

	GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS	Código	FO-SB- 12/v0
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN	Página	1/1

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): NICOLÁS ELÍAS APELLIDOS: MAESTRE MENDOZA

NOMBRE(S): GIOVANNI APELLIDOS: NIÑO SARMIENTO

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: TECNOLOGÍA EN PROCESOS INDUSTRIALES

DIRECTOR:

NOMBRE(S): CESAR ORLANDO APELLIDOS: VARGAS MANTILLA

CODIRECTOR:

NOMBRE(S): _____ APELLIDOS: _____

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE ARCILLAS Y PREPARACIÓN DE PASTAS PARA LA FABRICACIÓN DE CERÁMICOS ESTRUCTURALES EN VILLANUEVA, LA GUAJIRA

RESUMEN

Este proyecto trata acerca de la caracterización física de arcillas y preparación de pastas para la fabricación de cerámicos estructurales en Villanueva, la Guajira. Para ello, se realizó una investigación descriptiva por que su finalidad fue describir las características de las arcillas extraídas de tres minas diferentes. La recolección de información se obtuvo mediante un análisis de muestras y una serie de instrumentos materiales como: en la recolección de muestras y procesamiento en el laboratorio. La población, corresponde a la tipología de arcillas presentes en tres zonas de extracción de este material ubicadas en veredas alrededor de Villanueva Guajira llamadas Nolasco. El muestreo, esta conformado por los tres tipos de arcillas tomados en diferentes veredas de la zona rural del municipio de Villanueva Guajira las que se denominaron para la caracterización como: arcilla A, arcilla B, y arcilla C. Se logró, caracterizar físicamente arcillas y determinar si son aptas para la fabricación de productos cerámicos estructurales. Se realizó el muestreo en las tres regiones seleccionadas para recolectar las muestras que vamos a analizar. Seguidamente, se caracterizó físicamente a nivel de laboratorio las muestras extraídas de cada mina para determinar si son aptas o no para producir cerámicos estructurales. Posteriormente, se caracterizó mecánica y estructuralmente las materias primas para determinar si sirven para producir cerámicos estructurales. Finalmente, se estableció una formulación de pasta cerámica para producir ladrillos, teniendo en cuenta las características arrojadas por los análisis realizados a las muestras en el laboratorio.

PALABRAS CLAVE: caracterización física, arcillas, preparación de pastas, estructura.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 95 PLANOS: _____ ILUSTRACIONES: _____ CD ROOM: 1

Elaboró		Revisó		Aprobó	
Equipo Operativo del Proceso		Comité de Calidad		Comité de Calidad	
Fecha	24/10/2014	Fecha	05/12/2014	Fecha	05/12/2014

COPIA NO CONTROLADA

CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE ARCILLAS Y PREPARACIÓN DE PASTAS PARA LA
FABRICACIÓN DE CERÁMICOS ESTRUCTURALES EN VILLANUEVA, LA GUAJIRA

NICOLÁS ELÍAS MAESTRE MENDOZA

GIOVANNI NIÑO SARMIENTO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE TECNOLOGÍA EN PROCESOS INDUSTRIALES

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2020

CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE ARCILLAS Y PREPARACIÓN DE PASTAS PARA LA
FABRICACIÓN DE CERÁMICOS ESTRUCTURALES EN VILLANUEVA, LA GUAJIRA

NICOLÁS ELÍAS MAESTRE MENDOZA

GIOVANNI NIÑO SARMIENTO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de:

Tecnólogo en Procesos Industriales

Director:

CESAR ORLANDO VARGAS MANTILLA

Tecnólogo Químico

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE TECNOLOGÍA EN PROCESOS INDUSTRIALES

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2020

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: Cúcuta, 19 de mayo de 2020

HORA: 09:00 a.m.

LUGAR: Ambiente virtual Google Meet
meet.google.com/pom-wjoi-ivz

PLAN DE ESTUDIOS: TECNOLOGÍA EN PROCESOS INDUSTRIALES

Título de la Tesis: **"CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE ARCILLAS Y PREPARACIÓN DE PASTAS PARA LA FABRICACIÓN DE CERÁMICOS ESTRUCTURALES EN VILLANUEVA, LA GUAJIRA."**

Nombre de los estudiantes	Código	Calificación	
		Letra	Número
NICOLÁS ELÍAS MAESTRE MENDOZA	1980745	cuatro, uno	4.1
GIOVANNI NIÑO SARMIENTO	1980712	cuatro, uno	4.1


Jurados: PEDRO PABLO TORRES MEDINA
LEONARDO CELY ILLERA
RUTH CASTELLANOS CAIPA

Director: CESAR ORLANDO VARGAS MANTILLA

APROBADA


PEDRO PABLO TORRES MEDINA


LEONARDO CELY ILLERA


RUTH CASTELLANOS CAIPA


Vo.Bo. PEDRO GARZON AGUDELO
Coordinador Comité Curricular
Tecnología en Procesos Industriales



**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA
LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y LA PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

Cúcuta,

Señores
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS
Ciudad

Cordial saludo:

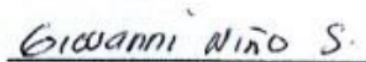
NICOLÁS ELÍAS MAESTRE MENDOZA, identificado(s) con la C.C. N° 1.121.332.271, GIOVANNI NIÑO SARMIENTO, identificado(s) con la C.C. N° 1093772252, autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado titulado CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE ARCILLAS Y PREPARACIÓN DE PASTAS PARA LA FABRICACIÓN DE CERÁMICOS ESTRUCTURALES EN VILLANUEVA, LA GUAJIRA presentado y aprobado en el año 2020 como requisito para optar al título de Tecnólogo en Procesos Industriales; autorizo(amos) a la biblioteca de la Universidad Francisco de Paula Santander, Eduardo Cote Lamus, para que con fines académicos, muestre a la comunidad en general a la producción intelectual de esta institución educativa, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo de grado en la página web de la Biblioteca Eduardo Cote Lamus y en las redes de información del país y el exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad Francisco de Paula Santander.
- Permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-ROM o digital desde Internet, Intranet etc.; y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

Lo anterior, de conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la ley 1982 y el artículo 11 de la decisión andina 351 de 1993, que establece que **“los derechos morales del trabajo son propiedad de los autores”**, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.



1.121.332.271



1.093.772.252

Contenido

	pág.
Introducción	15
1. Problema	16
1.1 Título	16
1.2 Planteamiento del Problema	16
1.3 Formulación del Problema	17
1.4 Justificación	17
1.5 Objetivos	18
1.5.1 Objetivo general	18
1.5.2 Objetivos específicos	18
1.6 Alcance y Limitaciones	18
1.6.1 Alcance	18
1.6.2 Limitaciones	18
2. Marco Referencial	19
2.1 Antecedentes	19
2.1.1 Antecedentes internacionales	19
2.1.2 Antecedentes nacionales	19
2.1.3 Antecedentes regionales	21
2.2 Marco Contextual	21
2.3 Marco Teórico	23
2.4 Marco Conceptual	28
2.5 Marco Legal	31
3. Diseño Metodológico	35

3.1 Tipo de Investigación	35
3.2 Población y Muestra	35
3.2.1 Población	35
3.2.2 Muestra	35
3.3 Instrumentos para la Recolección de Información	36
3.3.1 Fuentes primarias	36
3.4 Análisis de la Información	37
4. Desarrollo del Muestreo	38
4.1 localización del Muestreo	39
5. Preparación de Material y Caracterización Física	46
5.1 Procesamiento del Material en Bruto	46
5.2 Caracterización Física de las Materias Primas	49
5.2.1 Caracterización del material en crudo	49
5.2.1.1 Porcentaje de retenido o antiplásticos de las materias primas.	49
5.2.1.2 Plasticidad	52
5.2.1.3 Pérdida de masa en proceso de secado	56
5.2.1.4 Contracción durante proceso de secado	57
5.2.2 Análisis físico del material tras la cocción	58
5.2.2.1 Cocción	58
5.2.2.2 Contracción por cocción	60
5.2.2.3 pérdidas de peso tras cocción	61
5.2.2.4 Absorción	62
5.2.2.5 Núcleo negro o corazón negro	64
6. Características Mecánicas de los Especímenes Después de Cocidos	68

7. Formulación de la Pasta	70
8. Conclusiones	72
9. Recomendaciones	75
Referencia Bibliográficas	76
Anexos	79

Lista de Figuras

	pág.
Figura 1. Representación de una muestra como subgrupo	38
Figura 2. Localización del muestreo	39
Figura 3. Frente de extracción mina A (Nolasco)	40
Figura 4. Toma de muestras en mina A (Nolasco)	40
Figura 5. Materiales en secadero Natural	41
Figura 6. Frente de extracción mina B (los 4 caminos)	42
Figura 7. Frente de extracción mina B (los 4 caminos)	42
Figura 8. Toma de muestras mina C (La española)	43
Figura 9. Frente de extracción mina C (La española)	44
Figura 10. Material después de secado artificial.	47
Figura 11. Molturación del material	48
Figura 12. Lavado de material sobre tamiz 230	50
Figura 13. Toma de peso al material retenido después de secado artificial	51
Figura 14. Retenidos en cada muestra de arcilla	51
Figura 15. Prueba de plasticidad de la arcilla	53
Figura 16. Humectación y amasado del material	54
Figura 17. Ensayo de plasticidad del material	54
Figura 18. Ensayo de plasticidad del material	55
Figura 19. Pérdida en peso de los especímenes durante el secado natural.	57
Figura 20. Porcentajes de contracción durante secado	58
Figura 21. Horno tipo mufla	59
Figura	16

Figura 22. Especímenes cocidos en horno tipo mufla	60
Figura 23. Relación de contracción vs temperatura	61
Figura 24. Perdidas en peso por coccion	62
Figura 25. Porcentaje de absorcion de agua	64
Figura 26. Pieza que presenta núcleo de reducción (corazón negro)	65
Figura 27. Imagen de ruptura del espécimen 2A	66
Figura 28. Imagen de ruptura del espécimen 3B	66
Figura 29. Imagen de ruptura del espécimen 2C	67
Figura 30. Ensayo de resistencia mecánica (flexión)	69
Figura 31. Porcentaje de retenido por cada formulacion propuesta	71

Lista de Tablas

	pág.
Tabla 1. Plasticidad del material	55

Lista de Anexos

	pág.
Anexo 1. Carta de aprobación de anteproyecto	80
Anexo 2. Rotulo para identificación de las muestras antes de llegar al laboratorio	81
Anexo 3. Carta de solicitud de ensayos dirigida al laboratorio de resistencia de materiales	
UFPS	82
Anexo 4. Resultados de ensayos de flexión en laboratorio de resistencia de materiales	83
Anexo 5. Evidencias fotográficas del procesado de la materia prima	84
Anexo 6. Datos de arcillas	91

Resumen

Este proyecto trata acerca de la caracterización física de arcillas y preparación de pastas para la fabricación de cerámicos estructurales en Villanueva, la Guajira. Para ello, se realizó una investigación descriptiva por que su finalidad fue describir las características de las arcillas extraídas de tres minas diferentes. La recolección de información se obtuvo mediante un análisis de muestras y una serie de instrumentos materiales como: en la recolección de muestras y procesamiento en el laboratorio. La población, corresponde a la tipología de arcillas presentes en tres zonas de extracción de este material ubicadas en veredas alrededor de Villanueva Guajira llamadas Nolasco. El muestreo, esta conformado por los tres tipos de arcillas tomados en diferentes veredas de la zona rural del municipio de Villanueva Guajira las que se denominaron para la caracterización como: arcilla A, arcilla B, y arcilla C. Se logró, caracterizar físicamente arcillas y determinar si son aptas para la fabricación de productos cerámicos estructurales. Se realizó el muestreo en las tres regiones seleccionadas para recolectar las muestras que vamos a analizar. Seguidamente, se caracterizó físicamente a nivel de laboratorio las muestras extraídas de cada mina para determinar si son aptas o no para producir cerámicos estructurales. Posteriormente, se caracterizó mecánica y estructuralmente las materias primas para determinar si sirven para producir cerámicos estructurales. Finalmente, se estableció una formulación de pasta cerámica para producir ladrillos, teniendo en cuenta las características arrojadas por los análisis realizados a las muestras en el laboratorio.

Abstract

This project deals with the physical characterization of clays and preparation of pastes for the manufacture of structural ceramics in Villanueva, La Guajira. For this, a descriptive investigation was carried out because its purpose was to describe the characteristics of the clays extracted from three different mines. Information collection was obtained through sample analysis and a series of material instruments such as: in sample collection and laboratory processing. The population corresponds to the typology of clays present in three extraction areas for this material located on sidewalks around Villanueva Guajira called Nolasco. The sampling is made up of the three types of clays taken in different sidewalks of the rural area of the municipality of Villanueva Guajira, which were named for characterization as: clay A, clay B, and clay C. It was possible to physically characterize clays and determine if they are suitable for the manufacture of structural ceramic products. Sampling was carried out in the three selected regions to collect the samples that we are going to analyze. Subsequently, samples extracted from each mine were physically characterized at the laboratory level to determine whether or not they are suitable for producing structural ceramics. Subsequently, the raw materials were mechanically and structurally characterized to determine if they serve to produce structural ceramics. Finally, a ceramic paste formulation was established to produce bricks, taking into account the characteristics shown by the analyzes carried out on the samples in the laboratory.

Introducción

El presente proyecto consistió en la realización de una caracterización física de arcillas y preparación de pastas para la fabricación de cerámicos en Villanueva, la Guajira. Este va acompañado de las consideraciones de conformidad y no conformidad de estos materiales, mediante un análisis íntegro de los resultados arrojados en los estudios básicos realizados. De igual manera se consideró un diagnóstico de las posibles causas y se plantearon soluciones que permitirían mejorar en lo posible la producción a partir de estas materias primas.

