

Especialidad - Minas

*Trabajo de Diploma en opción  
al título de Ingeniero en  
Minas*

Caracterización de mezclas para productos de cerámica roja, con el empleo de tobas, en la localidad de Flores.

Autora: Yaimaris Martínez Fonseca.

Curso: 2018-2019

“Año 61 de la Revolución”

**Especialidad - Minas**

*Trabajo de Diploma en opción  
al título de Ingeniero en  
Minas*

**Caracterización de mezclas para productos de cerámica roja, con el empleo de tobas, en la localidad de Flores.**

**Autor: Yaimaris Martínez Fonseca.**

**Tutores: Dr.C Carlos Alberto Leyva Rodríguez**

**MsC. Ismael Terrero Aguirre**

**Curso: 2018-2019**

**“Año 61 de la Revolución”**

## **DECLARACIÓN DE AUTORIDAD**

**Yo: Yaimaris Martínez Fonseca**

Autor de este Trabajo de Diploma y el tutor **Dr.C Carlos Alberto Leyva Rodríguez y MsC. Ismael Terrero Aguirre** certificamos la propiedad intelectual a favor de la Universidad de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez”, hacer uso del mismo en la finalidad que estime conveniente.

**Yaimaris Martínez Fonseca**

Diplomante \_\_\_\_\_

**Dr. C Carlos Alberto Leyva Rodríguez**

Tutor \_\_\_\_\_

**MsC. Ismael Terrero Aguirre**

Tutor \_\_\_\_\_

## **DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo de diploma a mis padres y a mi hermana, porque estuvieron en los momentos más difíciles de mi vida brindándome amor y apoyo durante toda mi vida.*

*A mi novio por darme su amor, comprensión y cariño.*

*A mis amigos, a mis compañeros de aula, a mis vecinos que de una manera u otra siempre han estado a mi lado apoyándome en los momentos buenos como en los malos.*

*A toda mi familia porque forman parte de mi vida.*

*A todos todas aquellas personas que me brindaron su apoyo incondicional.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Este trabajo de diploma es el esfuerzo y la dedicación de varias personas, las cuales me sirvieron como pilar de apoyo para que se cumpliera este esfuerzo en realidad.*

*A mi madre y a mi padre por haberme brindado su apoyo durante estos cinco años.*

*A la Revolución Cubana, y a nuestro líder indiscutible Fidel Castro Ruz por darme la oportunidad de formarme como una profesional competente.*

*Al claustro de profesores del Departamento de Minería del ISMM por su entrega y dedicación en cada una de las clases impartidas en el transcurso de todos estos años y además a la infinidad de profesores que estuvieron a mi lado por todos los Años de estudio*

*A mi tutores Dr. C Carlos Leyva Rodríguez y MsC. Ismael Terrero Aguirre por transmitirme sus conocimientos y por su ayuda.*

*A mis compañeros de aula; antiguos y nuevos, que me extendieron su mano cuando lo necesité.*

*El agradecimiento especial a toda mi familia en sentido general por su apoyo y comprensión durante todos estos años.*

*.En fin: a todos que de una forma u otra contribuyeron a que estos años de sacrificio no hayan sido en vano.*

*Gracias.*

## PENSAMIENTO

*“El futuro de nuestra patria tiene que ser necesariamente un futuro de hombres de ciencia, tiene que ser un futuro de hombres de pensamiento, porque precisamente es lo que más estamos sembrando; lo que más estamos sembrando son oportunidades a la inteligencia.”*

*Fidel Castro Ruz.*



## **RESUMEN**

En el presente trabajo se determinó las propiedades físico - mecánicas de las mezclas de arcillas con las tobas vítreas de la cooperativa de Flores y se evaluó el comportamiento de las mezcla de arcilla con un 10 y 20 % de tobas vítreas para la obtención de ladrillos. Mediante diferentes métodos de ensayos se obtuvieron los siguientes parámetros tecnológicos: % de absorción de agua, % de pérdida de peso y resistencia a la compresión, además del comportamiento de las mismas durante el secado y la temperatura de cocción. Se demostró que de las mezclas analizadas la muestra M-1 fue la de mayor resistencia a la compresión, siendo la de mejor resultado ante los parámetros evaluados.

### **Palabras Claves:**

Arcilla, tobas vítreas, propiedades, mezclas



## **ABSTRACT**

In the present work, the physico - mechanical properties of the clay mixtures with the vitreous tuffs of the Flores cooperative were determined and the behavior of the clay mixture with 10 and 20% of glass tuffs was evaluated to obtain bricks. By means of different test methods, the following technological parameters were obtained: % water absorption, % weight loss and compression resistance, as well as their behavior during drying and cooking temperature. It was demonstrated that of the analyzed mixtures the sample M-1 was the one of greater resistance to the compression, being the one of better result before the parameters evaluated

### **Key Words:**

Clays, vitreous tufas, properties, mixtures

# ÍNDICE

<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICO CONCEPTUAL.....</b>	<b>4</b>
1.1 ESTADO DEL ARTE.....	4
1.2 Caracterización físico-geográfica y geológica de la región y área de estudio.....	7
1.2.1 Situación Geográfica del municipio.....	7
1.2.2 Caracterización del área de estudio .....	8
1.2.3 Clima .....	8
1.2.4 Relieve.....	9
1.2.5 Vegetación.....	10
1.2.6 Características económicas.....	10
1.2.7 Características generales del área de estudio.....	11
1.3 Generalidades de las arcillas .....	11
1.3.1 Clasificación de las arcillas.....	12
1.3.2 Propiedades físico-químicas de las arcillas .....	14
1.4 Agentes que influyen en la deterioración de los ladrillos cocidos .....	16
1.5 Generalidades sobre las tobas vítreas.....	18
1.5.1 Caracterización química de las tobas vítreas del yacimiento de Flores municipio Banes .....	18
1.5.2 Caracterización mineralógica de las tobas vítreas del yacimiento de Flores municipio Banes .....	19

<b>CAPITULO II. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>20</b>
2.1 Etapas de la Investigación .....	20
2.1.1 Etapa 1: preliminar.....	21
2.1.2 Etapa 2: trabajos de campo.....	21
2.1.2.1 Toma de muestras.....	21
2.1.2.2 Preparación de muestras y ensayos.....	22
2.1.3 Trabajos de gabinete:.....	26
2.2 Metodología para la realización de los ensayos. ....	26
<b>CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....</b>	<b>30</b>
3.1 Análisis de los resultados obtenidos los ladrillos .....	30
3.1.1 Contracción total.....	30
3.1.2 Pérdida de peso .....	32
3.1.3 Absorción de agua .....	34
3.1.4 Resistencia a la compresión .....	36
3.2 Problemas ambientales en las diferentes etapas del proceso de extracción de arcillas.....	37
3.2.1 Extracción de arcillas.....	37
3.2.2 Impactos ambientales derivados del desarrollo de la explotación de canteras de materiales de construcción .....	39
3.2.3 Medidas específicas según la actividad a realizar .....	40
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>43</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>44</b>

<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>45</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>1</b>

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Clasificación granulométrica de las partículas. ....	13
Tabla 2. Clasificación de las arcillas según su plasticidad según los datos de Priklonki por el método de Casagrande. ....	14
Tabla 3. Composición química de la muestra de tobas empleadas .....	18
Tabla 4. Características mineralógicas de los materiales tobáceos estudiados.....	19
Tabla 5. Dosificaciones de las mezclas de la arcilla. ....	24
Tabla 6. Contracción al secado natural (CSN), longitudinal en cm. ....	30
Tabla 7. Contracción después de la cocción (CDC), longitudinal en cm. ....	31
Tabla 8. Porcentaje de la contracción total CT, longitudinal, en %. ....	31
Tabla 9. Peso inicial del ladrillo (seco) .....	32
Tabla 10. Peso después de la cocción.....	33
Tabla 11. Porcentaje de pérdida de peso final del ladrillo .....	33
Tabla 12. Peso del ladrillo antes de entrar a la piscina .....	35
Tabla 13. Peso del ladrillo luego de 24 horas .....	35
Tabla 14. Porcentaje de absorción de agua.....	35
Tabla 15. Resistencia a la compresión. (MPa).....	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ubicación Geográfica del municipio Banes (Google,2019) .....	7
Figura 1.2 Ubicación Geográfica del área de estudio (Google, 2019).....	8
Figura 2.1 Organigrama que resume la metodología de investigación .....	20
Figura 2.2 Tobas vítrea de la loma de Los Cruce .....	22
Figura 2.3 Esquema del proceso de preparación de las muestras .....	23
Figura 2.4 Ladrillos en secaderos .....	25
Figura 2.5 Ladrillos en el horno .....	26
Figura 2.6 Esquema de la metodología para la realización de los ensayos.....	26
Figura 2.7 Ladrillo sumergido en agua. ....	28
Figura 3.1 Contracción lineal en las mezclas evaluadas a una temperatura de cocción de 1000 °C.....	32
Figura 3.2 Pérdida de peso en las mezclas evaluadas a una temperatura de cocción de 1000 °C. ....	34
Figura 3.3 .Absorción de agua en las mezclas evaluadas a temperatura de cocción 1000°C. ....	36
Figura 3.4 Resistencia a la compresión en las mezclas evaluadas a una temperatura de cocción (1000 °C ).....	37

## Introducción

Las arcillas constituyen la principal materia prima para la fabricación de productos cerámicos para la construcción. Ellas aparecen en todo tipo de formaciones rocosas, ígneas y sedimentarias, desde las más antiguas hasta las recientes. Sus características físicas, químicas y mineralógicas varían ampliamente, incluso entre las capas de un mismo depósito arcilloso. Al principio eran utilizadas tal y como aparecen en la naturaleza, sin hacerle muchos cambios para los fines que se perseguían. Con el desarrollo de la ciencia y la técnica, el hombre ha podido descubrir que estos materiales, que resultaban tan fácil de trabajar y manipular, no son, en realidad tan simples, a pesar de que son aprovechadas por los seres humanos para varios fines, como la cerámica artística y la producción de materiales de construcción como ladrillos, tejas, pigmentos, etc. (Hidalgo, 2013).

Hoy en día como parte de la fabricación de materiales de construcción, debido a las ventajas económicas y constructivas que representan, es muy práctica la producción de ladrillos de arcilla cocida, en los que este material se presenta como principal fuente de materia prima debido a sus propiedades de hacerse plástica cuando está húmeda y pétrea por la acción del fuego. Además, puede ser moldeada en casi todas las formas, las cuales conservan después de ser sometidas a la acción del calor. Para su uso en la fabricación de ladrillos es muy poco usual que sea empleada como se encuentra en la naturaleza, por lo cual es común añadir otros materiales, lo que garantiza un mejor aprovechamiento de sus propiedades.

Debido al problema existente en Cuba referente al fondo habitacional, donde se incluye el municipio de Banes el cual tiene dentro de sus principales problemas el deterioro de un por ciento elevado de viviendas como efecto de los desastres naturales, por lo que existe la necesidad de llevar a cabo la construcción de viviendas, por todo lo ante expuesto se hace necesario el fortalecimiento sustancial de la producción de materiales de construcción, específicamente de los ladrillos de arcilla cocida, y que a su vez esta actividad constituya una alternativa

viable, sustentable, capaz de desarrollarse en el menor tiempo posible, y sea una solución económica a través de la producción de materiales. En consecuencia, con lo antes expuesto, se fórmula como **situación problemática**, la necesidad de estudiar las propiedades físico- mecánicas de las mezclas de materiales arcillosos con las tobas vítreas del Consejo Popular de Flores, Municipio de Banes, para su utilización en la industria de cerámica.

