrillos. Unidades dadas en gramos

Para calcular el volumen de agua absorbida en el ladrillo de coco se usó la siguiente fórmula:

$$A = \frac{M_{SSS} - M_S}{M_{SSS} - P_a} \times 100 \rightarrow \text{Ecuación 2}$$

Donde:

A= Volumen de agua absorbida referido al espécimen en dm^3/m^3 .

M_S = Masa seca del espécimen en kg.

M_{SSS} = Masa saturada y superficialmente seca en kg.

P_a = Peso ahogado en kg.

Por tanto, sustituyendo los datos en la tabla anterior y sabiendo que el peso ahogado del ladrillo fabricados con fibra de coco es de 1,162 gramos, tenemos que:

$$A = \frac{3.1\text{kg} - 2.41\text{kg}}{3.1\text{kg} - 1.162\text{kg}} \times 100$$

$$A = 35.6 \text{ dm}^3/\text{m}^3.$$

El resultado anterior es el porcentaje de agua absorbida de los ladrillos de fibra de coco.

CAPITULO V

CONCLUSIÓN

5.1 Conclusión.

Los resultados obtenidos en la realización del proyecto no fueron del todo satisfactorios conforme a las pruebas hechas. Debido que en una de las dos pruebas el ladrillo no alcanzó el nivel estandarizado en las normas mexicanas.

En la prueba de contracción hecha, el ladrillo de fibra de coco quedó por de bajo del nivel alcanzado por el ladrillo fabricado con cascabillo de café, esto puede deberse a que el poder calorífico de la fibra de coco es mucho mas alta a la del cascabillo de café, y como se mantuvo la misma forma de cocción del ladrillo para los dos casos, se pudo haber visto afectado para que el ladrillo de fibra de coco se tornara menos resistente.

En la prueba de absorción de agua, el ladrillo de fibra de coco obtuvo un porcentaje más arriba de lo deseado, debido a que una de las características principales de la fibra de coco es su capacidad de retención de agua.

El ladrillo elaborado de dicha forma, no satisface en un porcentaje aceptable para su fabricación de manera masiva, aunque no eleva el costo en ninguno de los procesos, tampoco eleva las características deseables en los ladrillos para construcción.

En la forma rudimentaria de la fabricación de los ladrillos, el implementar el uso de la fibra de coco hace mas difícil el moldeo de la pasta arcillosa debido a que como son de longitud larga se enredan entre si al momento de mezclarlas.

Una forma diferente de hacer la modificación de las características en las propiedades de los ladrillos, es la utilización de un horno en donde se pueda controlar una temperatura estable, siendo así uno de los factores a tomar en cuenta para la obtención de mejores resultados.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- [1] “Ladrillos como elementos constructivos”.
<http://ceramica.wikia.com/wiki/Ladrillo>.
- [2],[3],[4],[5],[6] “ Fabricación de ladrillos”. <http://es.wikipedia.org/wiki/Ladrillo>.
modificada por última vez el 7 ene 2011.
- [7],[8],[9],[10],[11],[12],[13],[14],[15],[16] “Propiedades físicas y químicas de la
cascarilla de café”.
http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/311604/311604_reci.htm
- [17],[19],[20] “Fibra de coco”. <http://www.grn.es/sicosa/tecnic/fibradecoco.htm>.
Bures Profesional S.A.
- [18] “Poder calorífico (q) de diversas sustancias”. Tabla 1.4.
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/TextosLegales/RD/2004/267_04/Ficheros/tabla1_4.pdf.
- [21],[22],[23] “apéndice D
Normas Mexicanas de la industria de la construcción”.
<http://www.bigmat.es/pdfs/cat2/l.ceramicos4-14.pdf>