El objetivo del siguiente proyecto de investigación, fue analizar los suelos en tres regiones específicas de las zonas rurales del municipio de Villanueva, La Guajira, donde hay presencia de productores de ladrillos, esta investigación comenzó por la extracción de muestras de arcilla, luego se procesaron y se analizaron sus características físicas en el laboratorio de formación cerámica de la Universidad Francisco de Paula Santander, y demás laboratorios como el de resistencia de materiales con el fin de establecer si el material es apto para la fabricación de productos cerámicos. Como el material cumplió con características mínimas para producir cerámicos, se establecieron formulaciones de pastas que garanticen mejores características en las unidades que se produzcan con estas arcillas. Todos los resultados arrojados en el estudio físico de estas muestras se analizaron y documentaron para así determinar la conformidad del material.

Otro lado el interés de la realización de este proyecto fue conocer el tema a fondo, Sobre qué es y cómo se aplicaría una caracterización de arcillas en el ámbito laboral ya que es un sector industrial de mucha influencia en la economía de cucuteña y del resto del país. Otro interés de esta investigación fue utilizarla como modalidad de grado y con el recibir el título de Tecnólogo en procesos industriales.

1. Problema

1.1 Título

CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE ARCILLAS Y PREPARACIÓN DE PASTAS PARA LA FABRICACIÓN DE CERÁMICOS ESTRUCTURALES EN VILLANUEVA, LA GUAJIRA.

1.2 Planteamiento del Problema

Las arcillas y sus componentes constituyen el elemento fundamental en la producción de materiales cerámicos, conocer las características de esta es de mucha importancia a la hora de corregir defectos en el producto final.

Lo que apreciamos más adelante en la Figura 2 es Santo Tomas de Villanueva, un municipio del sur del departamento de la Guajira, la mayor parte de la población se encuentra concentrada en la zona urbana y su mayor actividad económica está centrada en la agricultura y la ganadería.

Desde hace muchos años, algunas personas se han dedicado a la producción de ladrillos de manera artesanal y empírica, con conocimientos heredados de sus antecesores y producen los materiales sin conocer las características de sus materias primas.

Esta práctica no es totalmente eficiente, puesto que deja pérdidas ya que gran parte del producto final no quedan con calidad óptima para el uso. Por lo tanto, los fabricantes pierden una parte de la producción. Esta situación se repite constantemente, pues los productores que aplican esta práctica, no cuentan con una formulación de las arcillas que les permita clasificar y establecer el procedimiento adecuado, para evitar pérdidas económicas en la producción de

ladrillos.

El objetivo de analizar la arcilla de Villanueva la Guajira, fue ofrecer a los fabricantes de ladrillos una formulación para mejorar su producción y evitar pérdidas económicas. Esto contribuye al desarrollo económico del sector cerámico del municipio, además esta investigación aporta a los futuros y posibles proyectos que se enfoquen en crear empresas de producción cerámica en la región.

1.3 Formulación del Problema

¿Cuál de las tres arcillas estudiadas en el proyecto sería la más óptima para la fabricación de productos cerámicos?

1.4 Justificación

En los análisis realizados a las muestras de arcillas tomadas de las tres minas que fundamentó el proyecto ya que estos son las bases que le dieron credibilidad a las conclusiones del mismo, el estudiante de Tecnología en Procesos Industriales tuvo la oportunidad de aplicar los conocimientos del área de formación en materiales cerámicos, además se adquirió competencias prácticas en la implementación de conocimientos de materias primas y proceso en la fabricación de productos cerámicos.

A nivel de empresa aportó información fundamental sobre las características de las arcillas de donde se tomaron las muestras, también de las propiedades de los productos que se fabriquen a partir de estas materias primas y formulaciones. La información contenida en este proyecto es de vital importancia para los productores que utilizan material de estas tres minas, porque con ello se vieron resultados en las unidades producidas como: mejores características al producto

terminado, reducción de pérdidas en producción, y mejoras en el proceso de fabricación.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general. Caracterizar físicamente arcillas y determinar si son aptas para la fabricación de productos cerámicos estructurales.

1.5.2 Objetivos específicos. Realizar el muestreo en las tres regiones seleccionadas para recolectar las muestras que vamos a analizar.

Caracterizar físicamente a nivel de laboratorio las muestras extraídas de cada mina para determinar si son aptas o no para producir cerámicos estructurales.

Caracterizar mecánica y estructuralmente las materias primas para determinar si sirven para producir cerámicos estructurales.

Establecer una formulación de pasta cerámica para producir ladrillos, teniendo en cuenta las características arrojadas por los análisis realizados a las muestras en el laboratorio.

1.6 Alcance y Limitaciones

1.6.1 Alcance. El alcance del proyecto va desde la extracción de las muestras de arcillas tomadas de las tres minas, hasta determinar si son aptas o no para producir cerámicos estructurales.

1.6.2 Limitaciones. Como limitante tenemos las vías de difícil acceso que hay que recorrer para llegar a estas zonas de extracción de arcillas, donde es necesario contar con vehículo todo terreno o campero debido al mal estado de estas, de igual manera la toma de muestras y transporte de las mismas para sus respectivos análisis.

2. Marco Referencial

2.1 Antecedentes

Para el desarrollo del presente proyecto se consideraron los siguientes antecedentes:

2.1.1 Antecedentes internacionales. Sanchez, Gines, Agramunt & Monzo (1998). Control de calidad de las arcillas empleadas en la fabricación de los soportes de baldosas cerámicas. Trabajo que se desarrolló para publicar el manual de procedimientos para el control de calidad de arcillas, con el objetivo de difundir adecuadamente los resultados del mencionado proyecto entre las empresas extractoras de arcilla y fabricantes de polvos atomizado. Instituto de Tecnología Cerámica, asociación de investigación de las industrias cerámicas, Universidad Jaume I. Castellón España.

2.1.2 Antecedentes nacionales. Santos, Malagón & Córdoba (2009). de la Universidad Industrial de Santander, tuvo como objetivo caracterizar química, mineralógica, granulométrica, plástica y térmicamente tres arcillas, denominadas "Cascajo" (C), "Roja" (R) y "Amarilla" (A), procedentes de Barichara, Santander. Así como obtener pastas cerámicas aptas para la fabricación de ladrillos y tejas. Aquí se fabricaron probetas cerámicas por prensado, las cuales se sinterizaron a 1050°C y posteriormente se caracterizaron física y mecánicamente.

Los resultados demostraron que la pasta de arcilla "Roja", con contenido de agua entre 24 y 38%, es la más adecuada para la fabricación de tejas pues los cerámicos presentan baja absorción de agua (8.2%) y alto módulo de ruptura (9.3 MPa). Para la obtención de ladrillos se recomienda la pasta con mezcla de arcillas de 55% "Cascajo" y 45% "Amarilla", con contenido de agua entre 23 y 32%, obteniéndose cerámicos con absorción de agua menor al 15% y módulo de ruptura

mayor a 5 MPa.

El trabajo aportara ideas más críticas para la elaboración del proyecto, pero enfocándose más a la preparación de las pastas cerámicas y el seguimiento de cada etapa de la producción de un material cerámico de las probetas de estudio.

Mendoza (2007). En la caracterización de las arcillas rojas disponibles para la fabricación de baldosas cerámicas en la empresa cerámica Italia S.A. como trabajo de grado para obtener el título de Tecnología química de Universidad Francisco de Paula Santander, San José Cúcuta.

El objetivo de este trabajo es hacer un análisis físico – cerámicos (densidad aparente en verde, seco y cocido contracción lineal y absorción de agua) y la caracterización física (azul de metilo, curva de des floculación, tamaño de partícula, y pérdida por calcinación) de catorce muestras de arcillas rojas provenientes de diferentes minas del área metropolitana de Cúcuta, para clasificar el material, formular y construir las posibles formulaciones de pastas que pueden ser usado en el proceso productivo de cerámica Italia S.A.

Este trabajo se relaciona con este proyecto, ya que los diferentes análisis de arcillas aplicados en él, son procedimientos que se debemos desarrollar en este proyecto, con el objetivo de dar a conocer sus características y formulación a la hora de formular pastas cerámicas.

Martajira (2017), de la Universidad Francisco de Paula Santander, San José de Cúcuta, que desarrolla un plan de mejoramiento del proceso de extrusión del producto H8X80 (tabelón) del Tejar Santa María Ltda.

Aquí se aplica una investigación de tipo descriptiva y para realizar el monitoreo y seguimiento a las variables de estudio, se utilizaron herramientas del control estadístico de

calidad, para la identificación, medición y análisis de variables críticas a la entrada, durante y al terminar el proceso. Además, se realizó inicialmente para cada variable, un análisis de estabilidad a través de cartas de control y finalmente se realizó un análisis de capacidad que permita evidenciar el grado de cumplimiento de cada variable con respecto a los parámetros de calidad establecidos para las mismas. Con base en los resultados obtenidos se realizó la propuesta de mejoramiento.

La aplicación del control estadístico de calidad de este proyecto nos orienta para dar una conclusión con mucha veracidad, pues se tomarán los resultados que arrojen las muestras analizadas y con base a esos resultados estarán fundamentadas estas conclusiones.

2.1.3 Antecedentes regionales. Cortés (2012). Estudio de factibilidad para la creación de una ladrillera en el Municipio de Barrancas, La Guajira. Tesis de grado. Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta, Colombia.

La creación de una ladrillera en el municipio de Barrancas, la Guajira traerá progreso a la población, porque se puede convertir en fuente de empleo, por ello se ha realizado los estudios pertinentes de viabilidad correspondiente.

En este proyecto podemos ver la necesidad y lo beneficioso que sería producir cerámicos con materias primas de la región, y así fomentar la actividad en este sector productivo.

2.2 Marco Contextual

Este proyecto de investigación, se desarrolló en las instalaciones del laboratorio de formación cerámica de la Universidad Francisco de Paula Santander.

Para ejecutar este proyecto se realizó un muestreo aleatorio y se tomaron 20 kilogramos de tres zonas ubicadas en el municipio de Villanueva, La Guajira. Una de ellas es Nolasco, que cuenta con una latitud de 10.6103, una altitud -72.955 y se encuentra a 4 kilómetros al este de Villanueva, donde actividades como la ganadería y la agricultura son parte del desarrollo de este sector. Al manipular esta arcilla, se percibe un color rojo y aparente estado de humedad como podemos observar en la **Figura 3**, debido a las lluvias que se presentan en este sector.

La segunda muestra de arcilla que vemos en las imágenes 6 y 7 pertenece al sector de Cuatro Caminos, ubicada a 3 kilómetros del este de Villanueva, las actividades económicas de este sector son el carbón vegetal y la fabricación de ladrillo artesanal. Esta arcilla tiene un color marrón vivo oscuro. Es una zona de alta sequía, debido a que el río se encuentran lejos del sector, por lo tanto su fuente hídrica son pozos subterráneos.

Por último, está la arcilla de la Finca La Española, que es la que se observa en las imágenes 8 y 9 ubicada a 2 kilómetros del oeste de Villanueva, de propiedad privada y con actividad agrícola, donde el maíz, algodón y millo son la principal producción de este terreno, la arcilla es de color negro pardo y con aparente estado de humedad, debido a las lluvias que se presentan en la zona.

Estas zonas son de no muy de fácil acceso, pues cuentan con caminos de herradura en estado aceptable, que permiten el tránsito vehicular. Son zonas con un relieve similar, ya que todas se encuentran en el sur del departamento de La Guajira.

2.3 Marco Teórico

A continuación, se describe el fundamento teórico principal, que se utilizó para el logro de cada uno de los objetivos planteados en el proyecto.

Arcilla. 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. Desde el punto de vista económico las arcillas son un grupo de minerales industriales con diferentes características mineralógicas y genéticas y con distintas propiedades tecnológicas y aplicaciones. Por tanto, el término arcilla no sólo tiene connotaciones mineralógicas, sino también de tamaño de partícula, en este sentido se consideran arcillas todas las fracciones con un tamaño de grano inferior a 2 mm. Leal (1997).

Identificación de arcillas y formulación de pastas cerámicas. La presencia de arcilla es tan común que encontrar lechos de ella es bastante fácil en la mayoría de los lugares. Sin embargo, se debe saber cómo mirar. La arcilla está comúnmente cubierta por encima con cieno y tierra vegetal que la oculta. Esto es especialmente cierto en zonas de gran pluviosidad donde el terreno está, normalmente, totalmente recubierto de vegetación de una u otra clase. En las regiones secas la tierra puede estar más expuesta y la arcilla puede encontrarse en la superficie.

El lugar más adecuado para buscar es corrientemente algún punto en que la tierra se haya cortado a través, mostrando alguno de los estratos inferiores. A lo largo de arroyos y ríos o donde la explanación de carreteras y ferrocarriles ha cortado la tierra hacia abajo se pueden encontrar las capas de arcilla que tan frecuentemente subyacen a la tierra de labor. La arcilla puede reconocerse por su superficie irregular y bastante miga josa producida por la lluvia en sus caras expuestas.

Los afloramientos de roca tienden a mantener su forma, mientras que la arcilla es desintegrada y lavada por el agua muy rápidamente.

Si se sospecha que un afloramiento es arcilla, una inspección más detenida y unas pocas pruebas de campo sencillas determinarán rápidamente si lo es o no. Si se mezcla una pequeña muestra con un poco de agua y produce una masa plástica pegajosa, es indudablemente arcilla. Si por el contrario la mezcla resultante permanece arenosa y no plástica, el material puede ser barro arenoso o alguna mezcla de arena y arcilla en la que predomina la primera.

Cuando se ha localizado alguna arcilla, el paso siguiente es el determinar su posible uso en cerámica. Muchas arcillas, si no la mayoría, no son adecuadas para ninguna finalidad práctica. Por ejemplo, una arcilla que está altamente contaminada con álcalis soluble no vale la pena de extraerse.

La presencia de estas impurezas solubles puede detectarse corrientemente por las costras o coloración blanca de la arcilla seca. Si un pequeño trozo de arcilla se humedece a estado plástico y luego se deja secar, la presencia de una costra apreciable sobre la superficie o la decoloración, indican corrientemente la presencia de álcalis indeseables.