**Problema:** El insuficiente conocimiento de las propiedades físico- mecánicas de las mezclas de los materiales arcillosos con las tobas vítreas de la región de Flores municipio Banes, limita su posible utilización para cerámica de construcción.

**Objeto de estudio:** Las propiedades físico-mecánicas de las mezclas de arcilla con tobas vítreas.

**Campo de acción:** Las arcillas y las tobas vítreas de la cooperativa de Flores. Municipio Banes.

**Objetivo general:** Determinar las propiedades físico-mecánicas de las mezclas de materiales arcillosos con las tobas vítreas para su utilización como cerámica roja para la construcción, de Flores, municipio Banes.

**Hipótesis:** Si se determinan las propiedades físico- mecánicas de las mezclas de arcillas con tobas vítreas y se evalúa el comportamiento de las mezcla de arcilla con un 10 y 20 % de tobas vítrea, entonces es posible su utilización para cerámica de construcción en el municipio de Banes.

**Objetivos específicos:**

1. Determinar las propiedades físico - mecánicas de las mezclas de arcillas con las tobas vítreas para la utilización de cerámica roja para la construcción (ladrillos).
2. Determinar cuál de las mezclas estudiadas posee mejores parámetros para ser implementadas.

**Los principales métodos de investigación científica empleados en el trabajo se exponen a continuación:**

**Métodos empíricos:**

Un punto muy importante para desarrollar una investigación es la observación:

También, la compilación es un método empírico esencial: La compilación permite reunir y sistematizar información mediante la revisión de fuentes bibliográficas, orales, digitales o de otro tipo.

**Métodos teóricos**

Entre los métodos teóricos se encuentran los métodos siguientes:

- Histórico - lógico: para analizar la trayectoria tecnológica de la cantera.
- Hipotético - deductivo: para la formulación de una hipótesis y luego, a partir de inferencias lógicas-deductivas, se arriba a conclusiones particulares que posteriormente se pueden comprobar.

Para lograr el cumplimiento de los objetivos propuestos, se plantean las siguientes tareas:

**Tareas:**

1. Análisis bibliográfico de trabajos relacionados con el objeto de la investigación.
2. Toma y elaboración de muestras
3. Elaboración de mezclas para el logro de objetos experimentales (ladrillos).
4. Determinar las propiedades físico - mecánicas a partir de los ensayos de contracción total, absorción de agua, peso específico y resistencia mecánica a la compresión.



## **CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICO CONCEPTUAL**

En este capítulo se realiza un análisis sobre los diferentes aspectos que se encuentran relacionados con los temas abordados en la bibliografía consultada con el objetivo de disponer de los elementos básicos para realizar el presente trabajo. En el cual se expone el estado del arte, características y ubicación geográfica del área de estudio, posteriormente las propiedades físico – químicas de las arcillas, entre otros temas que brindan conocimientos básicos relacionados con el trabajo.

### **1.1 ESTADO DEL ARTE**

La invención de la cerámica se produjo durante la revolución neolítica, cuando se hicieron necesarios los recipientes para almacenar el excedente de las cosechas producido por la práctica de la agricultura. En un principio esta cerámica se modelaba a mano, con técnicas como el pellizco, el colombín o la placa (de ahí las irregularidades de su superficie), y tan solo se dejaba secar al sol en los países cálidos y cerca de los fuegos tribales en los de zonas frías.

Más adelante comenzó a decorarse con motivos geométricos mediante incisiones en la pasta seca, cada vez más compleja, perfecta y bella elaboración determinó, junto con la aplicación de cocción, la aparición de un nuevo oficio: el del alfarero.

En Cuba la industria cerámica ha tenido un amplio desarrollo a partir de 1959, sin embargo, este desarrollo y sobre todo, las investigaciones, estudios y los resultados a los que se ha llegado, no han quedado en la memoria escrita en nuestros archivos.

Existen actualmente muchas normas técnicas para la producción y el control de la calidad de ladrillos, azulejos y otros productos de la industria de los materiales de la construcción, sin embargo, no existe mucha información sobre los productos cerámicos utilitarios y ornamentales, los cuales, a pesar de tener características similares, no presentan los mismos requerimientos de calidad que los primeros.

De acuerdo con estudios precedentes (Pons y Leyva, 1996 y Orozco, 1995) las arcillas de Moa poseen un carácter semirrefractario y han sido utilizadas como morteros en los procesos de fundición de la Industria del Níquel y están siendo empleadas, en pequeños volúmenes, para la fabricación de materiales de la construcción. En las industrias locales del municipio se intentó utilizarlas como materia prima para la fabricación de tiestos, búcaros y otros, pero no se obtuvieron buenos resultados, ya que las piezas se agrietaban durante el secado y se rompían durante la cocción.(Moreira Chacón, 2015).

Investigadores del territorio (Orozco, 1995; Leyva, 1996) determinaron el origen geológico de las arcillas en Moa, el cual está dado por la existencia de manifestaciones de arcillas caolinítica, las cuales una parte considerable se encuentra relacionada con cuerpos de gabros de diversas dimensiones.(Orozco, 1995).

Villar Reyes, Rafael. 2005 en el Proyecto de actualización del yacimiento Arcilla Bayamo, Provincia Granma demostró que el mismo está formado por arcillas, arcillas arenosas, arenas arcillosas, gravas y gravas arenosas.

Fadel Luali, Marabih. 2005 realizó una evaluación preliminar y caracterización de la manifestación de caolinitas en la zona de Cayo Guam, Moa, para ello se analizaron cuatro horizontes a partir de análisis de difracción de rayos x donde quedó demostrado que predomina en el área la Gibbsita y la Caolinita.

Cabo de Villa Figueiral, Sergio. 2010 realizó una valoración de mezclas de arcillas de la región de Centeno para su utilización en la industria de materiales locales. El mismo llegó a las conclusiones de que las mezclas con adición de tobas vítreas presentan mayor absorción de agua a medida que se aumenta su contenido en la mezcla, experimentando mayor pérdida de peso al cocerla hasta 750 °C, lo que demuestra las ventajas de esta propiedad de tener mayor facilidad de colocación de los ladrillos cerámicos, a la vez que incrementan las propiedades de mayor aislamiento térmico y acústico.

Sosa Díaz, Jorge A. 2011 en el Informe sobre la Exploración adicional en la porción del Yacimiento Arcilla de Bayamo determinó de que las mismas son de origen aluviales, de sedimentos muy finos donde se aprecian finas capas o intercalaciones con granulometrías más gruesas y capas con alto contenido de carbonato de calcio.

Díaz, Yosvany; Betancourt, Dania y Martirena, Fernández. 2011 realizaron una investigación acerca de la influencia de la finura del molido de Carbonato de Calcio en las propiedades físicas-mecánicas y de durabilidad de los ladrillos de cerámica roja, donde se demostró que la finura del carbonato de calcio adicionado en muy pequeñas dosis (a partir de los 150  $\mu\text{m}$ ) comienza a ser beneficioso para la calidad de material en pequeñas cantidades (menos del 10 % del peso de la arcilla).

Tendai, Njila. 2011 en su caracterización químico-mineralógica de cortezas de meteorización ferrosialíticas en el noreste de Cuba oriental refiere que las arcillas de Cayo Guam pueden ser empleadas para elementos refractarios.

Rodríguez Reyes, Isail. 2013 realizó una caracterización de materiales arcillosos del depósito Cayo Guam para su posible empleo como material cementicio suplementario donde determinó debido a sus características químicas, estructurales y a su amplia disponibilidad, las arcillas de la región de Cayo Guam pueden ser transformadas en materiales de carácter puzolánico a partir de su activación térmica, además concluyó que las arcillas de la región de Moa, potencialmente pueden ser utilizadas en la industria de la cerámica roja y del cemento LC3. (Moreira Chacón, 2015).

## 1.2 Caracterización físico-geográfica y geológica de la región y área de estudio

### 1.2.1 Situación Geográfica del municipio

Geográficamente el área de estudio se encuentra ubicada hacia la parte noreoriental de la Isla de Cuba, ocupando el municipio de Banes en la provincia de Holguín (Figura 1.1). (Consuegra, 2005).

Limitada por las siguientes coordenadas Lambert:

x: 586639.57838397, y: 260716.11771129;

x: 638622.24156827, y: 261063.68591766;

x: 638926.11164424, y: 224163.79823788;

x: 586829.51695436, y: 223815.36002348.

Banes limita por el sur con el municipio de Antilla y Mayarí por el oeste con el municipio de Rafael Freyre y Báguanos. Al norte y este le bañan las aguas del Océano Atlántico. Tiene una extensión territorial de 781,1 km La Zona rural 774,1 km y la Zona urbana 7,0 km. (Figura1.1)

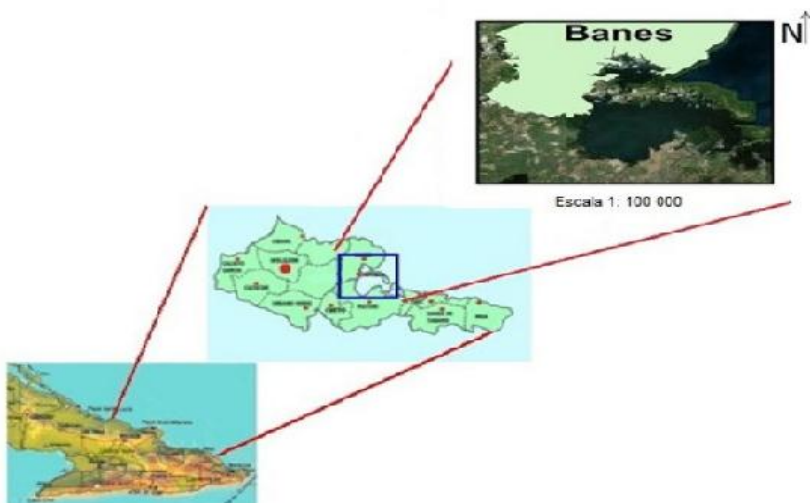


Figura 1.1 Ubicación Geográfica del municipio Banes (Google, 2019)

### 1.2.2 Caracterización del área de estudio

El Consejo Popular de Flores está situado a 14 Km de la cabecera municipal teniendo una extensión territorial de 81 km. Limita al norte con el Consejo Popular de Retrete, al este con el Consejo Popular de Betancourt al sur con el Consejo Popular de Los Pinos y al oeste con el Consejo Popular de Cortadera. Como se muestra en la (figura 1.2).



Figura1.2 Ubicación Geográfica del área de estudio (Google, 2019)

### 1.2.3 Clima

El clima de la región es cálido y seco (Estación meteorológica de Lucrecia, 2004). Se reporta una elevada temperatura media con el valor anual de 26,5 °C, situación originada, como es típico en las zonas costeras o por la influencia de clima costero, en los elevados niveles de las temperaturas mínimas en las madrugadas. De forma general las temperaturas se estabilizan en valores altos todo el año pues incluso las mínimas medias, con marcas en julio y agosto de 25,9 °C y 25,6 °C respectivamente. En invierno, a pesar de la influencia de altas presiones continentales, pueden alcanzar índices de hasta 21,8 °C (Consuegra, 2005).