Otra impureza que descalifica la arcilla para uso cerámico es la cal. La cal o trocitos de piedra caliza no pueden tolerarse en la arcilla, porque cuando se cuecen cambian de carbonato cálcico a óxido cálcico.

El óxido de calcio es un óxido inestable en la atmósfera, porque absorbe agua y se hidrata. Esta hidratación que se produce lentamente, incluso en un pequeño glóbulo de piedra caliza enterrado en un objeto de cerámica cocida, hace que se hinche la cal.

El hinchamiento ejerce una presión irresistible contra la arcilla cocida que rodea el punto de cal y la pieza se romperá o puede romperse una esquirla de arcilla poniendo al descubierto la impureza perturbadora. Trocitos de yeso escayola en la arcilla cocida producen la misma dificultad.

La rotura o desconcha dura puede suceder en pocos días o meses después de cocida, dependiendo de lo porosa que sea la pasta de arcilla y la humedad a la que esté expuesta. Es extremadamente difícil quitar la cal de la arcilla, especialmente si la cal se halla en pequeñas partículas; si una arcilla contiene cal es mejor buscar otra que no tenga. Un ensayo sencillo revelará la presencia de cal en la arcilla; se echa poco a poco una muestra de arcilla en un vaso de precipitados conteniendo ácido clorhídrico al 50 %. Si hay cal presente se notará una efervescencia o burbujeo.

Pequeños porcentajes de cal finamente dividida pueden no causar ninguna dificultad en pastas de arcillas cocidas a gran fuego. En este caso la cal forma, durante la cocción, combinaciones con otros óxidos en la arcilla.

Incluso si una arcilla no está contaminada con álcalis solubles ni cal, puede ser difícil de utilizar debido a la presencia de demasiada arena u otros fragmentos minerales. Este material granular puede cribarse y separarse de la arcilla, pero puede encontrarse que no vale la pena la molestia, especialmente si puede localizarse otra arcilla que esté más libre de impurezas.

La presencia de demasiada materia orgánica puede también descalificar para su uso a una arcilla. Las arcillas superficiales están a veces tan cargadas de materia carbonosa y restos de vegetación que son inutilizables. Si una arcilla es excesivamente pegajosa cuando se endurece es probablemente inútil por tal razón, especialmente si es de color marrón oscuro o negra.

La arcilla en su estado natural puede ser gris, tostada, roja, verdosa, marrón, marrón oscuro o blanca. El color en la arcilla bruta indica la presencia o bien de óxido de hierro o de materia carbonosa, la mayoría de las arcillas contienen considerable cantidad de hierro y cualquier arcilla que en estado bruto sea gris, marrón, roja, amarilla o verdosa puede esperarse que cueza a color rojo. La variedad de color en las arcillas brutas es debida a la presencia de hierro en diferentes formas. El hierro presente, como hematites u óxido rojo de hierro, producirá un color rojo.

La limonita dará un color amarillo, mientras que el hierro ferroso producirá grises, verdes y negros. Todas estas formas de hierro se transforman en hematites al cocerse y producen el característico color rojo, tostado o marrón de la arcilla cocida. La mayoría de las arcillas superficiales contienen de 2 a 5 % de óxido de hierro y por tal razón no pueden corrientemente cocerse a temperaturas por encima de alrededor del cono 1. Si el contenido de hierro es menor del 2 % la arcilla puede utilizarse como arcilla para loza o barro cocido duro, a temperaturas por encima del cono 1.

Si la arcilla en estado natural es blanca o de color muy claro, puede suponerse que tiene poco hierro y se cocerá a un color claro. Tales arcillas que se cuecen a blanco son corrientemente arcillas primarias o residuales y será más probable que se presenten en bolsas en lugar de en estratos. Las arcillas blancas son casi siempre del tipo no plástico y con frecuencia se encuentran entremezcladas con cantidades considerables de arena y otros fragmentos minerales.

La mejor prueba de la plasticidad de una arcilla es ensayarla utilizándola en cualquier proceso para el que se prevea. Un ensayo sencillo es mojar la arcilla formando una masa plástica y luego hacer un cordón de aproximadamente el espesor de un lápiz, Si este cordón de arcilla puede doblarse formando un anillo de 2,5 centímetros, o menos, de diámetro sin mostrar grietas, la arcilla es razonablemente plástica. Si se pone una pequeña cantidad de arcilla en la boca y no

araña en los dientes excesivamente puede admitirse que tiene un grano muy fino. Se recomienda que este ensayo se utilice con limitaciones.

La arcilla se extrae comercialmente, o bien en desmontes abiertos, o en minas subterráneas de filones o estratos debajo de la superficie de la tierra. En la extracción en desmontes la arcilla se rasca, excava o cepilla con potentes máquinas; manteniendo terrazas que dan acceso a la arcilla. Los caolines se extraen con frecuencia hidráulicamente; se utilizan corrientes de agua bajo presión para desalojar la arcilla del depósito y conducirla a los estanques de sedimentación. Para determinar la utilidad de la arcilla se recomiendan las siguientes pruebas:

1. Ensayo de impurezas solubles.
2. Ensayo del exceso de arena u otros fragmentos minerales.
3. Ensayo de la presencia de cal.
4. Ensayo de la plasticidad.
5. Ensayo del agua de plasticidad y de la contracción por secado.
6. Ensayo para determinar la posible zona de temperaturas de cocción del material y su color de cocción; cocinando muestras a distintas temperaturas.
7. Ensayo de la contracción y absorción en muestras cocidas a distintas temperaturas.
8. Ensayo de desfloculación.

Rhodes (1990).

Mezclado de la arcilla. En la preparación de la arcilla para su uso no se necesitan procedimientos comprometidos o complicados. Como material está esencialmente preparada por la naturaleza y sólo necesita mezclarse con la cantidad correcta de agua y limpiarse de materias extrañas tales como arena o piedras.

Cuando se han de mezclar entre sí dos o más materiales para formar una pasta de arcilla, o cuando la arcilla deba tamizarse para eliminar las impurezas, es mejor primero mezclar la arcilla con un exceso de agua. Se pone agua en un barril, tina, cubo u otro recipiente del tamaño adecuado y se añade la arcilla al agua. Añadiendo la arcilla al agua, en vez del agua a la arcilla, asegura que cada partícula de arcilla se moja totalmente y no se apelmaza en una masa pegajosa de arcilla parcialmente mojada y parcialmente seca, como sucedería si el agua se echase sobre la arcilla seca. Si se ha de hacer una pasta que contenga arcilla y material no plástico, tal como el pedernal, es mejor añadir primero la arcilla de manera que pueda deshacerse en una cantidad máxima de agua. Si la arcilla está en forma de pellas tomará bastante tiempo y revolverla considerablemente para deshacer y dispersar las pellas. Debe emplearse suficiente agua para producir un engobe fluido de la consistencia aproximada a una crema espesa.

Para partidas pequeñas, la arcilla puede mezclarse a mano con una paleta o un palo. Esto se hace más rápido de lo que uno pueda pensar, pero es ciertamente mejor hacer el trabajo con una máquina. Rhodes (1990).

2.4 Marco Conceptual

La arcilla. Es un mineral que recubre prácticamente la mayor parte de la corteza terrestre. Se halla concentrada en depósitos explotables, alguno de los cuales permiten continuidad y constancia de producción, o bien mezclada en mayor o menor porcentaje con humus, arena, cal y

partículas silíceas para formar las tierras comunes que pisamos, para la preparación de pastas cerámicas no se usa la arcilla sola sino mezclada con aproximadamente un 30% de otros materiales llamados antiplásticos (de lo contrario la pieza se rajaría o deformaría durante el secado presentaría o presentaría muchos otros defectos después de la cocción).

Químicamente hablando, la arcilla es un silicato de alúmina, o sea un mineral compuesto por sílice, alúmina (óxido de aluminio) y agua se trata de un silicato muy hidratado y proviene de la descomposición geológica del feldespato del granito, realizada a través de millones de años. (Fernandez, 1994, p.19)

Antiplásticos. Son los materiales que se añaden a las arcillas para formar las pastas. El porcentaje con que se les incluye oscila alrededor del 30% para pastas que se trabajaran a mano, y 40-50% para pastas de colada en moldes de yeso. Unos son refractarios, o sea que elevan la temperatura de vitrificación de una pasta, mientras que otros son fundentes, es decir, la rebajan. Por supuesto que no se incluye entre los antiplásticos los materiales arcillosos como la arcilla, el caolín y la bentonita. Recomendamos adquirir los antiplásticos ya molidos a malla N° 200 y en compañías mineras responsables. Muchas veces se venden materiales equivocados (cal por cuarzo), mal molidos, impuros, férricos, etc. Los texturantes de las pastas (chamote 30%; arena 25%; vermiculita 10%; perlita 10%), al igual que los óxidos colorantes que se les añade, todos ellos se comportan como antiplásticos. (Fernandez, 1994, p.26)

Plasticidad. Es la propiedad que tiene una arcilla de retener la forma que se le da en estado húmedo, y está relacionada con el tamaño de grano o partícula de cada tipo de arcilla. Cuanto más plástica es una arcilla tanto más pequeño será el tamaño de su grano, tanta más agua será capaz de absorber y tanto más encogerá durante el secado de la pieza. (Fernandez, 1994, p.21)

Mina. Excavación que tiene como propósito la explotación económica de un yacimiento mineral, la cual puede ser a cielo abierto, en superficie o subterránea. (Ministerio de minas y energía, 2015, p.107)

Cerámica.

La palabra cerámica, significa material construido de arcilla o de otra sustancia muy parecida, trasformada en estado plástico, luego secada y cocida a una temperatura bastante elevada para darle la necesaria resistencia.

Además, se entiende por cerámica aquella rama de la tecnología que trata de manufacturar productos cerámicos de sus características técnicas y de las materias primas empleadas. Estos productos cerámicos suplen las necesidades del hombre en varios aspectos como en la construcción y decoración de edificios, viviendas y oficinas; como aisladores en la industria eléctrica y para la fabricación de productos químicos. En general, la cerámica satisface mucha de las necesidades domésticas en la producción de vasijas y objetos para la decoración. (Leal, 1997, p.4)

Cerámicos estructurales: son elementos cerámicos que forman la estructura de una construcción, diseñados específicamente para soportar tensión, presión, impacto entre otros. (Rhodes, 1990, p.16)

Mineral. Es una sustancia cristalina, por lo general inorgánica, con características físicas y químicas propias debido a un agrupamiento atómico específico. (Sabogal, 2015, p.7)

Ladrillo. Masa de arcilla, en forma de paralelepípedo rectangular, que, después de cocida, sirve para construir muros, solar habitaciones. (RAE, 2014, p.527)

Granulometría. La granulometría de un mineral es la media de los granos que lo conforman y el cálculo de cada uno de los tamaños encontrados. (Ministerio de minas y energía, 2015, p.79)

Caracterizar. Determinar los atributos peculiares de un material respecto a otro. (RAE, 2014, p.324)

Tamiz. Selección que se hace para clasificar, caracterizar algo. (RAE, 2014, p. 643)

Cocción: Se define el ciclo de cocción, como el programa de calentamiento, permanencia y enfriamiento de los materiales cerámicos y, éste está condicionado por las transformaciones físicas y reacciones químicas que tienen lugar durante la cocción. A fin de realizar una buena cocción del producto cerámico, debe fijarse y/o controlarse adecuadamente. (Rhodes, 1990, p. 27)

Muestra. Porción de material tomado de una gran cantidad, con el propósito de estimar sus propiedades o su composición mediante análisis de laboratorio. (Ministerio de minas y energía, 2015, p.112)

Caracterización mineralógica. Análisis que permite conocer los diferentes minerales que entran a la fase de beneficio. (Ministerio de minas y energía, 2015, p.27)

2.5 Marco Legal

Este proyecto se acoge fundamentalmente a la norma contemplada en el estatuto estudiantil, artículo 140. En la que se exponen las diferentes modalidades de grado disponibles, de las cuales hemos escogido la de trabajo de investigación.

Artículo 1°. Reglamentar las modalidades de Trabajo de Grado de que trata el Artículo 140 del Estatuto Estudiantil de la Universidad Francisco de Paula Santander, en lo referente a requisitos básicos.

Artículo 2°. Adoptase para todos los efectos académicos y legales, las siguientes definiciones básicas respecto de cada una de las modalidades de Trabajo de Grado.

A. Monografía: Es un trato sistemático, especial y completo de determinada parte de una ciencia o asunto en particular; puede ser descriptiva cuando se determinan las características de un objeto, o explicativa, cuando se requiere de la aplicación de conocimientos.

B. Investigación: Es la actividad intelectual encaminada a la construcción de conocimientos en las diversas esferas de la actividad humana, utilizando instrumentos racionales y materiales concebidos a través del tiempo, dentro del rigor y los cánones aceptados como científicos y cuyo fin último es el progreso del conocimiento y su aplicación en beneficio de la sociedad.

C. Sistematización del conocimiento: Es la organización y/o reorganización de saberes de una ciencia o disciplina, presentados y difundidos en forma novedosa y didáctica.

D. Trabajo Social: Desarrollo de programas, diseñados previamente para una institución o comunidad en los cuales se produce optimización o mejoramiento de algunos aspectos, que se traducen en una mejor calidad de vida, tales como: educación, salud, recreación, medio ambiente, producción, comercialización, entre otros.

E. Consultoría: Es el ejercicio profesional mediante el cual se conciben, elaboran y presentan proyectos de inversión, infraestructura, de ingeniería, de desarrollo comunitario, entre otros, los cuales involucran análisis y diseños, investigación de campo, trabajo de laboratorio y discusión

de gabinete u oficina.

Dentro de esta modalidad, los estudiantes solo podrán participar en aquellos proyectos de consultoría que realice la Universidad para el desarrollo de programas o políticas institucionales de entidades Públicas o Privadas.