Los niveles de humedad relativa son altos todo el año. Esto genera, al considerarse el predominio de altas temperaturas, un clima difícil para la actividad de hombre. Tal situación solo se ve atenuada en algunos lugares por la acción de los vientos. Estos son muy estables y soplan casi siempre desde el este, alcanzando frecuentemente rachas de 30-35 Km/h.

Las precipitaciones son escasas, reportándose en los últimos años valores muy por debajo de los acumulados anteriores de hasta 1207 mm de promedio anual, siendo los meses de febrero, mayo, septiembre y octubre los de mayor acumulado, hasta 60 mm. Aunque en general las precipitaciones son algo superiores a los municipios interiores de la provincia.

Los fenómenos meteorológicos peligrosos tienen aquí una baja influencia y su magnitud es reducida. Como en toda la provincia, la afectación por frentes fríos es baja, pues a Holguín solo llegan la mitad de los que actúan sobre la Isla, presentándose débiles e incluso ya disipados. Las tormentas locales severas son poco frecuentes e inciden más hacia el interior de la provincia y en las montañas, debido a la cercanía de la costa y a la interposición de alturas situadas al sur. La afectación de los ciclones tropicales también es mínima, reportándose como mayor afectación el Flora (1963 )y el Ike.

#### **1.2.4 Relieve**

En el municipio Banes predominan las llanuras y las elevaciones de poca altura. Las tierras del litoral son onduladas, debido a la abundancia de colinas y farallones de sus lomas, que pertenecen al grupo orográfico de Maniabón. Este conjunto de Construcción del mapa geomorfológico del municipio Banes a escala 1: 100 000 9 oteros se halla compuesto por dos series, una sobre las costas y otra interior, constituyendo ambos grupos elevaciones de poca altura. El relieve del cabo presenta sus principales colinas en el litoral, bordeando toda costa, lo que contrasta con las pocas elevaciones que tiene el litoral.

El punto culminante lo conforma el Pan de Samá al noroeste del municipio con una altura de 320 m sobre el nivel del mar, otras elevaciones importantes son la

Sierra de Yagüajay con 129 m, cordillera La Cuchilla con 284 m, loma La Vigía con 337 m y Sierra de Mulas con 139 m. El aspecto general del terreno en este municipio es llano y ondulado, con algunas montañas en la costa. Es regado por los ríos Banes, Jagüeyes y Negro.

### **1.2.5 Vegetación**

La vegetación en sentido general es abundante, en algunas partes se aprecian bosques con árboles de baja talla y sotobosques con malezas espinosas, relativamente abundantes, donde se manifiesta hacia el norte y este con arbustos espinosos y matorrales de poca altura, hacia el sur, este y oeste se observan áreas de potreros, plantaciones cañeras y otros cultivos menores.

Las principales zonas boscosas se encuentran hacia la parte centro-Norte, donde abundan las Guásimas, el Cuyas, los Cedros, las Caobas y el Guarano.

Su pobre dotación de ríos y arroyos se debe entre otras causas a la carencia de un lomerío importante en el cual puedan formarse y descender sobresalientes cursos de agua. La ubicación geográfica de las lomas existentes, agrupadas sobre las costas del cabo Lucrecia, hacen que las corrientes de agua dulce desciendan con rumbo Sureste hasta desembocar en la bahía de Banes, favorecidas por el litoral de ésta, carente de elevaciones.

### **1.2.6 Características económicas**

La base económica del municipio es el cultivo de la caña de azúcar, el turismo y el comercio. El turismo alcanza una gran importancia con el polo turístico de la provincia, siendo el tercero a nivel nacional. Entre las principales playas se encuentra Guardalavaca y Esmeralda. Además como ruta turística se encuentra la ruta al Faro de Lucrecia. Esto proporciona una gran cantidad de empleos a los vecinos de la zona.

En el área de Río Seco se encuentra la empresa Jesús Menéndez, encargada de la producción de mermeladas y conservas para el consumo nacional y para el polo turístico. Ecured.

### **1.2.7 Características generales del área de estudio**

En el área de estudio se conoce que las arcillas son producto de la deposición de los sedimentos arrastrados por el río Bariay, depositadas estas en las terrazas, estos sedimentos son semi plásticos al tacto, de color carmelita. En el corte presente en el río se aprecia una delgada arcilla terrosa de color amarillo pardo, en donde la capa vegetal que varía entre 20,0cm y 50,0cm, luego aparece la capa de arcilla que varía entre 2,0 m y 4,0m, con 3,0m como promedio.

### **1.3 Generalidades de las arcillas**

Se puede definir la arcilla de manera general como una sustancia mineral terrosa compuesta en gran parte de hidrosilicato de alúmina que se hace plástica cuando se humedece, dura y semejante a la roca cuando se cuece.

La arcilla es una roca sedimentaria constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados, procedentes de la descomposición de rocas que contienen feldespato, como el granito. Presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, desde el rojo anaranjado hasta el blanco cuando es pura.

Para un ceramista una arcilla es un material natural que cuando se mezcla con agua en la cantidad adecuada se convierte en una pasta plástica utilizado para la fabricación de artículos de alfarería y ladrillos.

Desde el punto de vista económico las arcillas son un grupo de minerales industriales con diferentes características mineralógicas y genéticas. Con distintas propiedades tecnológicas y aplicaciones.

Desde el punto de vista mineralógico, engloba a un grupo de minerales (minerales de la arcilla), filosilicatos en su mayor parte, cuyas propiedades físicas-químicas dependen de su estructura y de su tamaño de grano, muy fino (inferior a 2  $\mu\text{m}$ ).

**Físicamente:** se considera un coloide, de partículas extremadamente pequeñas y superficie lisa. En la fracción textural arcilla puede haber partículas no minerales, (los fitolitos).



**Químicamente:** es un silicato hidratado de alúmina, cuya fórmula es:  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Por esta razón el término arcilla no corresponde a una composición química o mineralógica definida; las arcillas son mezclas de diversas especies minerales, esto dependerá de la composición de la roca madre de partida. Es muy complicado el estudio de las mismas y la evaluación de los yacimientos que, presentan una elevada heterogeneidad. El término caolín, sin ser mucho más preciso, designa a una arcilla con un elevado porcentaje de caolinita (mínimo 80%) y con un bajo contenido de impurezas, especialmente, en el contenido de óxido de hierro. La composición teórica de la caolinita es: Alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ): 39,56 %, óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ): 46,54 %, y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ): 13,90 % en masa. En las arcillas naturales dichos porcentajes son distintos por la presencia de otros minerales y de impurezas como: el óxido de titanio, calcio, magnesio, potasio, sodio y hierro. El contenido importante de éste último es característico de las arcillas rojas utilizadas en la fabricación de ladrillos y tejas. (Téllez, 2007)

### **1.3.1 Clasificación de las arcillas**

Las arcillas se pueden clasificar de acuerdo con varios factores. Así, dependiendo del proceso geológico que las originó y a la ubicación del yacimiento en el que se encuentran, se pueden clasificar.

#### **Desde el punto de vista geológico:**

**Sedimentario** (secundarios): Forman parte de los depósitos aluviales indiferenciados, aluvio – deluviales y aluvio – marinos del Plioceno – Cuaternario del neoa autóctono o cobertura joven, asociándose a distintas terrazas del cauce inferior de los ríos. Son de composición montmorillonítica e illítica y forman desde capas extensas hasta lentes pequeños interdigitados con arena y grava, con espesor útil no mayor de la decena de metros. También forman parte de la cobertura del Paleógeno medio – Neógeno tardío. Tienen composición predominante montmorillonítica con contenido calcáreo en algunas regiones, forman capas de espesor y extensión estables en las formaciones con predominio

pelítico, pero en otras, su distribución en el corte es pobre y de poco espesor. (IGP, 2011).

**Residuales** (primarios): Se asocian a las cortezas de intemperismo desarrolladas sobre las más diversas rocas que afloran en el archipiélago cubano, principalmente sobre granitoides, serpentinitas y gabroides, originando arcillas de composición montmorillonítico – illítica con contenidos variables de caolinita; en algunas regiones forman capas y lentes irregulares en espesor y distribución areal, en dependencia de los factores que controlan la formación y acumulación del eluvio. El espesor útil es de pocos metros. (IGP, 2011).

**Hidrotermales:** Se asocian a las lavas y toba andesítica alterada hidrotermal e hipergénicamente de los arcos volcánicos Cretácico y Paleógeno. Composición: montmorillonítico – caolinítica con plasticidad media hasta alta. Forman capas irregulares y bolsones con fragmentos de roca madre y nódulos de CaCO<sub>3</sub> y Fe. Su espesor útil es variable y no excede los 10 m. Son utilizadas en la cerámica.

**-Clasificación granulométrica** de las partículas del suelo, las arcillas ocupan el siguiente lugar (tabla 1)

**Tabla 1. Clasificación granulométrica de las partículas.**(Wales, 2001)

No.	Partículas	Tamaño
1	Arcillas	< 0.002 mm
2	Limos	0.002-0.06 mm
3	Arenas	0.06-2 mm
4	Gravas	2-6 mm
5	Cantos rodados	6-25 mm
6	Bloques	> 25mm

### 1.3.2 Propiedades físico-químicas de las arcillas

Las arcillas son eminentemente plásticas. Esta propiedad se debe a que el agua forma una envoltura sobre las partículas laminares produciendo un efecto lubricante que facilita el deslizamiento de unas partículas sobre otras cuando se ejerce un esfuerzo sobre ellas. Su elevada plasticidad se debe a su morfología laminar, tamaño de partícula muy pequeño y a su alta capacidad de hinchamiento.

La porosidad en las arcillas varía según el tipo de arcilla. Esta depende de la consistencia más o menos compacta que adopta el cuerpo.

**Plasticidad:** mediante la adición de una cierta cantidad de agua, la arcilla puede adquirir la forma que uno desee. Esto puede ser debido a la figura del grano (cuanto más pequeña y aplanada), la atracción química entre las partículas, la materia carbonosa, así como una cantidad adecuada de materia orgánica.

Podríamos hablar teniendo en cuenta una de las propiedades de la arcilla como es la plasticidad de dos tipos: las arcillas plásticas y las antiplásticas (tabla 2).

Arcillas plásticas: hacen pasta con el agua y se convierten en moldeables.

Arcillas antiplásticas: confieren a la pasta una determinada estructura, que pueden ser químicamente inertes en la masa o crear una vitrificación en altas temperaturas. (Moreira Chacón, 2015).

Tabla 2. Clasificación de las arcillas según su plasticidad según los datos de Priklonski por el método de Casagrande.

Arcillas	Número de plasticidad
De alta plasticidad	Mayor que 17
Plásticas	7 - 17
De baja plasticidad	0 - 7

**Merma:** debido a la evaporación del agua contenida en la pasta se produce un encogimiento o merma durante el secado.

**Refractariedad:** todas las arcillas son refractarias, es decir resisten los aumentos de altas temperaturas sin sufrir variaciones, aunque cada tipo de arcilla tiene una temperatura de cocción.

**Capacidad de la arcilla de endurecer al secarla:** una particularidad de la pasta de arcilla es su capacidad de endurecer al secarla al aire libre. La resistencia mecánica de la arcilla secada viene condicionada por la acción de las fuerzas de Van der Waals y la cementación de los granos de minerales por los iones de impurezas. Las fuerzas de presión capilar atraen las partículas de arcilla impidiendo su corrosión, a consecuencia de lo que tiene lugar la retracción aérea.

Durante la saturación de agua desaparecen los meniscos, cesa la acción de las fuerzas capilares, las partículas se desplazan libremente en el exceso de agua y la arcilla se empapa.

**Retracción de la arcilla:** la retracción consiste en que se reducen dimensiones lineales y el volumen de la materia bruta de arcilla durante su secado (retracción térmica). La retracción se expresa en por ciento del tamaño inicial del artículo.

La retracción aérea transcurre en el proceso de evaporación del agua a partir de la materia bruta, como consecuencia de la disminución del espesor de las capas acuosas alrededor de las partículas de arcilla, aparición en los poros de la materia bruta de meniscos y fuerzas de presión capilar, pendientes a cercar las partículas. Para diferentes arcillas la retracción aérea lineal oscila entre 2-3 y 10-12 %.

**Porosidad:** el grado de 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, carbonato de calcio, etc.

**Capacidad de absorción:** Algunas arcillas encuentran su principal campo de aplicación en el sector de los absorbentes ya que pueden absorber agua u otras moléculas en el espacio interlaminar (esmeclitas) o en los canales estructurales (sepiolita y paligorskita).(Moreira Chacón 2015)

La capacidad de absorción está directamente relacionada con las características texturales (superficie específica y porosidad) y se puede hablar de dos tipos de procesos que difícilmente se dan de forma aislada: absorción (cuando se trata fundamentalmente de procesos físicos como la retención por capilaridad) y adsorción (cuando existe una interacción de tipo químico entre el adsorbente, en este caso la arcilla, y el líquido o gas adsorbido, denominado adsorbato).

La capacidad de adsorción se expresa en porcentaje de adsorbato con respecto a la masa y depende, para una misma arcilla, de la sustancia de que se trate. La absorción de agua de arcillas absorbentes es mayor del 100 % con respecto al peso.

**Hidratación e hinchamiento:** la hidratación y deshidratación del espacio interlaminar son propiedades características de las esmeclitas, y cuya importancia es crucial en los diferentes usos industriales. Aunque la hidratación y deshidratación ocurren con independencia del tipo de catión de cambio presente, el grado de hidratación está ligado a la naturaleza del catión interlaminar y a la carga de la lámina.

#### **1.4 Agentes que influyen en la deterioración de los ladrillos cocidos**

Los ladrillos de cerámica roja están sometidos durante su vida útil a agentes que deterioran el origen físico y químico; estos son los causantes de la deterioración y la pérdida de sus capacidades de trabajo, de acuerdo con las funciones que deben desempeñar en una edificación. Los de origen físico son los siguientes:(Vidiaux 2012).

**Los cambios de volumen:** Pueden ocurrir dentro del ladrillo debido a la contracción del secado, a las variaciones de temperatura, y a las variaciones de la

humedad. El agrietamiento resulta cuando el cambio de volumen es resistido por los confinamientos internos o externos. El ladrillo de cerámica es intrínsecamente sensible a las variaciones de la humedad, debido a que la arcilla es su componente constitutivo principal. La determinación de la cantidad y del tipo de arcilla presente en el suelo para la producción del ladrillo es de suma importancia. La presencia de la humedad tiene la capacidad potencial de dispersar las láminas.

**Ciclos de humedecimiento y secado:** Los ciclos de humedecimiento y secado causados por la alternancia de períodos de sol y lluvia propician la desagregación y disolución de los materiales de construcción, particularmente de los ladrillos, debido a su alta capacidad de absorción de agua.

**Humedad:** El factor más serio que influye en el deterioro de los ladrillos es la humedad, que resulta de las lluvias, de la humedad ascendente, o de la condensación del vapor. Si se quiere que los ladrillos sean aceptados extensamente en el futuro como material de construcción durable y alternativo, entonces deben superar la desventaja principal que es su incapacidad de resistir la exposición prolongada a la humedad.

El ablandamiento y la acción abrasiva de la humedad conducen a la erosión de las superficies expuestas. Es por tanto importante identificar las fuentes de la humedad, la naturaleza de su acción, el mecanismo del transporte y los parámetros medibles. Las variables que podrían afectar el funcionamiento del ladrillo son vastas; las más significativas incluyen el nivel de exposición a los elementos ambientales (en este caso la lluvia) y los procesos de fabricación (la presión de compactación, el contenido de arcilla y la mineralogía, el contenido de agua, el tiempo de curado, el tiempo de mezclado, la vibración, entre otros).

La durabilidad del ladrillo depende en gran parte de las características del poder absorbente de agua, de la permeabilidad y de la porosidad del ladrillo de una parte, y de la naturaleza de la acción de la humedad, así como de la capacidad del ladrillo de resistir fuerzas quebrantadoras en la otra.

## 1.5 Generalidades sobre las tobas vítreas

Es un tipo de roca ígnea volcánica, ligera, de consistencia porosa, formada por la acumulación de cenizas u otros elementos volcánicos muy pequeños expelidos por los respiraderos durante una erupción volcánica.

Se forma principalmente por la deposición de cenizas y lapilli durante las erupciones piroclásticas. Su velocidad de enfriamiento es más rápida que en el caso de rocas intrusivas como el granito y con una menor concentración en cristales, (IGP, 2011).

### 1.5.1 Caracterización química de las tobas vítreas del yacimiento de Flores municipio Banes

La composición química de las tobas empleadas, determinada a partir del método Fluorescencia de rayos X (FRX) se presenta en la tabla 3.

Se aprecia que los compuestos que aparecen como constituyentes son: en mayores cantidades óxido de silicio y óxido de aluminio, con composición media el óxido de hierro III, óxido de calcio y en menores cantidades óxidos de sodio, magnesio, potasio y manganeso.

Como se puede observar la suma de SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> supera el 70 % que se establece como mínimo en la norma ASTM C - 618 para las puzolanas naturales.

Tabla 3 Composición química de la muestra de tobas empleadas

Compuesto	Contenido Tobas vítreas de la cooperativa de Flores
SiO <sub>2</sub>	68,86
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,63
MnO	0,06
MgO	2,64
Na <sub>2</sub> O	1,87
CaO	5,34
TiO <sub>2</sub>	0,49
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,10
K <sub>2</sub> O	2,27
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,58
SO <sub>3</sub>	0,11

Sobre la base de la composición química de las tobas analizadas se pueden clasificar geológicamente como rocas vulcano-sedimentarias, de composición dacítica. Según las investigaciones de Ramachandran, (1995).

### **1.5.2 Caracterización mineralógica de las tobas vítreas del yacimiento de Flores municipio Banes**

En la tabla 4 se muestran los porcentajes de la matriz vítrea, así como el contenido de arcilla y las principales fases mineralógicas cristalinas presentes en estas tobas.

Tabla 4 Características mineralógicas de los materiales tobáceos estudiados

Material	Matriz vítrea,	Contenido de	Principales fases
Tobas vítreas de Flores	80 - 100	10 - 15	Albita, anortita, apatito, diópsido, hematina, hyperstena, Ilmenita, ortoclasa, cuarzo, esfena, X-magnesio

Como se puede apreciar en la tabla 4 las tobas del yacimiento están constituidas esencialmente por vidrio volcánico con un bajo contenido de arcillas para estas rocas (montmorillonita), subordinadamente aunque en bajos porcentajes, calcita, cuarzo y feldespatos.



## CAPITULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

### Introducción:

Este capítulo contiene las características de los materiales que se utilizaron y los experimentos realizados destinados a la determinación de las características físico- mecánicas de los ladrillos producidos con arcilla y las tobas vítreas de Flore municipio Banes´´.

### 2.1 Etapas de la Investigación

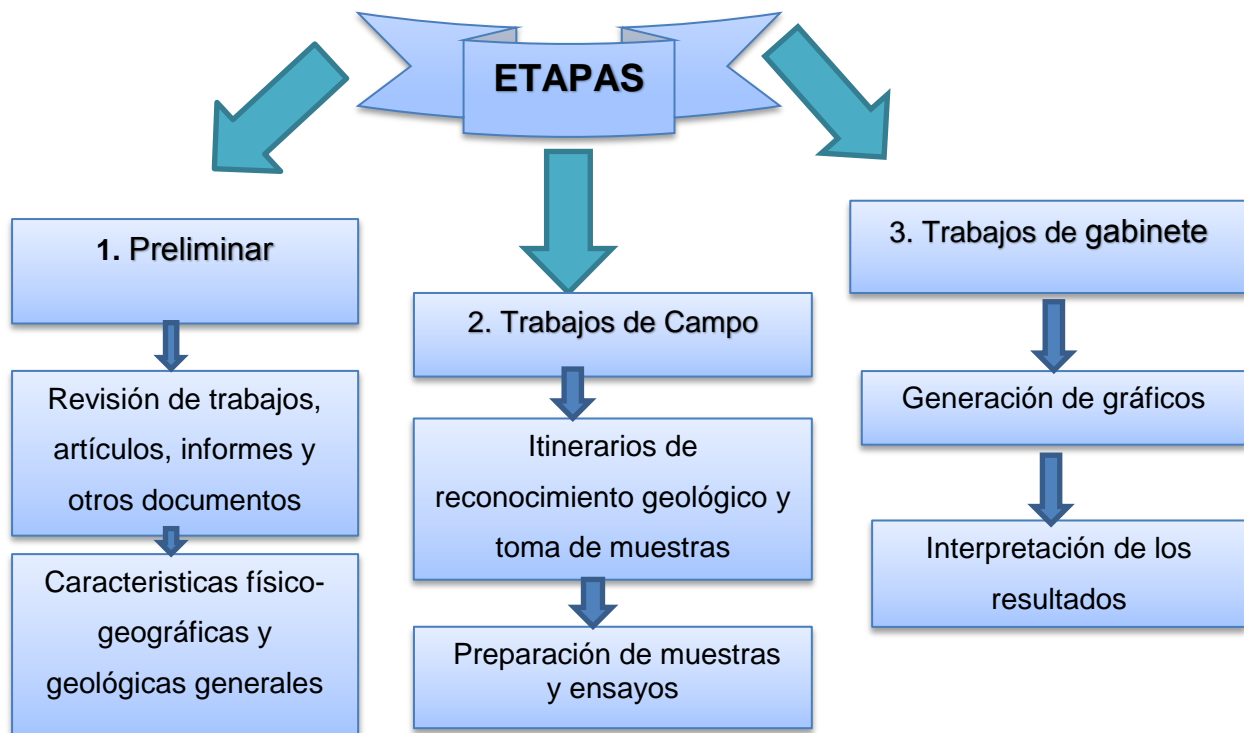


Figura 2.1 Organigrama que resume la metodología de investigación.

La investigación desarrollada contempló una metodología basada en 3 etapas de investigación, las que se sintetizan en una etapa preliminar, trabajos de campo y trabajos de gabinete, los cuales son esquematizados en la figura 2.1.

Para dar cumplimiento a estas cuatro etapas se trazaron diferentes objetivos en cada una de ellas.

### **2.1.1 Etapa 1: preliminar**

Se desarrolló la consulta de un volumen de literaturas relacionadas con la temática a nivel mundial, nacional, provincial y local basadas en el posterior estudio de los artículos científicos, trabajos de diploma, sitios web, artículos publicado en internet, todas estas informaciones permitieron un conocimiento del desarrollo actual que presentan los aditivos en los materiales cerámicos y sus usos en la industria de la construcción.