F. Pasantía: Rotación o permanencia del estudiante en una comunidad o institución, en la cual, bajo la dirección de un profesional experto en el área de trabajo, realiza actividades propias de la profesión, adquiriendo destrezas y aprendizajes que complementan su formación.

G. Trabajo Dirigido: Consiste en el desarrollo, por parte del estudiante y bajo la dirección de un profesional en el área del conocimiento a la que es inherente el trabajo, de un proyecto específico que debe realizarse siguiendo el plan previamente establecido en el anteproyecto correspondiente, debidamente aprobado.

El marco legal de la extracción minera y estudio de los subsuelos está regido por el código minero, la constitución política de Colombia y las normas ambientales.

A continuación, se presenta el marco legal que aplica a la actividad minera y estudio de los suelos.

En el capítulo 3. Art 80 de la Constitución Política de Colombia, especifica que es deber del Estado planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, conservación o sustitución.

La ley 686 del 2001 expide el Código de Minas y dictan otras disposiciones. Este código trata la exploración y explotación del medio ambiente y recursos naturales no renovables de propiedad privada o del estado.

El Decreto 2811 de 1.974 - Código Nacional de los recursos naturales renovables RNR y no renovables y de protección al medio ambiente, establece que el ambiente es patrimonio común, el Estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo. Regula el manejo de los RNR, la defensa del ambiente y sus elementos.

3. Diseño Metodológico

3.1 Tipo de Investigación

El tipo de investigación que se realizó en el proyecto, es descriptivo.

Este tuvo como objetivo indagar la incidencia de las modalidades o niveles de una o más variables en una población. El procedimiento consistió en ubicar en una o diversas variables a un grupo de personas u otros seres vivos, objetos, situaciones, contextos, fenómenos, comunidades; y así proporcionar su descripción. Son, por lo tanto, estudios puramente descriptivos y cuando establecen hipótesis, estas son también descriptivas (de pronóstico de una cifra o valores). (Hernandez, 2010, p.80)

Este proyecto se basó en el tipo de investigación seleccionado porque su finalidad fue describir las características de las arcillas extraídas de tres minas diferentes. Con ello determinar propiedades fundamentales para producir materiales cerámicos. Y así, se determinó la conformidad de estas materias primas.

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población. La población objeto de estudio estuvo compuesta por la tipología de arcillas presentes en tres zonas de extracción de este material ubicadas en veredas alrededor de Villanueva Guajira llamadas Nolasco, Los 4 caminos, La española, las cuales para el proyecto denominaremos como: arcilla A, arcilla B, arcilla C respectivamente.

3.2.2 Muestra. La muestra fueron tres tipos de arcillas tomados en diferentes veredas de la zona rural del municipio de Villanueva Guajira las que se denominaron para la caracterización como: arcilla A, arcilla B, y arcilla C.

3.3 Instrumentos para la Recolección de Información

A continuación, se exponen las técnicas y respectivos formatos, herramientas que se utilizaron en el proyecto.

3.3.1 Fuentes primarias. La recolección de datos se hizo mediante el análisis de las muestras, para esto es necesario procesar la arcilla. Se fabricaron probetas simulando un proceso productivo de materiales cerámicos estructurales a escala. Y se llevó un seguimiento en todas las etapas que hacen parte del proceso (preparación de materia prima, conformado, secado, cocción, selección).

Instrumentos materiales utilizados para la realización de este proyecto:

En la recolección de muestras utilizamos elementos como; palas, escobas, sacos, vasijas,

Para el procesamiento en el laboratorio de las muestras:

Calibrador pie de rey: para medir longitudes en (milímetros)

Balanza: equipo digital para tomar las masas de los especímenes fabricados.

Gaveras: son los moldes que le dan la forma a las probetas.

Estufa secadora: en esta se le extrae toda humedad que contenga el material.

Molino de martillos: este equipo tiene unos martillos internos que al estar en movimiento trituran la arcilla y la convierten en un polvo muy fino.

Malla o tamiz # 230 y # 12: estos son para unificar los granos a un solo tamaño, en el caso de la malla 230 esta sirve para separar el material no plástico de una muestra determinada.

Extrusora manual: esta es una máquina para darle forma a las pasta cerámicas donde se le aplica presión y esta sale a través de una boquilla con la forma específica que se le quiere dar a la pieza en nuestro caso probetas con forma de ladrillos.

Horno de cocción: en este se cuecen las probetas a altas temperaturas para obtener una pieza terminada.

Otros elementos utilizados el análisis de las muestras de arcillas son instrumentos como: reglas, paños, balanzas, crisoles, pinzas, espátulas, probetas, vasijas entre otros.

3.3.2 Fuentes secundarias. Como fuentes secundarias se tienen los conocimientos adquiridos en la asignatura durante la formación, la colaboración del director, el laboratorio de formación cerámica de la universidad Francisco De Paula Santander, y libros de la biblioteca Eduardo Cotes Lamus relacionados a las arcillas e industria de materiales cerámicos.

3.4 Análisis de la Información

El análisis de la información se realizó mediante el uso de software (Word, Excel), los cuales harán más efectivo el trabajo. Para así determinar la situación actual, se utilizaron diferentes herramientas para la recolección de datos, mediante controles básicos, por atributos, seguimientos, mediciones y análisis. Ya que esto dio a conocer las características de estas muestras de arcillas, luego dichos resultados; se compararon con la tabla de análisis porcentuales de arcillas iberoamericanas comerciales que aparece en (Fernandez, 1994) y con las características mínimas aceptadas por las normas técnicas Colombianas NTC 4017 y NTC 4205.

4. Desarrollo del Muestreo

La muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que se le llama población, como se representa en la **Figura 1**.

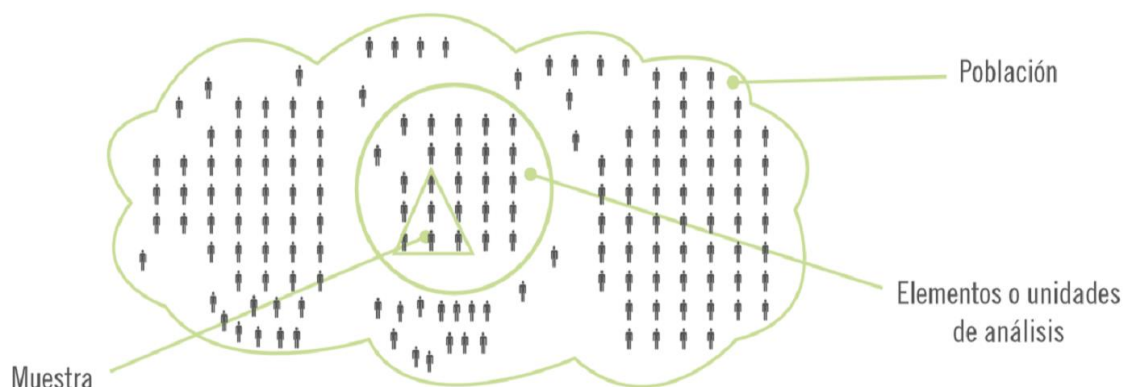


Figura 1. Representación de una muestra como subgrupo

Fuente: Hernandez, 2010.

La toma de muestra de este proyecto fue mediante un muestreo de tipo aleatorio que consistió en tomar una porción de material de cada frente de extracción de arcilla.

En las muestras probabilísticas todos los elementos de la población tienen la misma posibilidad de ser escogidos y se obtienen definiendo las características de la población y el tamaño de la muestra, y por medio de una selección aleatoria o mecánica de las unidades de análisis. Imagínese el procedimiento para obtener el número premiado en un sorteo de lotería. Este número se va formando en el momento del sorteo. En las loterías tradicionales, a partir de las esferas con un dígito que se extraen (después de revolverlas mecánicamente) hasta formar el

número, de manera que todos los números tienen la misma probabilidad de ser elegidos.
(Hernandez, 2010, p.176).

4.1 localización del Muestreo

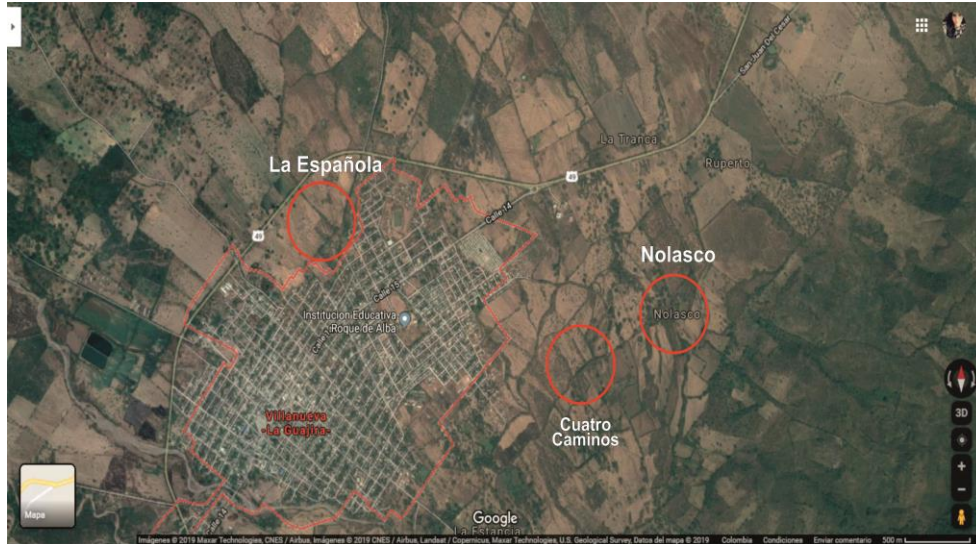


Figura 2. Localización del muestreo

Fuente: (Google Earth, 2019).

Para realizar este muestreo fue necesario dirigirse al municipio de Villanueva la Guajira para llegar a los frentes de extracción en cada mina.

Empezando por Nolasco (**Figura 3**) que es una pequeña vereda de clima cálido de coordenadas: latitud 10.6103, longitud -72.955 y se encuentra 5 kilómetros al este del municipio, para llegar hasta allá es necesario ir en vehículos como motocicletas o automóvil de tipo campero ya que se encuentra a una distancia considerable y sus vías de acceso están en mal estado. En esta vereda es evidente actividades como la ganadería y la agricultura.

Al manipular esta arcilla, se percibe un color rojo y aparente estado de humedad, debido a las lluvias que se presentaron en esos días. También, se observó presencia de vegetación debido a que la profundidad del corte es apenas unos 80centímetros después del humus o corteza vegetal del suelo.



Figura 3. Frente de extracción mina A (Nolasco)



Figura 4. Toma de muestras en mina A (Nolasco)



Figura 5. Materiales en secadero Natural

En las figuras 6 y 7 verán el frente de extracción de arcilla del sector Cuatro Caminos, ubicada a 3 kilómetros del este de Villanueva, sus coordenadas son latitud: 10.606866, longitud: -72.962037.

Las actividades económicas de este sector son el carbón vegetal y la fabricación de ladrillo artesanal. Esta arcilla tiene un color marrón vivo oscuro a simple vista se observa que es bastante arenosa ya que se perciben los granos de arena. Es un terreno bastante seco, debido a que el río se encuentran lejos del sector, por lo tanto su fuente hídrica son pozos subterráneos.



Figura 6. Frente de extracción mina B (los 4 caminos)



Figura 7. Frente de extracción mina B (los 4 caminos)

Por último, la arcilla de la Finca La Española, que es la que se observa en las imágenes 8 y 9 ubicada a 2 kilómetros al oeste del centro Villanueva, propiedad privada y con actividad agrícola, donde el maíz, algodón son los principales cultivos de este terreno, la arcilla es de color negro pardo y con aparente estado de humedad se muestra muy plástica.

Estas zonas son de fácil acceso, pues cuentan con caminos de herradura pero en estado aceptable, que permiten el tránsito vehicular. Son zonas con un relieve similar, ya que todas se encuentran en el sur del departamento de La Guajira.



Figura 8. Toma de muestras mina C (La española)



Figura 9. Frente de extracción mina C (La española)

Las muestras de arcilla se recolectaron por medio de un cuarteo, que consistió en reducir las muestras de suelo a cantidades, menores viendo que las mismas sean representativas y lo más homogéneas posible.

Para realizarlo fueron necesario los siguientes implementos:

Báscula de campo

Lona o polietileno de medidas 2m x 2m

Pala de punta cuadrada

Bolsas de polietileno

Marcadores

El cuarteo se desarrolló de la siguiente manera:

Se tomaron alrededor de 50 kilos en tres puntos diferentes del frente de extracción en cada mina. En un polietileno (alfombra de plástico) extendido sobre el piso se colocaron los 50 kilos de muestra formando un cono, se aplana el cono con la pala lo más homogéneo posible, luego se divide con la pala en cuatro cuadrantes iguales, se separa las dos partes opuestas y con ellas nuevamente se realiza el cuarteo para finalmente obtener las muestras de los ensayos. Se repite con las tres muestras para así obtener un total de 7 Kilogramos por frente; es decir, 21 kilos que fueron rotulados y empacados en las bolsas de polietileno.

Este proceso de cuarteo se utilizó para las muestras de las tres minas.

Luego del reconocimiento y recolección de material este fue trasladado hasta las instalaciones del laboratorio de formación cerámica de la universidad donde fue procesado y se les efectuaron los estudios necesarios.

5. Preparación de Material y Caracterización Física

Al momento de terminar con el cuarteo de las muestras se empaco y embalo el material para luego llevarlo a la empresa de transporte de encomiendas en este caso Coopetran quienes exigieron que los paquetes de este tipo debían de estar debidamente identificados con datos como el contenido del paquete, peso en kilogramos, medidas, ciudad de remitente, entre otros.

El paquete con los 63 kilogramos con las muestras de material arcilloso se recibió en la terminal de transporte y luego se trasladó hasta las instalaciones del laboratorio de formación cerámica de la universidad Francisco de Paula Santander para luego procesarla y realizarle los estudios correspondientes.