### **2.1.2 Etapa 2: trabajos de campo**

El desarrollo del trabajo de campo se dirigió fundamentalmente a obtener el mayor volumen de información sobre los materiales arcillosos de la zona de Flores que en este caso son los materiales que se están estudiando y analizando. Además, se realizó un recorrido por el área donde se encuentran estos materiales, de esta manera se ha seleccionado el sitio más favorable para la toma de muestras para su posterior análisis en el laboratorio.

#### **2.1.2.1 Toma de muestras**

Toma y selección de las muestras de arcillas: La selección de las muestras se realizó buscando la mayor representatividad de la materia prima en el corte. Se abarcó toda la regularidad de la mineralización y coloración de la misma. Para la selección de la materia prima se escogió un corte dentro del afloramiento con el objetivo de obtener una muestra representativa a todo lo largo de los perfiles.

Toma y selección de la muestra de toba vítrea: las muestras fueron tomadas de la manifestación Loma de Los Cruce de la zona de Flores municipio Banes. El método aplicado de toma de muestras fue el método por puntos, que consistió en la toma de trozos típicos de la materia prima garantizando representatividad. Seguidamente fueron sometidas a un proceso de trituración., (Figura 2.2).



Figura 2.2 Tobas vítrea de la loma de Los Cruce.

### **2.1.2.2 Preparación de muestras y ensayos**

En esta etapa de preparación y ensayos se llevó a cabo mediante la selección y preparación de las muestras. Una vez colectada en el yacimiento la materia prima, esta fue mezclada, y homogeneizada y sometida a una primera inspección. Luego se sometieron a una limpieza preliminar con el objetivo de eliminar restos de materia orgánica y perdigones.

Materiales a utilizar en la investigación

1. Material arcilloso de Flores municipio Banes.
2. Toba vítrea de la Loma de los Cruce perteneciente al municipio.

#### **- Preparación de las mezclas de arcilla con la toba**

En la preparación de las muestras confeccionaron 6 mezclas de cada tipo las cuales se realizan por un proceso de preparación mecánica para asegurar la calidad del producto final. Para ello, se han utilizado una secuencia de procesos los cuales se muestran en el esquema de la (Figura 2.3)

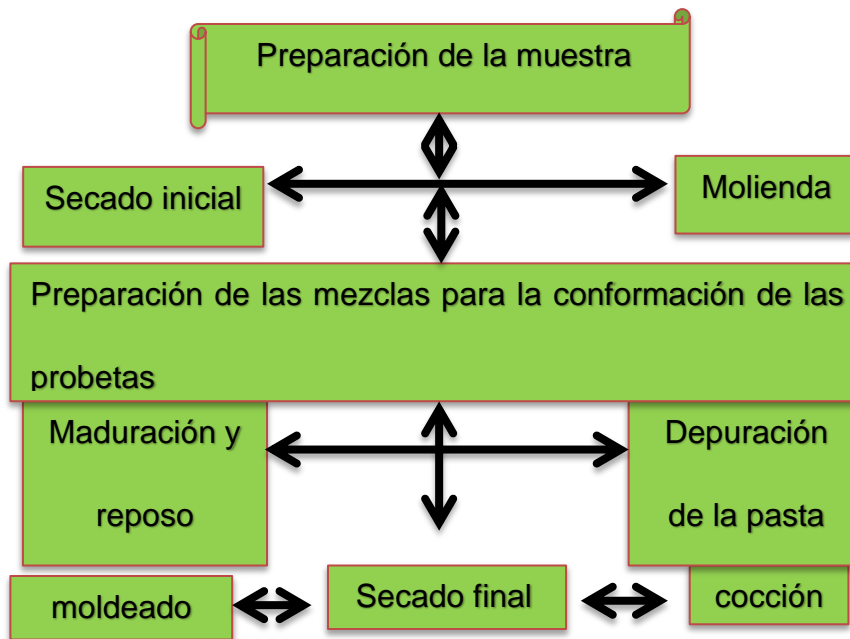


Figura 2.3 Esquema de preparación de la muestra.

**Secado inicial:** Luego de ser tomada la muestra, se le realiza un proceso de homogeneización, y al existir la posibilidad que la muestra se encuentre mojada o húmeda por encontrarse en un medio propenso a esto, la muestra se deja reposar al sol, obteniendo así un secado para facilitar el desmenuzamiento de los terrones e impedir las aglomeraciones de partículas arcillosas. Además, este favorece la descomposición de la materia orgánica que pueda estar presente, permitiendo la purificación química y biológica del material.

**Molienda:** la trituración de las muestras de tobas se realizó en un molino de mandíbulas para desmenuzar el material rocoso y eliminar los terrones más gruesos y así llevarlo a una misma granulometría, esta operación se realiza con el material seco para evitar que este se pegue a las paredes del molino.

### **Preparación de las mezclas para la conformación de las probetas**

Las mezclas se prepararon con diferentes dosificaciones en porcentajes en peso para realizar las probetas. Los materiales secos son añadidos en un recipiente donde se le agrega agua, luego se homogeniza hasta formar una pasta compacta y fácil de trabajar. Las mezclas del material arcilloso con la toba vítrea de la Loma

de los Cruce se prepararon en dos mezclas con dosificaciones diferentes para la confección de las probetas, la cual se observa en la Tabla 5.

Tabla 5. Dosificaciones de las mezclas de la arcilla.

<b>Materiales</b>	<b>Dosificaciones M-1</b>	<b>Dosificaciones M-2</b>	<b>Dosificaciones M-3</b>
Arcilla gris	90%	80%	100%
Toba vítrea	10%	20%	-----

**Maduración y reposo:** Antes de realizar la incorporación de la arcilla al ciclo de producción, hay que someterla a ciertos procesos como la homogenización, tamizado y reposo, con la finalidad de obtener una adecuada consistencia y uniformidad de las características físicas y químicas deseadas.

El reposo tiene en primer lugar, la finalidad de facilitar el desmenuzamiento de los terrones y la disolución de los nódulos para impedir las aglomeraciones de las partículas arcillosas. Favorece, además a 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.

**Depuración de la pasta:** Antes de ser modelada, la arcilla debe someterse a diversos procesos de depuración encaminados a reducir la cantidad de elementos extraños (piedras, vegetación) que se encontraban en la pasta tras su extracción. El sistema de depuración de la arcilla que se utilizó fue la limpieza a mano, la depuración por la acción de los agentes naturales.

**Moldeado:** El moldeado consiste en obtener una masa más compacta vertiendo la mezcla en los moldes, se puede utilizar las manos u otros equipos, este proceso se realizó a mano con agua, para obtener una mezcla homogénea, después se

colocó el material en el molde, el cual tiene dimensiones de 22 cm de largo, 10,2 cm de ancho y 5,0 cm de altura.

**Secado final:** 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, se realizó el secado al aire libre durante una semana o quince días. Como se muestra en la (Figura 2.4)



Figura 2.4 Ladrillos en secaderos.

**Cocción:** Cuando este proceso ocurre producen profundos cambios en la arcilla. El primero es la terminación de su secado, el cual debe efectuarse lentamente de lo contrario la formación de vapor en la pasta puede provocar su estallido. El segundo cambio ocurre aproximadamente a 140 °C, cuando el agua combinada químicamente comienza a eliminarse. A partir de los 500 °C estará completamente deshidratada y la pieza no se ablanda ni se desintegra en el agua y ha perdido su plasticidad.

La cocción se puede realizar en hornos artesanales o criollos, donde se aumenta la temperatura gradualmente hasta alcanzar 900 °C, y se mantiene esta temperatura por 1 h, aquí se produce la sintetización. Por lo tanto, se puede decir que este es un proceso crucial en la producción, ya que hay que tener mucho cuidado y control, ya que de este depende la calidad del producto final. Figura 2.5



Figura 2.5 Ladrillos en el horno a temperatura de 900 a 1000°C

### 2.1.3 Trabajos de gabinete:

En esta etapa se realiza la confección de tablas y gráficos para interpretar los resultados y dar cumplimiento al objetivo de la investigación.

Equipos empleados en la investigación: Para la realización de esta investigación fueron utilizados diferentes equipos tales como trituradora de mandíbula para triturar las muestras de tobas, horno criollo, pesa en (g) para saber el peso seco y cocido de los ladrillos, prensa hidráulica para conocer la resistencia de los ladrillos. Como se muestra en el anexo 5.

### 2.2 Metodología para la realización de los ensayos.

Una vez obtenido el material final (el ladrillo) se procede a la determinación de las propiedades físico-mecánicas a partir de diferentes métodos, los cuales se muestran a continuación en la figura 2.6:

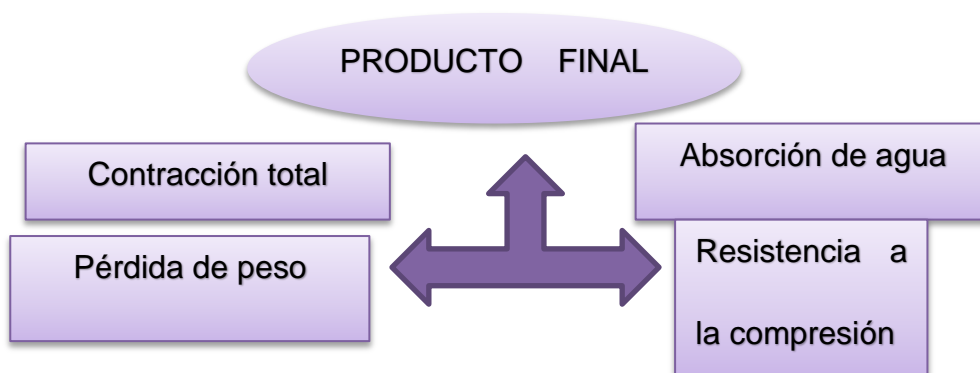


Figura 2.6 Esquema de la metodología para la realización de los ensayos

**Ensayo de la contracción total:** La contracción de cocción se determina en muestras sometidas a distintas temperaturas. Esto da una idea de la cohesión progresiva de la arcilla con el avance de la temperatura. Sin embargo, en la investigación se analizó este parámetro a temperatura constante, debido al interés solamente de analizar la influencia de las diferentes dosificaciones de las mezclas elaboradas<sup>1</sup>. Se confeccionó una masa de arcilla bien amasada, de una consistencia promedio para moldear, hacer un cierto número de ladrillos con las dimensiones correspondientes, recordar que estas mediciones pueden variar.

2. Se dejaron secar las probetas, volteándolas frecuentemente para evitar la deformación.

3. Se cocieron los ladrillos a la temperatura establecida aproximadamente (1000 °C).

4. Se midió la longitud de los ladrillos cocidos.

$$\text{Contracción lineal} = 100 \frac{LP-LC}{LP} \quad (\%) \quad (1)$$

5. Se calcula la contracción total por la ecuación (1).

Dónde:

LP----- Longitud en plástico (cm),

LC----- Longitud después de cocida (cm).