Estando la arcilla esta en forma de terrones, lo primero que se hizo fue ponerla al sol, para que perdiera toda la humedad que esta contenía en ese momento. Una vez seca, se tritura con masa de madera, o se moltura en el molino, se criba y se tiene la arcilla en polvo.

Ciertas clases de arcillas refractarias son muy duras y no se deshacen bien en agua, por lo que es necesario triturarlas en grano muy fino para poder utilizarlas.

5.1 Procesamiento del Material en Bruto

Al tener el material en el laboratorio se procedió al procesarlo.

Como ven en la **Figura 10** el material en bruto de las minas: A (Nolasco), B (Los 4 caminos), C (La Española), se colocaron en bandejas y se introdujeron en estufa de secado artificial a 100°C, durante una semana para extraer toda la humedad presente en el material, esto se hizo para que el material sea más manejable en las siguientes etapas del procesado.



Figura 10. Material después de secado artificial.

Después de una semana se consideró que el material estaba libre de humedad ya que este dejó de tener pérdidas considerables en su peso. En la **Figura 11** se puede observar el triturado de la materia prima de manera manual. Esto se hace con el fin de reducir el tamaño de grano de la arcilla y obtener un polvo muy fino.



Figura 11. Molturación del material

En este caso no fue posible la molturación o molienda del material en el molino de martillos porque se encontraba averiado por lo que hubo que realizarlo manualmente.

Se obtuvieron aproximadamente 3 kilogramos de material molido de cada mina, Luego se tamizaron en una malla número 12 esto se hizo para separar las impurezas presentes en las materias primas, y obtener un tamaño de grano uniforme en todo el material.

5.2 Caracterización Física de las Materias Primas

5.2.1 Caracterización del material en crudo. Como se muestra a continuación:

5.2.1.1 Porcentaje de retenido o antiplásticos de las materias primas. Son materiales carentes de plasticidad. Reducen la plasticidad, el tiempo de secado, y la contracción durante el mismo. Aumentan la resistencia en fresco y algunas veces la resistencia tras la cohadura. Modifican la temperatura de cocción y las propiedades del producto cocido.

La mayoría de las arcillas poseen cierto porcentaje de antiplásticos mezclados naturalmente en forma de granos, pero estos con frecuencia son insuficientes y es preciso añadirles más. Para conocer las cantidades exactas de materiales que tenemos que añadir, debemos hacer pruebas y comparar los resultados, se preparan muestras de arcillas con distintos porcentajes de antiplásticos y observamos cual es la que se comporta mejor en el modelado, durante el secado y en la cocción.

La pasta cocida debe resultar sonora, y no presentar grietas ni deformaciones.

En resumen, la arcilla nunca se usa sola sino que se mezcla con porcentajes del 30% al 40% de otros materiales cerámicos que actúan como antiplásticos, y sean fundentes o refractarios.

El antiplástico o desengrasante reduce el excesivo encogimiento de las arcillas durante el secado con lo que se evitan grietas y deformaciones. Los fundentes rebajan la temperatura de vitrificación y los refractarios la elevan (Varela, 2004).

En el ensayo de retenidos se tomaron 50 gramos de muestra de arcilla procesada, luego depositarlos sobre un tamiz 230 y disolverlos sobre él. Al realizar este procedimiento se pudo apreciar como la parte plástica contenida en la muestras si pasaba a través del tamiz, mientras que

los no plásticos se quedaron sobre él. Ver **Figura 12**



Figura 12. Lavado de material sobre tamiz 230

Al cabo de un tiempo de estar lavando la muestra se observó que el agua pasaba limpia sobre el tamiz, y que solo quedaban arenas en él. Este material retenido se recolecto en crisoles, se identificaron y se les tomo su peso como ven en la **Figura 13**, para luego llevarlos a la estufa de secado donde se les extrajo toda la humedad para después registrar los datos nuevamente.



Figura 13. Toma de peso al material retenido después de secado artificial

Datos de retenidos presentes en 50 gramos de muestra de cada acilla.

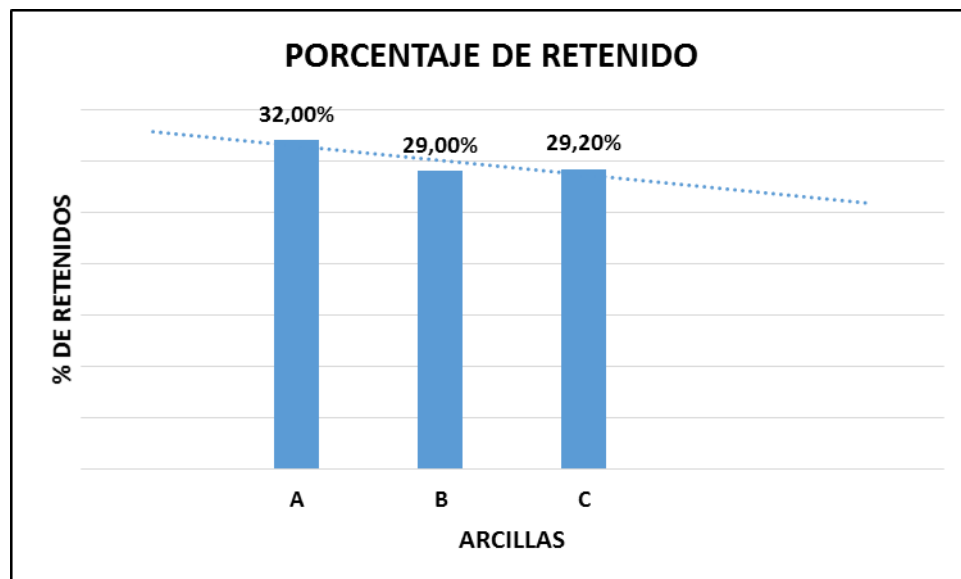


Figura 14. Retenidos en cada muestra de arcilla

De la figura 14, los resultados obtenidos para el ensayo de retenido sobre malla 230, se observó que en esta propiedad las arcillas de estas minas son bastante semejantes especialmente en las minas B y la C ya que la diferencia entre sus porcentajes fue de tan solo el 0,2%.

5.2.1.2 Plasticidad. La plasticidad es una propiedad que permite alterar la forma mediante presión y seguir conservando esta forma una vez que la presión desaparece. El punto límite de plasticidad de una arcilla dependerá del tipo y de la cantidad de agua presente.

La estructura laminar de la arcilla es una posible explicación de este comportamiento. Entre cada capa o lámina de arcilla (espacio de tamaño molecular) puede introducirse el agua, lubricando el movimiento entre las capas, mientras que la atracción eléctrica basta para mantener la cohesión del material cuando no se ejerce presión alguna esta aplicación simplificada no ha sido aún comprobada y el movimiento puede darse entre las partículas más grandes. Otro factor que puede contribuir es el de los geles coloidales procedentes de la acción bacteriana. La arcilla es un material único al poseer verdadera plasticidad y resistencia en seco. En S.SCP se ilustran las diferencias entre las placas planas y la estructura curva o tubular de la halosita que tiene constituyentes muy similares a los de la caolinita.

El término se ha ampliado corrientemente para indicar la facilidad con que una arcilla puede trabajarse; un exceso de plasticidad puede hacer, no obstante, que una arcilla no pueda trabajarse bien.

Las arcillas pueden ordenarse según su plasticidad creciente: arcilla china, arcilla refractaria, arcilla tipo gres, arcillas secundarias de color ante, arcillas de bolas, arcillas rojas (Fournier, 1991, p.243).



Figura 15. Prueba de plasticidad de la arcilla

Fuente: Chavarría, 2003.

Este análisis se realizó basado en 100 gramos de muestra de cada mina, que se fueron humectando y amasando hasta que la pasta tomara una consistencia bastante manejable y que ya no se quedaran pegados residuos de pasta en las manos.

Luego se dio forma de un rollo con una longitud de aproximadamente 200mm y diámetro de 15mm.

Unir los extremos formando un aro como el que aparece en la **Figura 16** que al colgarlo sobre el dedo índice no se deforme. Esto se repitió unas tres veces con diferentes cantidades de agua hasta dar con la plasticidad óptima.

Tras varios ensayos se notó que el aro preparado con cierta cantidad de agua no se deforma al colgarlo. Cuando se llegó a ese punto fue donde se evidenció que las muestras habían

alcanzado la plasticidad óptima.



Figura 16. Humectación y amasado del material



Figura 17. Ensayo de plasticidad del material



Figura 18. Ensayo de plasticidad del material

A continuación se observa en la tabla N° 2 los resultados en ensayos de plasticidad a las tres muestras de material de cada mina.

Tabla 1. Plasticidad del material

CANTIDAD DE H ₂ O (mililitros)	CANTIDAD DE MATERIAL (gramos)	ARCILLA	ENSAYO	PLASTICIDAD
17	100	A	1	NO
			2	NO
			3	NO
		B	1	NO
			2	NO
			3	NO
		C	1	NO
			2	NO
			3	NO
18	100	A	1	NO
			2	NO
			3	NO
		B	1	NO
			2	NO
			3	NO
		C	1	NO
			2	NO
			3	NO
19	100	A	1	OK
			2	OK

CANTIDAD DE H ₂ O (mililitros)	CANTIDAD DE MATERIAL (gramos)	ARCILLA	ENSAYO	PLASTICIDAD
			3	OK
		B	1	NO
			2	NO
			3	NO
		C	1	OK
			2	OK
			3	OK
		A	1	NO
			2	NO
			3	NO
20	100	B	1	OK
			2	OK
			3	OK
		C	1	NO
			2	NO
			3	NO

5.2.1.3 Pérdida de masa en proceso de secado. Cuando la arcilla plástica se seca, el agua se evapora de la superficie porosa y la contracción capilar hace que la humedad del cuerpo cerámico vaya saliendo hacia la superficie. De esta forma se consigue que una capa de la arcilla entre en equilibrio con la humedad del aire. Para continuar con la evaporación del agua que resta en la arcilla es preciso emplear calor artificial o una atmosfera más seca. Eso explica porque una arcilla se seca más rápidamente en una noche fresca, cuando la mayor parte del aire ha precipitado, que en una jornada húmeda de verano. De ahí que las piezas pasan por el estudio de la dureza de la piel por un cierto tiempo y luego cambian de color con rapidez. (Fournier, 1991, p.275).

Para tomar los datos de la pérdida de peso en secado de los especímenes se llevó a cabo un seguimiento en las primeras 72 horas de secado, tomándoles el peso cada cierto tiempo.

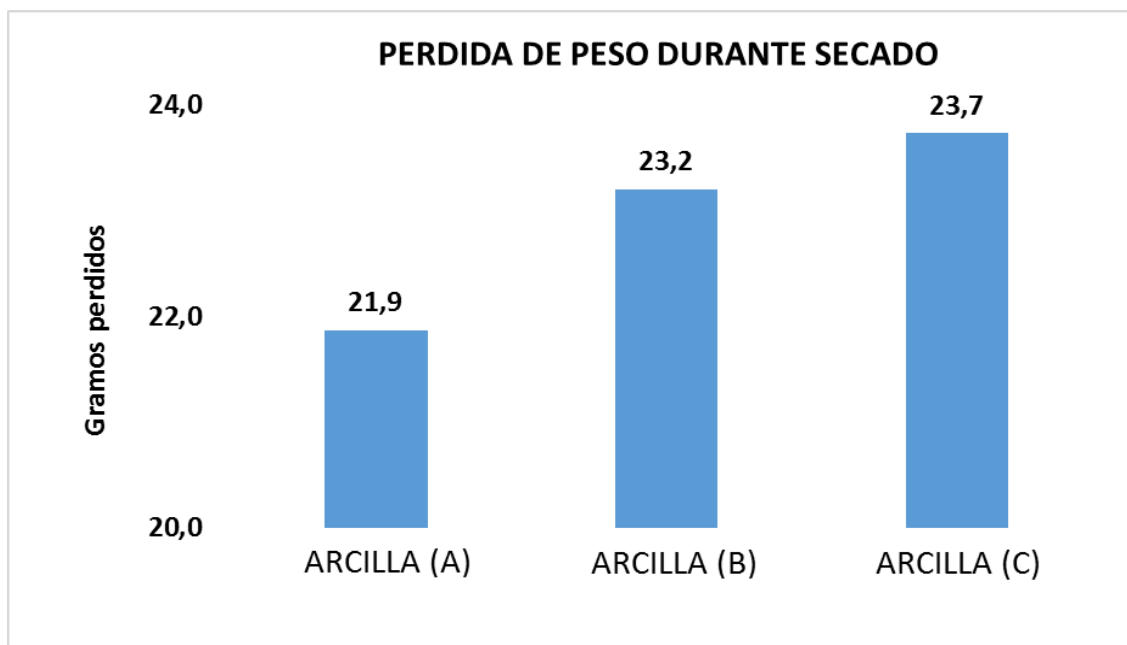


Figura 19. Pérdida en peso de los especímenes durante el secado natural.

En la figura 19 se observa el comportamiento con respecto a la pérdida en peso de los especímenes hechos con material de las minas, en el que evidencia que la arcilla con más contenido de arenas, en este caso la arcilla A, es la que menos peso perdió esto se debe a que siempre la humedad se aloja es en la parte plástica del material.

5.2.1.4 Contracción durante proceso de secado. La arcilla se contrae en tres fases: primero al secarse, luego durante el bizcochado y, por último, al cocerse a su temperatura máxima. La mayor parte de la contracción se produce durante el bizcochado (Scott, 2006)

Para comprobar la contracción de las muestras de arcilla se prepararon varios especímenes con cada tipo de arcilla.

Los especímenes se realizaron por el tipo de modelado manual. Este consistió en llenar unos moldes (gaveras con medidas 11cm x 7cm x 1.5cm aproximadamente) con arcilla, luego al día

siguiente las gaveras se encontraban totalmente separadas por la acción de la contracción de estas arcillas.