**Ensayo de pérdida de peso:** para la realización de este ensayo las muestra deben de estar pesada antes y después de ser cocidas para obtener de esta manera el % de pérdida de peso a partir de la ecuación (2).

$$\text{Pérdida de peso} = 100 \frac{PS - PC}{PC} \quad (\%) \quad (2)$$

Dónde:



PS-----Peso en seco (g),

PC----- Peso cocido (g)

**Ensayo de absorción de agua de las mezclas cocidas:** El grado de absorción de agua es una medida de la maduración de la mezcla de arcilla cocida, en este caso con adición toba vítrea. A medida que la mezcla de arcilla se acerca a la vitrificación su absorción se acerca a cero, este ensayo se realiza con el objetivo de determinar la capacidad de absorción de agua del elemento. Este parámetro fue determinado mediante los siguientes pasos (ver figura2.7.)

1. Se pesaron cuidadosamente los ladrillos cocidos.
2. Luego fueron introducidos en un recipiente con agua durante 24 horas.
3. Una vez transcurridas las 24 h se secó la superficie de los ladrillos con una toalla y se pesó nuevamente.
4. Luego se procedió al cálculo del % de absorción de agua utilizando la ecuación (3).

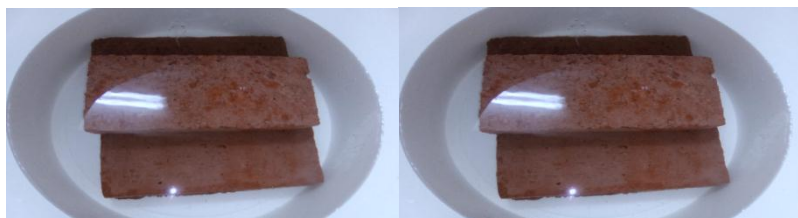


Figura 2.7 Ladrillo sumergido en agua.

$$\text{Absorción de agua} = 100 \frac{PS-PH}{PS} (\%) \quad (3)$$

Dónde:

PS----- Peso seco (g),

PH----- Peso saturado (g)

**Ensayo de resistencia a la compresión:** En este ensayo se somete cada elemento que constituye la muestra del ensayo a una carga de compresión perpendicular a las caras mayores del mismo y se determina la carga en el momento de ruptura.

1. Medir el área de las probetas
2. Ubicar la probeta en el equipo
3. Asegurarse de que está bien ubicada para evitar valores erróneos
4. Calcular la resistencia por la siguiente ecuación 4:

$$\text{Resistencia a la compresión} = \frac{F_i}{A_i} \times f \text{ (MPa)} \quad (4)$$

Dónde:

$F_i$ ---Carga de rotura del elemento (kgf),

$A_i$ ---Área de la cara del ladrillo expuesta a la carga (cm<sup>2</sup>),

f -----factor de conversión de kgf/cm<sup>2</sup> a MPa—10.197

## **CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

### **Introducción**

En este capítulo se realiza un análisis de los resultados obtenidos a partir de los ensayos de contracción total, pérdida de peso, absorción en agua y resistencia a la compresión.

### **3.1 Análisis de los resultados obtenidos los ladrillos**

#### **3.1.1 Contracción total**

El análisis de este parámetro se realizó a partir de los resultados que se muestran en tabla 6, tabla 7, tabla 8 y en la figura 3.1. Contracción lineal en las mezclas evaluadas a una temperatura, para cada una de las mezclas antes y después de la cocción, se realizó la medición a todas las muestras y se buscó una media entre los resultados recopilados.

El parámetro tecnológico contracción total del ladrillo da una medida de la unión de las partículas después de cocidas las muestras. La evaluación de este parámetro es de vital importancia debido a que, mediante su control, se puede tener una medida de lo que se contrae el ladrillo desde que se saca del molde hasta que se extrae del horno.

La contracción es una consecuencia del secado y el horneado de las piezas, por lo que se requiere que estos procesos sean bien controlados y se realicen con el mayor cuidado. El secado desigual de las partes de una pieza puede provocar diferencias en el modo de contraerse cada una de ellas, provocando rajaduras, alabeos y roturas de las mismas; que en el caso de nuestras muestras no se observaron a simple vista ninguna de estas imperfecciones por lo que se logró un adecuado control de este parámetro tecnológico.

Tabla 6. Contracción al secado natural (CSN), longitudinal en cm.

<b>Muestras</b>	<b>M-1-adicion con 10%</b>	<b>M-2-adicion 20%</b>	<b>M-3-arcilla sola</b>
1	23,7	23,3	23,0
2	23,5	23,4	22,9
3	23,4	23,3	23,0

Tabla 7. Contracción después de la cocción (CDC), longitudinal en cm.

<b>Muestras</b>	<b>M-1</b>	<b>M-2</b>	<b>M-3</b>
1	22,9	22,5	22,0
2	22,8	22,7	21,0
3	22,6	22,5	22,0

Tabla 8. Porciento de la contracción total CT, longitudinal, en %.

<b>Muestras</b>	<b>M-1</b>	<b>M-2</b>	<b>M-3</b>
1	3,37	3,43	4,35
2	2,98	2,99	4,80
3	3,42	3,43	4,35
CT :%	3,25	3,06	4,5

Una vez obtenidos los porcentajes de la contracción lineal para cada una de las mezclas analizadas se han graficado los datos, los cuales se encuentran representados en la figura 3.1. La mezcla M-3 compuesta por arcilla sola presenta los mayores porcentajes de contracción lineal, representado por un valor de 4,5%, estos atribuidos al mayor contenido de arcilla, lo que ha permitido que a medida que la muestra se va secando las partículas de arcilla se acercan más entre sí, o sea se compactan mejor, liberando el espacio ocupado por el agua. La mezcla M-

1 con menos contenido de toba vítrea presenta, en un 10%, siendo esta la razón por la que se contrae en menor proporción, ya que esta no presenta la misma capacidad de absorción que la arcilla. De manera general los valores obtenidos, se encuentran dentro del rango permisible por las normas para productos cerámicos, donde la contracción para arcillas plástica es menor del 6 %.

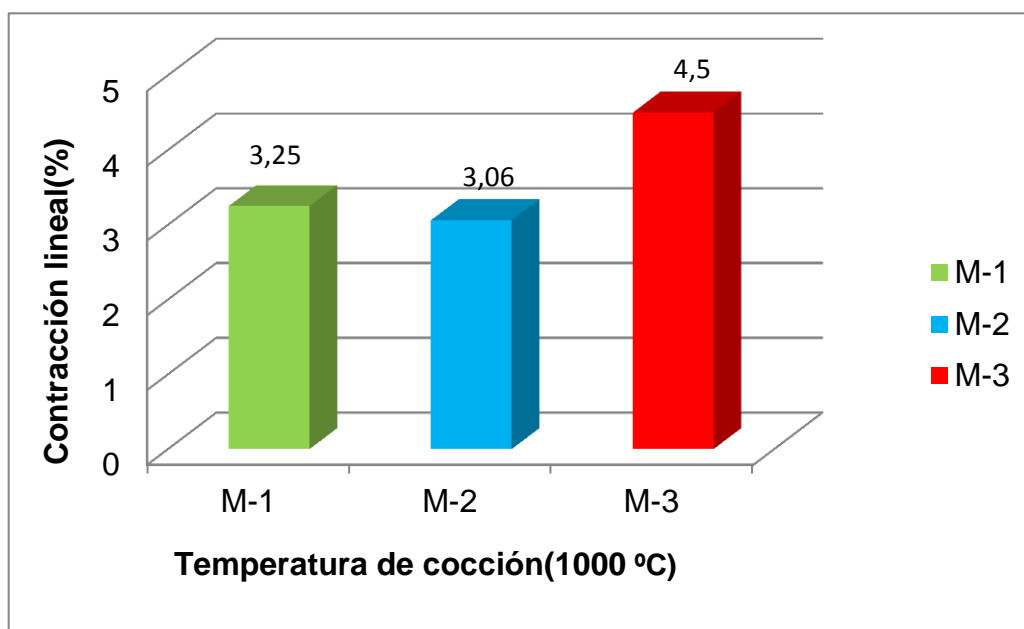


Figura 3.1 Contracción lineal en las mezclas evaluadas a una temperatura de cocción de 1000 °C.

### 3.1.2 Pérdida de peso

Los resultados que se obtuvieron demuestran una disminución del peso del ladrillo en la medida en que se fue aumentando el contenido del aditivo de tobas vítreas. Los ladrillos de la muestra M-3 que se presenta en la figura 3.2 con un contenido de 100% de arcillas son aquellos que menor % de pérdida de peso tuvieron en el proceso de cocción, y los ladrillos de la muestra M-2 son aquellos que poseían un contenido mayor de tobas vítreas con un 20% fueron los que experimentaron un mayor % de pérdida del peso (ver tabla 9, 10, y 11).

Tabla 9. Peso inicial del ladrillo (seco)

<b>Muestras (g)</b>	<b>M-1</b>	<b>M-2</b>	<b>M-3</b>
1	930,0	970	830,1
2	1024,0	968	1020,0
3	1030	954	1027,2
4	910	928	830,2

Tabla 10. Peso después de la cocción

<b>Muestras (g)</b>	<b>M-1</b>	<b>M-2</b>	<b>M-3</b>
1	790	810	710
2	868,2	813	875
3	880,1	790	879
4	765	773	700

Tabla 11. Porcentaje de pérdida de peso final del ladrillo

<b>Muestras</b>	<b>M-1</b>	<b>M-2</b>	<b>M-3</b>
1	15,05	16,49	14,47
2	15,31	16,01	14,03
3	14,55	17,19	14,43
4	15,93	16,70	15,98
%pérdida de peso	15,21	16,60	14,65

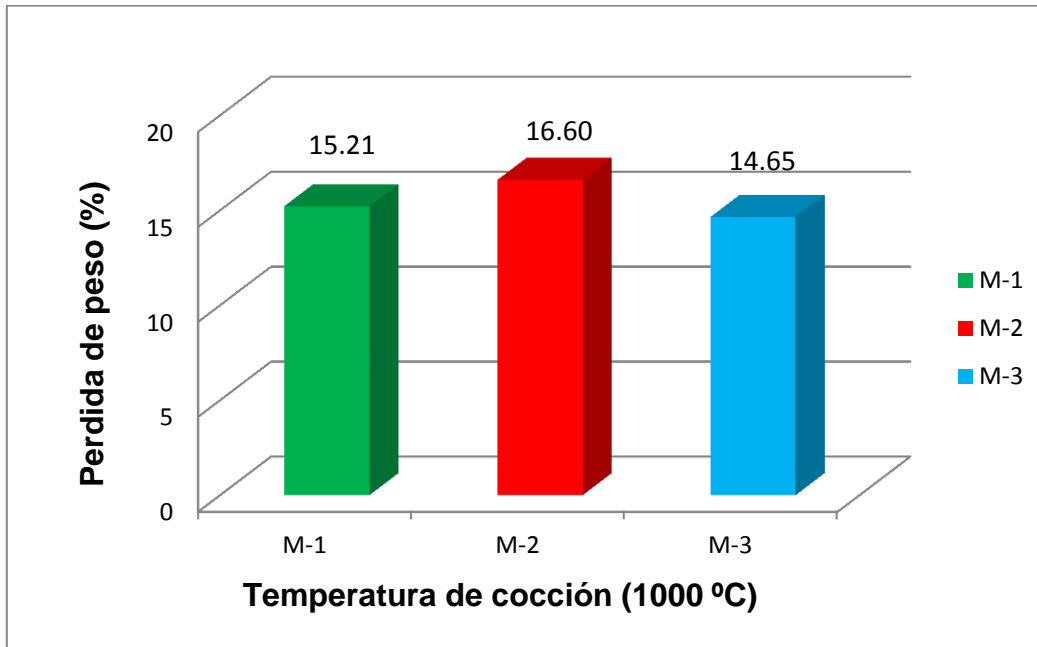


Figura 3.2 Pérdida de peso en las mezclas evaluadas a una temperatura de cocción de 1000 °C

### 3.1.3 Absorción de agua

Los resultados de los análisis de absorción de agua que se obtuvieron se muestran en tabla 12, tabla 13 y tabla 14 para cada una de las muestras después de la cocción, como se puede observar en la figura 3.3 se representan los porcentajes logrados donde se nos indica que a mayor % de tobas vítreas en la mezcla se irá aumentando la absorción por un mayor volumen de poros. Además, para el análisis se compararon los resultados según lo establecido en las normas cubanas (NC 360:2005) para ladrillos cerámicos de arcilla cocida. Por tanto, se puede decir que la absorción de agua se encuentra por encima del rango permisible para productos cerámicos elaborados con 10 y 20 % de adición de toba vítrea a la arcilla, ya que las exigencias de esta propiedad para los ladrillos cerámicos, está en el rango de absorción de agua de 8 a 18 %. La mezcla que más absorbe el agua es la M-2 compuesta por 80 % de arcilla y 20% de toba vítrea, dado esto por la porosidad que le da a la muestra la toba empleada, lo que indica que, a mayor proporción de toba vítrea, mayor es la absorción de agua.

Tabla 3. Peso del ladrillo antes de entrar a la piscina

<b>Muestras (g)</b>	<b>M-1</b>	<b>M-2</b>	<b>M-3</b>
1	1256	1189	1240
2	1210	1165	1190

Tabla 4. Peso del ladrillo luego de 24 horas

<b>Muestra (g)</b>	<b>M-1</b>	<b>M-2</b>	<b>M-3</b>
1	1506	1489	1440
2	1455	1465	1390

Tabla 5. Por ciento de absorción de agua

<b>Muestra %</b>	<b>M-1</b>	<b>M-2</b>	<b>M-3</b>
1	19,90	25,23	16,13
2	20,24	25,75	16,81
Promedio: %	20,07	25,49	16,47



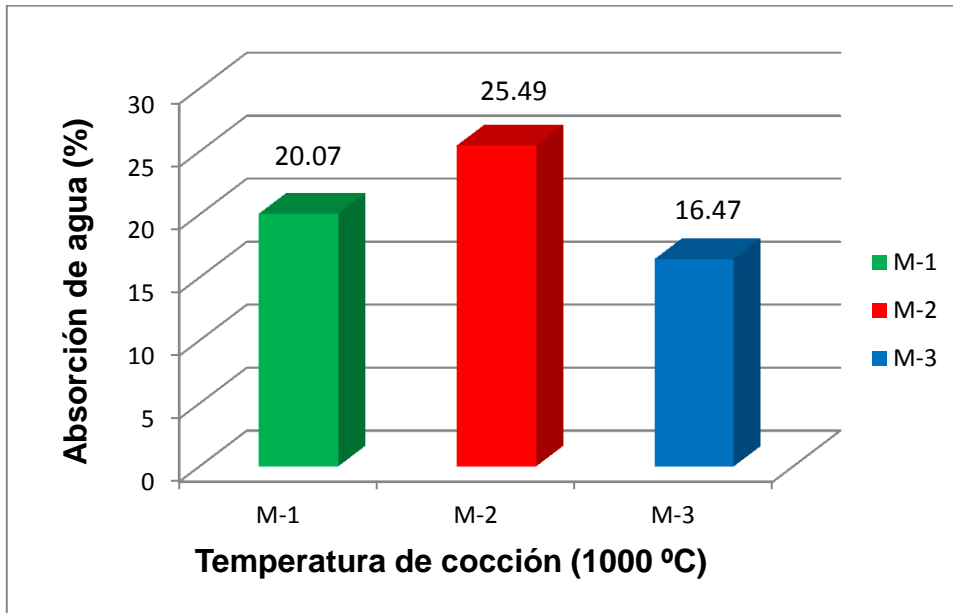


Figura 3.3. Absorción de agua en las mezclas evaluadas a temperatura de cocción 1000°C

### 3.1.4 Resistencia a la compresión

La resistencia mecánica determina la capacidad de los objetos cerámicos de resistir golpes y cargas sin sufrir roturas durante su uso y manipulación. Los datos obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión se representan en la Tabla 15, los cuales se obtuvieron a partir de la ecuación (5).

Los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión resultan de gran importancia y casi determinantes en la industria cerámica y de materiales de la construcción. Los adquiridos en este trabajo, mostrados en la figura 3.4 establecen que de las dos mezclas analizadas es la M-1 con un 10 % de material aditivo, presentaron los mejores resultados mostrando una resistencia a la compresión mayor la cual presenta en un valor promedio de 6.83 (MPa), dando a conocer que los ladrillos que se quemaron más eficientemente fueron los colocados en los niveles intermedios e inferiores del horno.

Es importante destacar que en los dos casos aumento la resistencia, comparada con la arcilla sin mezcla de tobas vítreas.

Tabla 6. Resistencia a la compresión. (MPa)

Muestras	M-1	M-2	M-3
1	7,5	7,0	6,2
2	7,0	6,83	5,5
3	6,0	6,0	6,0
Promedio:(MPa)	6,83	6,61	5,9

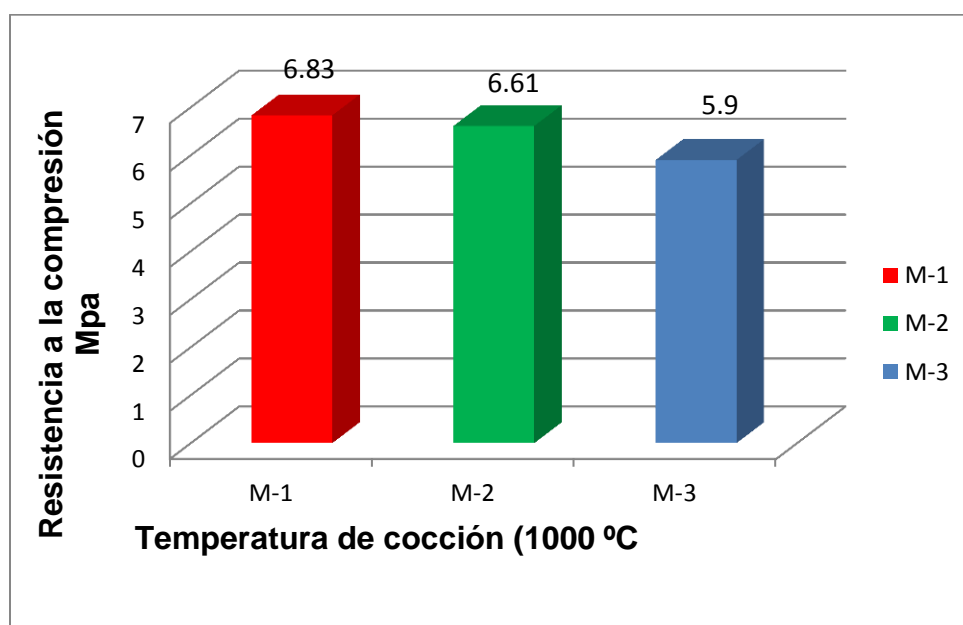


Figura 3.4 Resistencia a la compresión en las mezclas evaluadas a una temperatura de cocción (1000 °C )

## 3.2 Problemas ambientales en las diferentes etapas del proceso de extracción de arcillas

### 3.2.1 Extracción de arcillas

La minería de la materia prima comprende:

- La extracción de las arcillas del yacimiento

La arcilla es uno de los minerales que con más frecuencia encontramos en la tierra, y constituye gran parte de nuestro suelo, que es un recurso natural que corresponde a la capa superior de la corteza terrestre.

Debido a que esta materia prima se encuentra a poca profundidad de la superficie, debajo de la capa vegetal, su extracción se realiza a cielo abierto, y por vía seca y su impacto depende siempre de la extensión y la ubicación del terreno sobre todo lo que respecta a condiciones climáticas, regionales y de infraestructura. Se caracteriza por la producción de grandes volúmenes, con las canteras emplazadas cerca de las unidades de producción, lo que implica su ubicación cerca de los núcleos poblacionales, con los correspondientes efectos sobre ellos.

En la Ley No. 81 de Medio Ambiente del 11 de Julio de 1997 en su Título VI, capítulo V, sección primera (Suelos) y Capítulo VIII Recursos minerales, quedan establecidas todas las regulaciones que se deben observar en cuanto al medio ambiente durante la investigación, prospección y extracción de estos recursos.

Estos procesos de pérdida y degradación del suelo son originados por la falta de planificación y el descuido del hombre. Las causas más comunes de dichos procesos están relacionadas con la erosión que se corresponde al arrastre de las partículas y las formas de vida que conforman el suelo.

- Impactos producidos al medio circundante

La explotación de minerales a cielo abierto conlleva a serias alteraciones medio ambientales. La intensidad de las mismas depende de varios factores entre los que se reconocen la situación y morfología del yacimiento y las características del entorno.

Las influencias medioambientales de las operaciones mineras se relacionan fundamentalmente con la extracción de materiales de la construcción e introducción de desechos mineros, por lo que se originan cambios en la circulación de sustancias y energía en el entorno.

Estas influencias van transformando el paisaje originan el desarrollo de procesos dañinos o degradantes. En general, las mismas, se consideran como impactos ambientales, y su significado y carácter se estudian mediante el esclarecimiento de su origen, temporalidad, dinámica y distribución espacial, de forma que el territorio queda evaluado en función de la concentración de las mismas.

### **3.2.2 Impactos ambientales derivados del desarrollo de la explotación de canteras de materiales de construcción**

- Alteraciones del suelo y modificación de sus propiedades.
- Destrucción de la flora y la fauna.
- Pérdida de la biodiversidad.
- Alteraciones en las aguas superficiales (alteración de los ríos, drenajes superficiales, contaminación física y química de las aguas superficiales).
- Alteraciones en las aguas subterráneas (depresión del nivel freático, contaminación química del acuífero).
- Impactos sobre los riesgos geológicos (aumento del riesgo de desprendimientos o deslizamientos).
- Cambios geomorfológicos y del paisaje (modificación del relieve, alteración del color, rotura de la cuenca visual, introducción de formas extrañas, focalización de la percepción en la cantera en detrimento de otros puntos).
- Alteraciones en la atmósfera (emisión de polvo, ruido y vibraciones).
- Impactos sobre el medio socio - económico (limitación en los usos del suelo, destrucción de recursos culturales, impactos sobre las vías de comunicación).

La legislación ambiental cubana comprende una serie de regulaciones jurídicas ambientales de diferentes jerarquías: Leyes, Decretos - Leyes, Decretos, Resoluciones, Resoluciones Conjuntas, Acuerdos y Normas. El cumplimiento de las mismas tiene un carácter obligatorio para las personas naturales y jurídicas; las actuaciones que por acción u omisión violen los preceptos que en ellas se

establecen y ocasionen daños al medio ambiente conllevan a la aplicación de sanciones que pueden ser procesadas por las vías civil o administrativa si no constituyen delito, o por la vía penal si son constitutivas de delito.