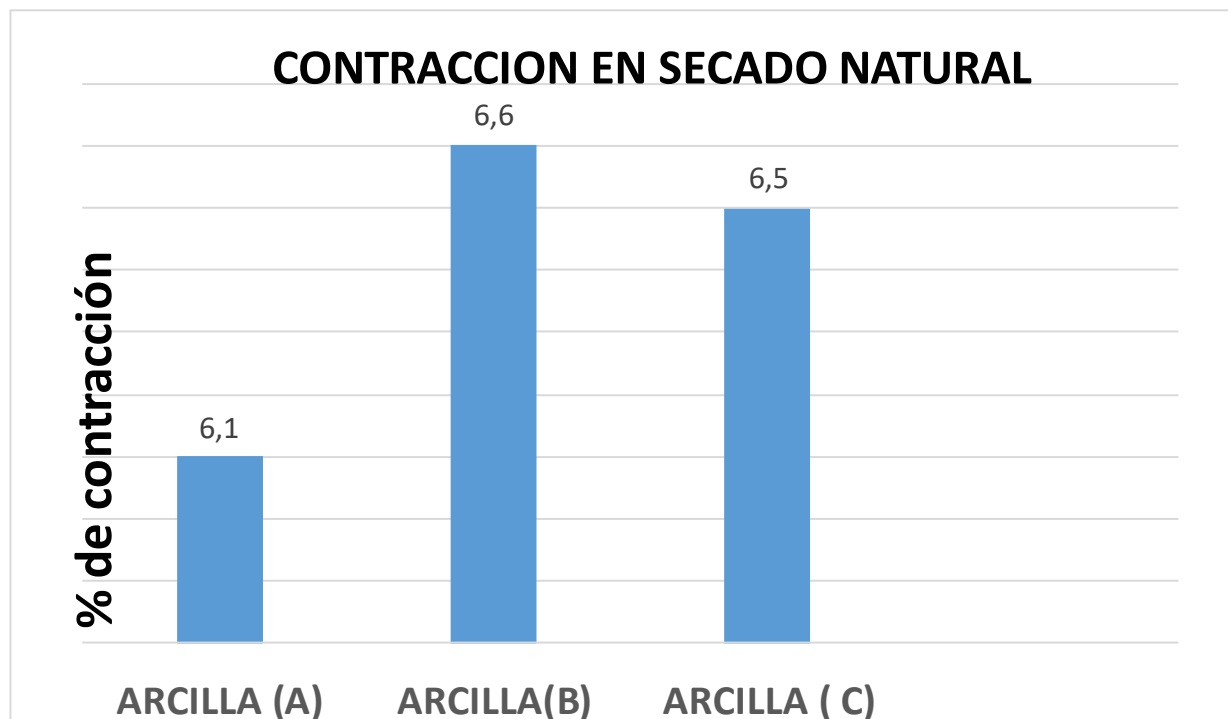


Figura 20. Porcentajes de contracción durante secado

Otra de las propiedades que se atribuyen al contenido de retenido en el material, es la contracción ya que en la figura 21 se ve que la arcilla con menos contracción fue la de la mina A esto porque es la que más arenas contiene.

5.2.2 Análisis físico del material tras la cocción. Como se muestra a continuación:

5.2.2.1 Cocción. El fuego convierte la pasta cerámica en duradera y más hermosa. Al final, de los cuatro elementos que intervienen en la alfarería, la tierra es la única que permanece. No obstante, la tierra, moldeada con agua, secada al aire y endurecida por el fuego, aparece al final

enormemente transformada. El cambio es permanente, pero la categoría de este depende de la intensidad del tratamiento al calor.

Antes de la introducción de métodos científicos, la cocción era la operación menos comprendida y bajo menos control en la manufactura de la alfarería. La experiencia conseguida en la dura escuela de las equivocaciones, accidentes y paciente experimentación científica era mantenida como un cuidado secreto, por lo que no es sorprendente que se sepa muy poco de como nuestros predecesores abordaban el más dificultoso y peligroso de todos los problemas de la alfarería.

En otras industrias, el finalizado del producto significa el final de su procesado. En la alfarería y cerámica en general, se tiende a denominar finalizado al inicio dado que es en este momento cuando la operación más dificultosa comienza “la cocción” (Paul, 1990, p.113)



Figura 21. Horno tipo mufla

La cocción de los especímenes se realizó en un horno tipo mufla como los que verán en la **Figura 22** esta cocción se realizó a tres temperaturas diferentes 900°C, 1050°C y 1100°C.

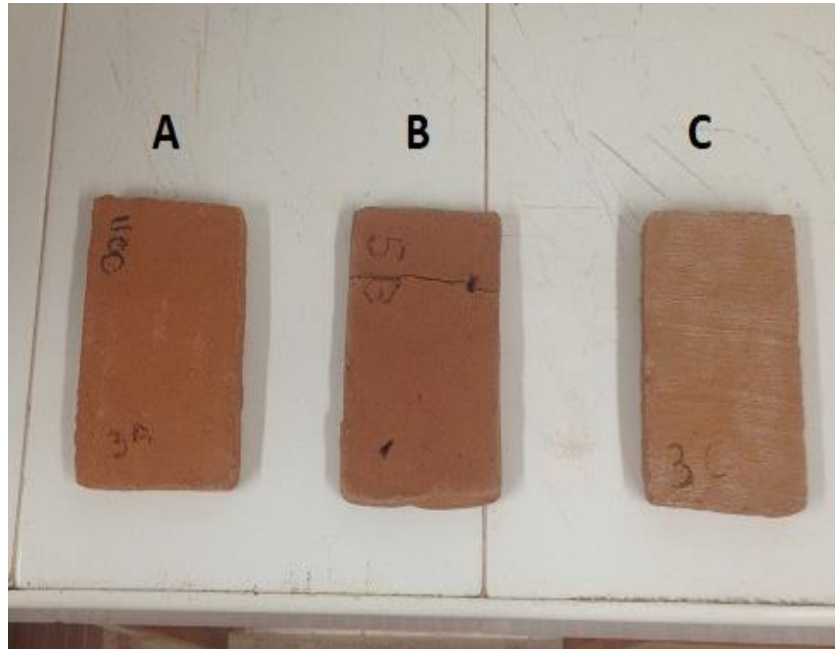


Figura 22. Especímenes cocidos en horno tipo mufla

5.2.2.2 Contracción por cocción. Para obtener los datos de las pérdidas en peso y medidas de cada espécimen, fue necesario volver a registrar las medidas y los pesos de estos tras la cocción. Con esta información se elaboró la tabla 5, en la que se compara la diferencia en peso y medidas de cada espécimen después de cocido, esta diferencia es lo que se llama la contracción por cocción.

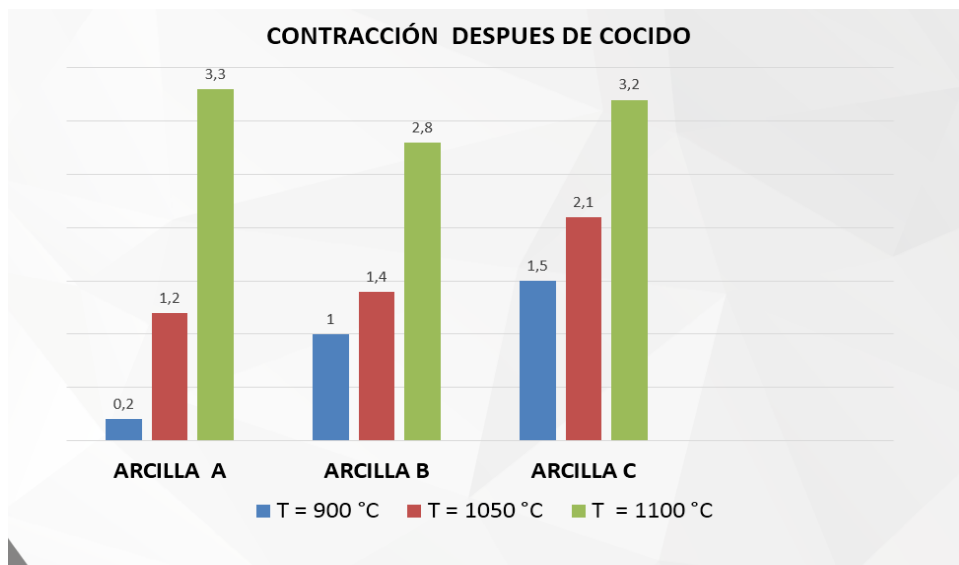


Figura 23. Relación de contracción vs temperatura

En la figura 23 se aprecia la contracción que tuvieron los especímenes elaborados a partir de las muestras de arcilla, y cocidos a diferentes temperaturas, en él se puede observar el efecto que tiene la temperatura sobre estos, entre más alto es el grado de temperatura de cocción, mas se contraen la pieza cocidas.

5.2.2.3 pérdidas de peso tras cocción. Es la pérdida en masa que sufre un material (una arcilla o un mineral), cuando se calienta fuertemente. Esto se debe a la dispersión de carbonatos.

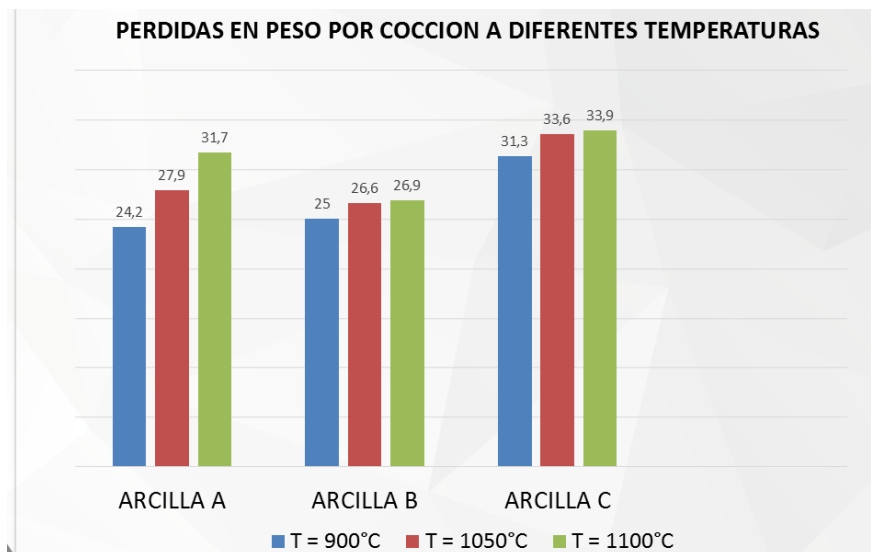


Figura 24. Perdidas en peso por coccion

En la figura se observa la pérdida en masa de cada espécimen horneado a una temperatura específica.

5.2.2.4 Absorción. La incorporación o aceptación de un líquido, vapor o gas sobre una superficie sólida. La absorción puede causar la expansión de un cuerpo (incluso si esta cocido) y es una de las causas del agrietamiento que puede tener lugar después de un cierto tiempo de exposición al aire libre. Como es evidente es más frecuente en la cerámica porosa de baja temperatura de cocción el agua absorbida en las partículas de arcillas es resistente a la evaporación y requiere una temperatura de 120 °C como mínimo para llegar a eliminar (pueden llegarse a requerir temperaturas de hasta 200°C). El volumen del líquido es pequeño pero se expande con mucha rapidez y puede llegar a romper la vasija es por ello que la arcilla no puede considerarse totalmente seca a temperatura ambiente. La arcilla que ha sido calentada hasta 120 °C y luego se deja enfriar volverá a reabsorber la humedad y será mucho más susceptible al peligro que antes. (Fourier, 1991, p.8).

Este ensayo se realizó en el laboratorio de formación cerámica, por el método de inmersión, contemplado en la NTC 4017, su fin es conocer el porcentaje de agua que es capaz de absorber la arcilla después de cocida. Para ello es necesario seguir el procedimiento.

Primero que todo se colocó los especímenes a ensayar en la estufa de secado artificial, para así asegurar de que al momento del ensayo no exista humedad producto del medio ambiente.

Se les tomo el peso, y luego en un recipiente se sumergieron en agua de tal manera que quedaran totalmente cubiertas las probetas cuando se introdujeran en dicho recipiente.

Se dejaron sumergidas por las siguientes 24 horas, al cabo de transcurrir este tiempo se retiraron, se les seco el exceso de agua y se volvieron a pesar.

Con el nuevo dato obtenido se calculó el porcentaje de absorción de agua para cada muestra de arcilla. A partir de la fórmula de absorción de agua que se plantea en el numeral 8.3 de la NTC 4017. En la tabla N° 6 que aparece en los anexos se detallan los cálculos obtenidos en este ensayo.

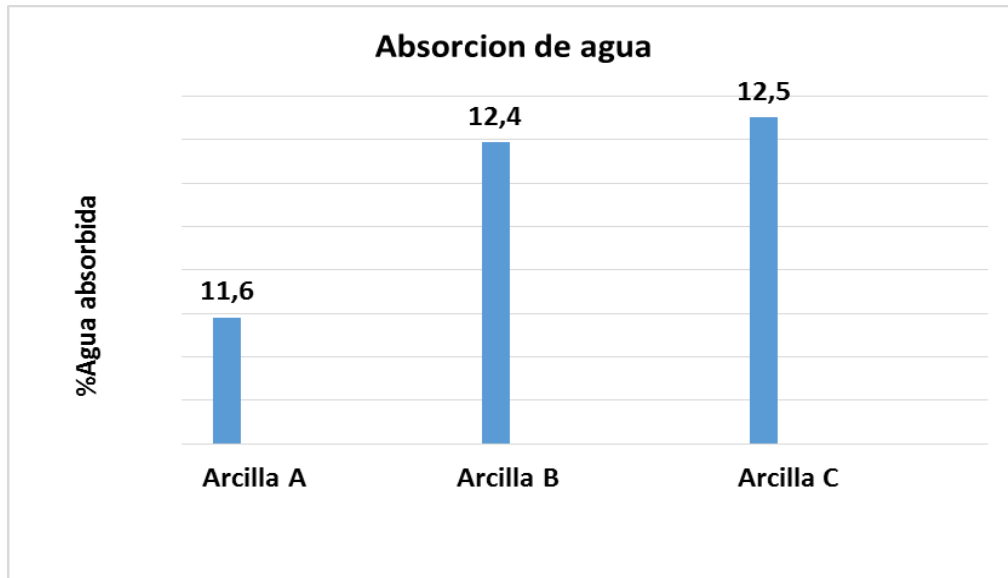


Figura 25. Porcentaje de absorción de agua

Según la Norma Técnica Colombiana NTC 4205 los límites máximos en porcentajes de absorción para interiores y exteriores son 13 y 13,5 respectivamente, en la figura 25 se observa lo arrojado en este ensayo y se evidencia que las arcillas están dentro de los límites establecidos.

5.2.2.5 Núcleo negro o corazón negro. El corazón negro, llamado también núcleo de reducción es un defecto de coloración oscura que aparece en el interior de las piezas cerámicas provocando efectos indeseables como el hinchamiento o cambios de coloración llegando incluso a afectar la resistencia mecánica de la pieza. Normalmente la aparición del corazón negro se debe a la presencia de materia orgánica en la materia prima, esta materia puede encontrarse de forma natural en la arcilla o bien puede añadirse durante el proceso de fabricación. Por lo tanto, el corazón negro se forma por restos de carbón producido por descomposición térmica de la materia orgánica presentando compuestos de color gris o negro que alteran, por un lado el acceso de oxígeno al centro de la masa cerámica y por otro, la salida de los gases del interior a la atmósfera del horno. Una de las maneras más efectivas de controlar este defecto es actuando sobre la

materia prima, realizando análisis que permitan controlar la presencia de materia orgánica y evitar aquellas que la contengan en proporciones demasiado altas. Es incluso importante conocer las características de diferentes materias primas para planificar la incorporación de aditivos y estimar las consecuencias que puedan acarrear los cambios a la producción. (Fourier, 1991, p.145)

En el estudio de las muestras estudiadas en este proyecto no se presentó este fenómeno en ningún espécimen. A continuación vemos en la **Figura 26**, una pieza que presenta núcleo de reducción, luego están en las imágenes siguientes los especímenes producidos con las arcillas A, B, y C respectivamente.



Figura 26. Pieza que presenta núcleo de reducción (corazón negro)

Fuente: Asociación Notio, 2019.

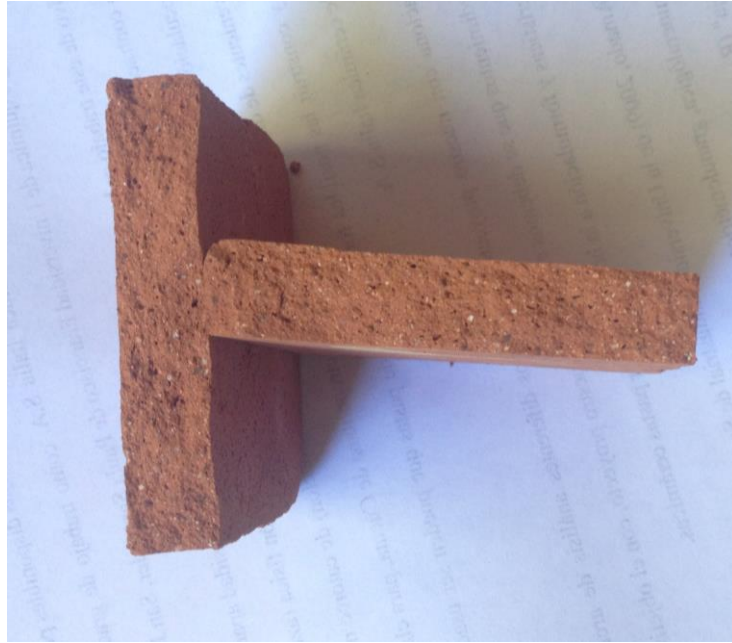


Figura 27. Imagen de ruptura del espécimen 2A

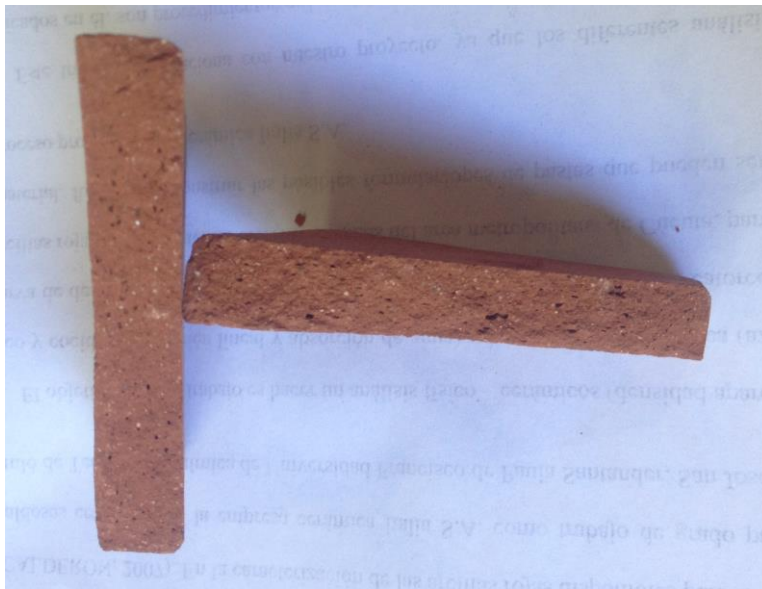


Figura 28. Imagen de ruptura del espécimen 3B



Figura 29. Imagen de ruptura del espécimen 2C

6. Características Mecánicas de los Especímenes Después de Cocidos

La resistencia mecánica de la cerámica, más que cualquier otro factor, limita su rendimiento en las aplicaciones. La clave para el uso exitoso de la cerámica, por lo tanto, es una comprensión detallada de cómo responden a la mecánica, el estrés y, en última instancia, cómo fallan. También es esencial poder optimizar el diseño de estructuras que emplean cerámica para que se minimice la tensión mecánica en la cerámica.

Resistencia mecánica de materiales frágiles:

En la mayoría de las aplicaciones, la cerámica y los vidrios se comportan como materiales quebradizos; es decir la grieta se propaga a través de la pieza, muestran una curva de tensión / deformación lineal hasta la tensión de falla y luego una falla abrupta a medida que una. En las muchas aplicaciones típicas, como el vidrio en las ventanas de automóviles, la falla ocurre con un bajo valor de estrés (1000-10000psi). Estas fallas de baja resistencia han llevado a pensar que el vidrio es un material débil. De hecho, esta resistencia teórica de los vidrios y las cerámicas es muy alta (alrededor de 3 millones de psi o 20 GPa para vidrios de silicato y una cerámica aún mayor en óxido) (Loehman, 2010).

El ensayo se realizó de acuerdo a la norma técnica colombiana (NTC 4017), a 6 muestras producidas con material de extraído de cada mina, se secaron en una estufa de secado artificial, por 24 horas en un rango de 110 °C y 115 °C, y se aplicó carga puntual en el centro de la cara superior utilizando una máquina universal marca EMIC como se observa en la **Figura 30**



Figura 30. Ensayo de resistencia mecánica (flexión)

Estos ensayos se realizaron en el laboratorio de resistencia de materiales por el señor laboratorista encargado José Jesus Acevedo Páez

Los resultados de resistencia máxima a la flexión (Mpa) en estos ensayos para las muestras A, B, C fueron 2.4, 2.6, y 2.5 respectivamente.

En la normas NTC 4205 no se especifica ningún tipo de requisitos para el módulo de rotura de los especímenes ensayados, sin embargo ya que el ensayo se encuentra dentro de los ensayos a realizar en cerámicos de la norma NTC 4017, se procedió con la evaluación de esta característica cumpliendo con los parámetros indicados en esta norma.

7. Formulación de la Pasta

En la formulación no es fácil proponer formulas o composiciones de pastas, cuando se utiliza productos naturales, debido a la compleja variabilidad de los mismos, la poca similitud de las arcillas de un lugar a otro. No obstante existir esa dificultad, lo que se busca es unificar algunos criterios mínimos que permitan hacer de las formulaciones unos cálculos mucho más reales que el simple empirismo y buena suerte. Cualquier receta suele fallar, porque la materia prima no es uniforme, en el mismo depósito de la mina. Se busca, lo mismo que en el caso de los esmaltes, una relación adecuada y equitativa de los diferentes materiales que intervengan en la fórmula de una pasta.

Un procedimiento que prevaleció y aun se utiliza es el de calcular la mezcla, teniendo en cuenta la proporción de cada mineral principal en las materias primas. Por ejemplo, el componente arcilla, contiene cuarzo y algo de feldespato, y a su vez el feldespato contiene cuarzo y algo de arcilla. De esta manera, se pueden calcular varias formulaciones de pastas, con salvedad, que debe disponerse de materia prima seleccionada y beneficiada, que permita ese tipo de cálculo (Córdoba & Rodríguez, 1996, p.34-36)

De los datos obtenidos durante los análisis en el laboratorio de formación cerámica, en cuanto a características físicas que se le atribuyeron a las unidades elaboradas con estas materias primas, se percibió poca variabilidad de características entre una y otra. También se notó, que al proponer formulaciones las diferencias entre una y otra no eran muy notorias más bien casi que imperceptibles a simple vista una de las características que evidencia lo argumentado aca, es el porcentaje de retenidos en malla 230. En la tabla N° 9 vemos la diferencia que hay entre una y otra formulación propuesta, y que por más formulaciones que se propongan el porcentaje de

arenas siempre va a estar entre 29,12% y 29,82% como se aprecia en la figura 31.

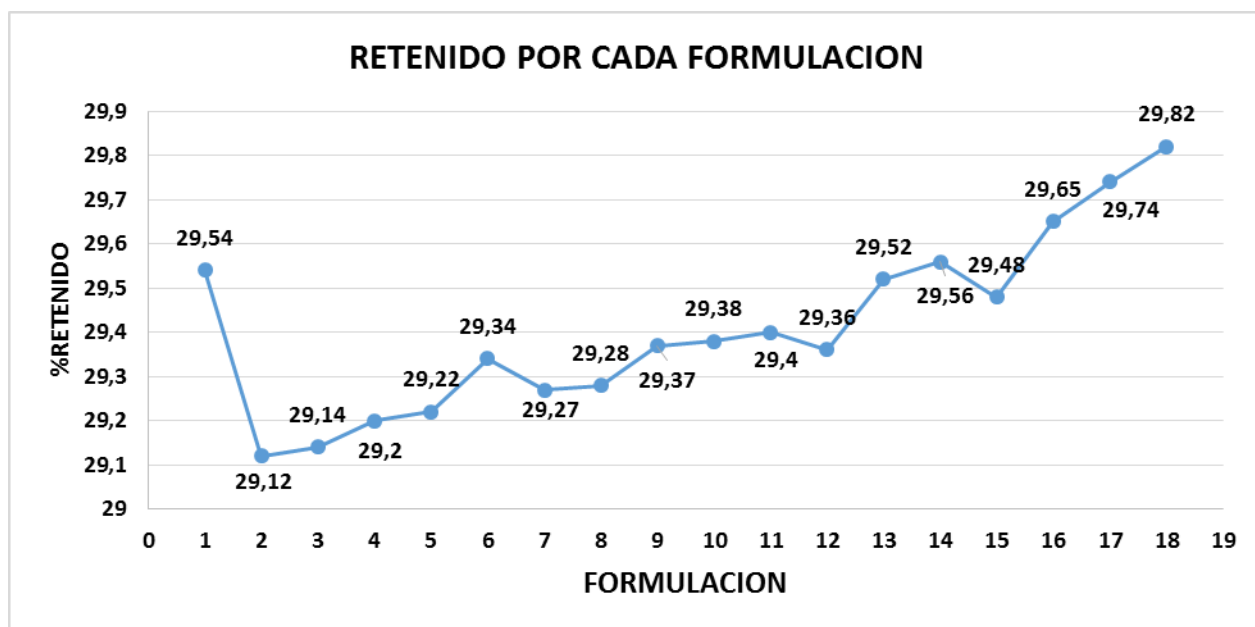


Figura 31. Porcentaje de retenido por cada formulacion propuesta

En la figura 31 aparecen representados los porcentajes de retenidos que se tendrían al mezclar las arcillas que se estudiaron en este proyecto, del cual se concluye que de ninguna formulación entre ellas se lograría bajar ese porcentaje.

8. Conclusiones

Del muestreo y análisis realizado a los tres frentes de extracción de arcillas, podemos decir que las tres minas de estudio en este proyecto son aceptables en la producción de cerámicos ya que en su estado natural presentan características que están cercanas o dentro de los parámetros establecidos en la normas pertinentes en la producción de cerámicos. Para los productores cerámicos de Villanueva la Guajira es algo complicado porque no disponen de esta parte de proceso, que se dedica únicamente a analizar en escala la materia prima con que se va a producir, pues que ellos no cuentan con los conocimientos ni el estudio para determinar las condiciones mínimas; ni un laboratorio próximo donde desarrollar esta etapa del proceso de producción y que les brinde asesoría referente al tema.

El porcentaje de retenido en malla 230 es una característica fundamental en la preparación de productos cerámicos, ya que estos disminuyen la plasticidad de las mezclas de las materias primas y aumentan la permeabilidad de la pieza en crudo, además evita que el producto se deforme o se contraigan demasiado durante el secado y la cocción. Por esto, el alto porcentaje de retenido del material es responsable de características como: contracción en seco, contracción por cocción, porosidad, absorción de agua. Pero también cabe aclarar que el alto porcentaje de estos retenidos puede ser también responsable de dificultades en el proceso como agrietamientos, alta porosidad, disminución de la vida útil de la maquinaria, entre otros por esto la producción con estas arcillas debe de ser muy controlada. De este ensayo obtuvimos los valores 32%, 29%, y 29,2% para los frentes de extracción A (Nolasco), B (Los 4 caminos) y C (La española) respectivamente, otra característica que nos permite dar con la aceptación estos materiales; pero se debe hacer énfasis en que se debería controlar mejor este parámetro y si es posible tratar de minimizarlo.