### **3.2.3 Medidas específicas según la actividad a realizar**

Por las razones antes expuestas se hace necesario tener en cuenta una serie de medidas durante la explotación y cierre de las canteras con el fin de mantener un equilibrio en el medio ambiente circundante, dentro de las cuales podemos citar:

#### **-Movimiento de Tierra**

- Los operadores de maquinaria de movimiento de tierra y de manipulación de materiales deben haber alcanzado la edad mínima prescrita, gozar de buena salud y haber recibido la formación apropiada.
- Los equipos utilizados en el movimiento de tierra estarán en condiciones técnicas adecuadas de acuerdo a sus parámetros de explotación, de forma tal que no provoquen incendios, accidentes, derrames de grasas, aceites y combustible, ni ocasionen ruidos excesivos.
- El operador tendrá especial cuidado al realizar operaciones en marcha atrás, observando en todo momento que nadie permanezca ni transite por el lugar hacia donde se dirige el equipo.
- Se disminuirá al máximo los movimientos de la maquinaria cuando existan condiciones de excesiva humedad en el terreno, minimizando así el deterioro del suelo.
- Al afectar la cobertura del suelo durante los trabajos de movimiento de tierra, de existir capa fértil, esta debe ser retirada a un lugar seguro y de fácil conservación, evitando las mezclas con contaminantes y otros materiales.
- En aquellos casos cuando la capa fértil no puede ser utilizada inmediatamente, esta será almacenada en pilas, cuya altura y forma excluirán la pérdida de la fertilidad a consecuencia de los procesos erosivos, de lixiviación y otros. La

superficie de la pila y sus costados se mantendrá con hierbas u otras formas de protección.

#### **-Preparación del yacimiento**

- Se prohibirá el acceso a la cantera a las personas ajenas a la actividad minera.
- El uso de los medios de protección personal y el entrenamiento a la fuerza de trabajo en la manipulación del equipamiento minero será de cumplimiento obligatorio.
- Disminuir los impactos visuales innecesarios que pudieran producirse por la actividad minera.
- Se instalarán cuantas señales de seguridad oriente el Departamento de Seguridad del Trabajo de la Empresa.
- Utilizar solo las vías de acceso autorizadas.
- Siempre que sea posible, lograr el acceso a los puntos deseados sin la creación de nuevos caminos, pues la creación de los mismos implica el aumento de los procesos erosivos y el gasto innecesario de combustible.

#### **-Medidas para la fase de explotación**

- La entidad constructora limitará su perímetro a las áreas definidas por proyecto.
- Los desbroces se efectuarán de acuerdo a las necesidades de cumplimiento de los planes de producción y que se establecen en los planes de minería.
- Garantizar la utilización racional del suelo, incrementando en lo posible el coeficiente de utilización del terreno.
- Aprovechar las características físico geográficas del lugar, tales como pendientes, drenaje natural, vegetación, evitando las modificaciones del entorno físico.

- Lograr que las nuevas plataformas que se construyan garanticen el escurrimiento superficial del área.
- Construir y preservar un sistema de drenaje, evitando inundaciones.
- Realizar guardarrayas que delimiten las áreas de trabajo en el yacimiento, evitando la propagación de incendios.

**-Medidas para la etapa de cierre**

- Se propone para la etapa de cierre, la siembra en los alrededores de las canteras de árboles, principalmente maderables y frutales propios del territorio.
- En el Plan de Rehabilitación debe incluirse la recuperación del ecosistema que existía antes de comenzar la explotación del yacimiento, tanto la flora como la fauna.
- Eliminación de caminos no necesarios para la rehabilitación.

## CONCLUSIONES

1. Se demostró que los valores obtenidos de contracción lineal se encuentran dentro del rango permisible por las normas cubanas para productos cerámicos. No se observaron grietas ni fisuras en los ladrillos de ninguna de las dosificaciones estudiadas.
2. Se determinó que la mezcla M-2 compuesta por un 80% de arcilla y 20% de tobas vítreas presenta mayor pérdida de peso, con un valor de 25.49%.
3. De las mezclas analizadas la de mayor resistencia a la compresión es la M-1, compuesta por 90% de arcilla y 10%de tobas vítreas, con un valor de 6.83 MPa. Por esta razón y considerando que este parámetro es el de mayor importancia, se propone esta dosificación para ser implementada.



## **RECOMENDACIONES**

1. Cumplir con el tiempo establecido para el secado natural al aire libre, de los productos cerámicos que comprende un período de 7 a 15 días, donde no intervenga la acción del hombre.
2. Utilizar el aditivo de tobas vítreas en la confección de otros materiales cerámicos como pueden ser tubos de barro, piezas de alfarería, útiles del hogar los cuales contribuirán a un mejor desarrollo tecnológico de gran calidad.
3. Aumentar el grado de estudio de las tobas vítreas de la manifestación de Los Cruce con vistas a lograr obtener el permiso de explotación de este yacimiento.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

1. Arcilla., Retrieved <http://www.ecured.cu/index.php/>
2. Arias, G. Dihosvanys. (2016). Construcción de mapa geomorfológico del municipio Banes.
3. Baíz, G. Misael. (2018). Evaluación de las arcillas de un nuevo sector en Centeno para su utilización en cerámica roja del Municipio Moa, Holguín.( Trabajo de Diploma.)
4. Brito, F. Manuel.(2012) Mezclas de arcillas y residuos sólidos de construcción para su utilización en la industria de materiales., Moa (Trabajo de Diploma).
5. Brochad, R. Yordanis (2011)Evaluación de mezclas de arcilla de la región de Centeno y arena sílice residual para su utilización en la industria cerámica, Moa.(Trabajo de diploma)
6. Cabo de Villa, F. Sergio. (2010) Valoración de mezclas de arcillas de la región de Centeno para su utilización en la industria de materiales locales, Moa.(Trabajo de Diploma)
7. Chacón, M. Margalis (2015). Evaluación de mezclas de materiales arcillosos de la zona de Cayo Guam y arena sílice residual para su utilización en la industria cerámica. (Trabajo de Diploma)
8. Díaz, A. Adrián. Documento Evaluación de mezclas de arcillas con adición de tobas vítreas para la fabricación de ladrillos cerámicos en Bayamo, Instituto Superior Minero Metalúrgico (Cuba). Recibido: 20 septiembre 2014 / Aceptado: 25 enero 2015.
9. Documento Lección 3.- Cerámicas / Propiedades De Las Arcillas.

- 10.. Durán, T. Anabel. (2018).Características y evaluación de las mezclas de arcilla con tobas para la producción de ladrillos cerámicos.(Trabajo de Diploma).
11. Dr. Betancourt, C. Dania; MSc Ing. Díaz, C. Yosvany Dr. SC Ing. José o Fernando a Martirena Hernández, Ing.Addys e Clemente Herrera, Arquitecto Yoandri Manual Técnicos de Ladrillos, Facultad de Construcciones. Universidad Central “Marta” Abreu” de las Villas.2011.
12. Estación Meteorológica Lucrecia.(2004)
13. Fadel, L. M. (2005). Evaluación preliminar y caracterización de la manifestación de caolinitas en la zona de Cayo Guam, Moa., Instituto Superior Minero Metalúrgico.
14. Hidalgo, S. Yanelys (2013) Evaluación de mezclas de arcillas de la región de Granma con adición de tobas vítreas para su utilización en la Industria de Materiales de la Construcción. Moa,
15. Herbé Detomasi – Rue Ravel 14, La arcilla y la dinámica de los suelos condicionada por el agua. Gabinete de Estudio de Suelos: – 1096 Culle CH
16. (IGP), Instituto de Geología y Paleontología.(2011) Rocas y minerales industriales de la República de Cuba. La Habana.
17. LEY No. 76 del 21 de diciembre de 1994, Ley de Minas. [en línea] <http://www.wikipedia.org/>
18. LEY DEL MEDIO AMBIENTE. "Portal del Medio ambiente cubano". [en línea] <http://www.medioambiente.cu/legislacion/leyes/L-81.htm>
19. Lozano, G. Fernando Usos y Tratamiento de las arcillas en la antigüedad. Departamento de Historia Antigua. Universidad de Sevilla,[http://coaat-se.es/revistaApa/lectura/numero\\_55/55\\_p72.html](http://coaat-se.es/revistaApa/lectura/numero_55/55_p72.html),2013

20. Njila, T. (2011). Caracterización químico-mineralógica de cortezas de meteorización ferrosialíticas en el noreste de Cuba oriental., Instituto Superior Minero Metalúrgico.
21. Orozco, G. (1995). Caracterización de las arcillas de Cayo Guam. Informe técnico., Instituto Superior Minero Metalúrgico.
22. Recursos Minerales para la Construcción Provincia Holguín. (2009).
23. Rodríguez, R. I. (2013). Caracterización de materiales arcillosos del depósito Cayo Guam para su posible empleo como material cementicio suplementario., Instituto Superior Minero Metalúrgico.
24. Ruegos, C. Aliagna (2016) Potencialidad de los residuos de ladrillos para la producción del cemento de bajo carbono artesanal en Holguín. (Trabajo de Diploma).
25. Sosa, D. Jorge.A (2011). Informe sobre la explotación adicional en la porción del Yacimiento de Arcilla de Bayamo.
26. Téllez, S. Dariana (2007), Evaluación de mezclas de arcillas de la zona Cayo Guam para su utilización en la industria de la cerámica roja. (Trabajo de Diploma)
27. Trujillo, M. Humberto. Documento Informe del ladrillo, , domingo 12 de octubre del 2 0 0 8, <http://matostrujillohumberto.blogspot.com/2008/10/informe-del-ladrill>
28. Vidiaux, A. Yarinet (2012). Trabajo de diploma Estudio de las arcillas en el municipio Rafael Freyre, Holguín.
29. Villar, R. Rafael (2005).Proyecto de actualización del yacimiento de Arcilla Bayamo,Granma.
- 30.Wales Jimmy, Wikipedia enero del 2001.

## ANEXOS



### 1. Preparación de la pasta arcillosa



### 2. Confección de los ladrillos



3. Proceso de secado natural de la muestra



4. Trituradora de mandíbula.



5. Prensa hidráulica

**ANEXOS 2. Resultados de la muestra básica de arcilla del yacimiento de la Loma de los Cruce.**

No.	No. Pozo	No. Mta	Intervalo m.		MACROGRANULOMETREÍA %						Plast. (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)
			De	A	5,0 (mm)	2,0 (mm)	1,0 (mm)	0,5 (mm)	0,053 (MM)	<0,053 (MM)		
1	1	1,0	0,1	2,2	0,8	0,4	0,6	0,4	2,0	95,8	40,7	13,0
2	1	2,0	2,2	3,3	1,2	1,2	1,2	0,8	20,2	75,4	17,8	15,0
3	1	3,0	3,3	6,3	2,0	6,6	10,2	7,2	20,4	53,6	N.P.	4,3
4	2	1,0	0,1	3,0	14,4	2,0	2,2	1,0	0,6	79,8	18,2	21,4
5	2	2,0	3,0	6,3	7,4	1,4	1,4	0,6	3,8	85,4	21,4	21,8
6	3	1,0	0,1	3,0	2,4	1,4	1,4	0,6	6,4	87,8	19,3	14,7
7	3	3,0	3,0	4,5	1,0	0,8	1,6	1,4	10,4	84,8	20,6	13,0
8	4	1,0	0,1	3,0	4,0	1,4	1,2	0,6	15,2	77,6	18,7	16,5