Mezclar las tres arcillas analizadas en este proyecto es viable pero realmente no se lograrían cambios significativos a la hora de buscar mejoras en las propiedades de las unidades producidas a partir de estas, ya que por tener características muy similares, lo que obtendríamos sería una pasta cerámica casi que igual a la que se obtendría si se utilizaran individualmente. Por sus características similares mezcla en diferentes proporciones las tres materias primas no aportan cambios significativos y realmente en este momento no sería recomendable pues solo serían retrasos en incrementos de labores innecesarias en la producción.

La calidad de un producto cerámico está ligado a diferentes factores que influyen de manera positiva o negativa; por ello al analizar la contracción tras la cocción donde se observaron disminuciones de hasta 3,3% para los especímenes cocidos a mayor temperatura (1100°C) se concluye una característica común entre las arcillas de las zonas de donde se tomaron las muestras, y es que cuanto más alto sea el grado de cocción más se contraerán las piezas.

En términos de absorción de agua las muestras con un mejor resultados corresponden a los especímenes producidos con arcillas del frente de extracción A (Nolasco), donde se observaron valores de hasta un 12%, luego están los frentes B(los cuatro caminos) y C(La española) con absorciones de 12,4% y 12,5% respectivamente, dándose cumplimiento a la NTC 4205, donde está estipulado el porcentaje de absorción de agua que es del 13% para unidades que se utilicen en interiores y 13,5% para exteriores. Aunque este dentro de la norma de aceptación en esta propiedad se debe considerar la situación por su alto contenido, cercano a la tope de norma; claro está, si se considera que los materiales sean para consumo local o regional, es decir, en la guajira que es un departamento cálido donde muy poco llueve, los materiales están acordes; pero si estas unidades llegaran a ser distribuidas a zonas más húmedas esta característica posiblemente podría representar una limitante porque debido a la alta porosidad del material estos absorberían gran

cantidad de agua.

El ensayo de módulo de rotura (ensayo de flexión) no está establecido como criterio de aceptación, sin embargo la norma NTC 4017 establece el procedimiento para la realización del mismo, la muestra B presenta la mayor resistencia frente a esfuerzos cortantes, seguido de este tenemos la muestra c, con un mínimo de desempeño a esfuerzos cortantes, el resultado menos favorable obtuvo en la muestra A.

9. Recomendaciones

Como recomendación principal, la continuación del estudio de las materias primas que se analizaron en este proyecto; realizar un reconocimiento del procesos productivo, la calidad de los productos obtenidos y demás situaciones que lo ameriten; de igual manera realizar una búsqueda acuciosa de material que posea otras características que apunten a la mejora de las características usando si es posible otras minas de la región, y de ser necesario de arcillas de otros departamentos como Norte de Santander; planteando la incorporación de estos materiales con propiedades diferentes pero teniendo en cuenta el impacto que generaría ya sea en las características, costos, y proceso de producción del producto terminado.

Es recomendable realizar estudios complementarios que fortalezcan la investigación desarrollada, en aras de mejorar la información pertinente a estos materiales y el impacto regional que tienen; análisis tales como determinación de la aptitud de los materiales por gravimetría, así como la determinación de la resistencia mecánica por compresión de las probetas .

Otra recomendación fundamental en el estudio de estas muestras de arcillas, es necesario conseguir una cuarta arcilla, para contrarrestar las características desfavorables en las muestras estudiadas. Así obtendremos una pasta con mejores características.

A nivel de universidad estar más al tanto del buen funcionamiento de los equipos del laboratorio de formación cerámica, disminuir o anular los cobros a los ensayos en el laboratorio de resistencia mecánica.

Referencia Bibliográficas

- Asamblea Nacional Constituyente, (1991), *Constitución Política de Colombia*, Gaceta Constitucional de Colombia.
- Chavarría, J. (2003), *la cerámica*, Barcelona, España, empresa del grupo editorial norma.
- Congreso de Colombia, (2001), *código de minas*, Bogotá D.C, Colombia.
- Consejo Superior Universitario, (1996), *Estatuto Estudiantil*, San José de Cúcuta.
- Córdoba, C, Rodriguez, J. (1996), *Fundamentos De Cerámica Tradicional (Arcillas, Vidriados y Hornos)* San Juan de Pasto, Colombia Centro de Estudios Superiores Maria Goretti Unidad de Cerámica.
- Cortés, M. (2012). *Estudio de factibilidad para la creación de una ladrillera en el Municipio de Barrancas, La Guajira*. Tesis de grado. San José de Cúcuta, Colombia, Universidad Francisco de Paula Santander.
- Diccionario de la lengua española (23.ª Edición), Madrid: Espasa, ISBN 978-84-670-4189-7.
- Estrada, D, (1966) *boletín de la sociedad española cerámica y vidrio*, Barcelona, España, CEAC.
- Fernandez, J. (1994), *el libro del ceramista*, Buenos Aires, Argentina, Paradox.
- Fournier, R. (1991), *diccionario ilustrado de alfarería práctica*, Barcelona, España, ediciones omega, S.A
- Hernandez, R. (2010), *metodología de la investigación*, México DF, México, interamericana editores S.A.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, (2005). *Métodos para muestreo y ensayo de unidades de mampostería y otros productos de arcilla. NTC 4017*. Bogotá, Colombia, el Instituto.

Instituto colombiano de normas técnicas y certificación, (2009). *Unidades de mampostería de arcilla cocida. Ladrillos y bloques cerámicos. NTC 4205*. Bogotá D.C, ICONTEC,

Leal, A. (1997), *cerámica*, San José de Cucuta, Colombia, universidad Francisco De Paula Santander.

Loehman, R. (2010), *characterization of ceramics*, Taiwán, R.O.C, Momentum Press.

Matajira, D, (2017), *propuesta de mejoramiento del proceso de extrusión del producto H8X80 (tabelon) elaborado en el tejear Santa Maria LTDA*, Tesis de grado. Cúcuta, Colombia, Universidad Francisco de Paula Santander.

Mendoza, T. (2007). *Caracterización de las arcillas rojas disponibles para la fabricación de baldosas cerámicas en la empresa cerámica ITALIA S.A.* Tesis de grado. Cúcuta, Colombia, Universidad Francisco de Paula Santander.

Ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible, (2014), *código nacional de recursos naturales y de protección del medio ambiente*, Colombia.

Ministerio de minas y energía, (2015), *glosario técnico minero*, Bogotá DC, Colombia, Ingeominas.

Rado, P, (1990), *Introducción a la Tecnología de la Cerámica*, Barcelona, España, Ediciones Omega S.A.

Rhodes, D, (1990), *arcilla y vidriado para el ceramista*, Barcelona, España, CEAR.

Sabogal, R, (2015), *cartilla minera*, Bogotá DC, Colombia, unidad administrativa especial de gestión de tierras despojadas, agencia nacional de minería.

Sanchez, E. Gines, F. Agramunt, J. y Monzo, M. (1998). *Control de calidad de las arcillas empleadas en la fabricación de los soportes de baldosas cerámicas*, Castellón, España
Instituto de Tecnología Cerámica, Asociación de Investigación de las Industrias Cerámicas,
Universidad Jaume I.

Santos, J. Malagón, P. Córdoba, E. (2009), *caracterización de arcillas y preparación de pastas cerámicas para la fabricación de tejas y ladrillos en la región de Barichara, Santander*,
Tesis de grado. Bogotá DC, Colombia, Universidad Industrial de Santander.

Scott, M. (2006) *cerámica* Barcelona, España, Quarto publishin plc.

Varela, A. Barriuso, A. Martin, A. (2004), *curso de cerámica*, Valladolid, España, Ayuntamiento de Valladolid.

ANEXOS

Anexo 1. Carta de aprobación de anteproyecto



San José de Cúcuta

35017.01.13-51

San José de Cúcuta, 21 de junio de 2019

Estudiantes

NICOLÁS ELÍAS MAESTRE MENDOZA

GIOVANNI NIÑO SARMIENTO

UFPS

Asunto: Aprobación de Anteproyecto

Cordial saludo

En calidad de Coordinador del Comité Curricular Tecnología en Procesos Industriales, y de acuerdo a las correcciones realizadas por los evaluadores, autorizo formalmente a partir de la fecha, el desarrollo del proyecto titulado **“CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE ARCILLAS Y PREPARACIÓN DE PASTAS PARA LA FABRICACIÓN DE CERÁMICOS ESTRUCTURALES EN VILLANUEVA, LA GUAJIRA.”**

Atentamente,

ING. PEDRO ANTONIO GARZÓN

Director Programa Tecnología en Procesos Industriales



Karen H

Anexo 2. Rotulo para identificación de las muestras antes de llegar al laboratorio

 Universidad Francisco de Paula Santander <small>Vigilada Mineducación</small>	Muestra de material arcilloso para análisis	
Numero de muestra:	Fecha:	
Punto del muestreo:		
Tratamiento:		
Tomador de la muestra:		
Observaciones:	Proyecto de grado	

Anexo 3. Carta de solicitud de ensayos dirigida al laboratorio de resistencia de materiales

UFPS

San José de Cúcuta, 15/10/2019

 No RADICADO 13214

 FECHA 15 OCT 2019

 NOMBRE B.

 FIRMA UNO CU. P. I. O. 1128

Señor:
 Javier Barros Leal
 Jefe de servicios académicos
 División de servicios académicos
 Universidad Francisco de Paula Santander
 E.S.D

Cordial saludo.

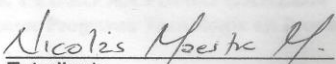
Asunto: solicitud de ensayo

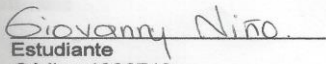
Por medio de la presente carta, yo Nicolas Elias Maestre Mendoza con código 1980745 y mi compañero Giovanni Niño Sarmiento con código 1980712 ambos estudiantes del programa Tecnología en Procesos Industriales, solicitamos un servicio por parte del laboratorio de resistencia de materiales, para realizar unas pruebas de resistencia mecánica a seis especímenes elaborados con arcilla cocida, con las siguientes medidas 11cm x 7cm x 1,5cm, lo cual necesitamos en el desarrollo de nuestro proyecto de grado.

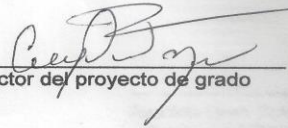
A continuación de esta carta adjunto la carta de aprobación de nuestro proyecto expedida por el director del plan de estudio de procesos industriales.

Muchas gracias.


Atentamente:


 Estudiante
 Código 1980745

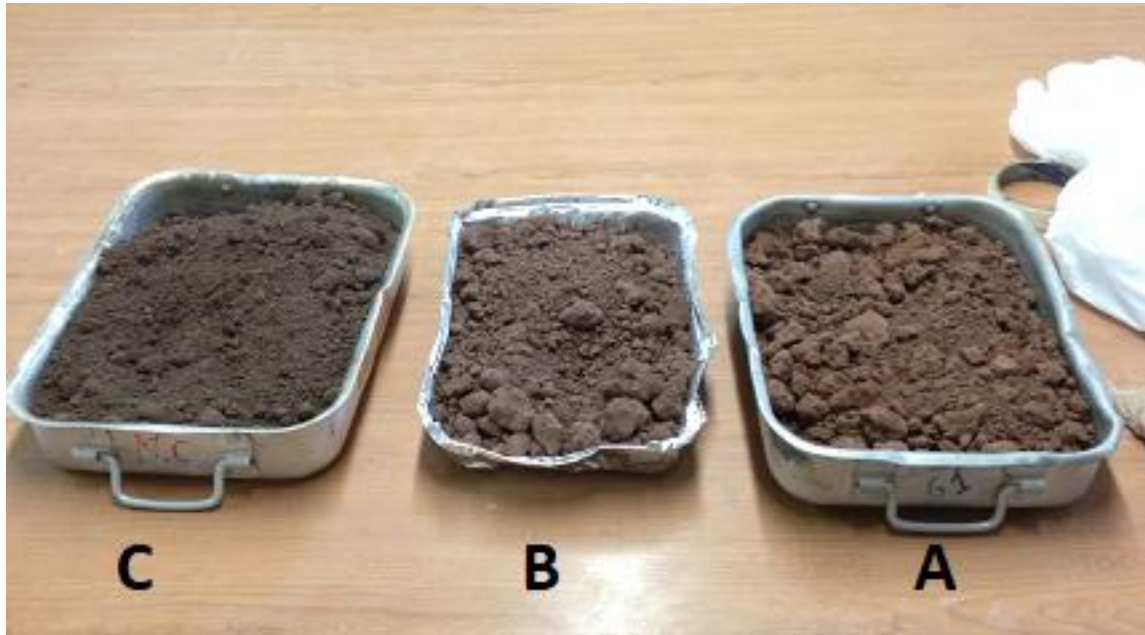

 Estudiante
 Código 1980712


 Director del proyecto de grado

Anexo 4. Resultados de ensayos de flexión en laboratorio de resistencia de materiales

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE		Código	FO-GA-06 / V 0			
RESULTADO DE ANÁLISIS		No.	A 013 6596			
FECHA	13 de agosto de 2019	No. ORDEN DE SERVICIO	4565			
INTERESADO	NICOLAS ELIAS MAESTRE MENDOZA	CALLE 3 #7E-70 QUINTA ORIENTAL				
CÉDULA/ NIT	1121332271	TEL	3175846019			
NORMA ICONTEC No.	4017	No. de Ensayos:	6 de 6			
ENSAYO DE FLEXIÓN DE LADRILLOS						
NUMERO DE LA MUESTRA	1A	1B	2A	2C	3C	6B
FECHA DEL ENSAYO	18-oct	18-oct	18-oct.	18-oct.-19	18-oct	18-oct
LONGITUD EN mm	115	115	115	115,00	115	115
ANCHO EN mm	70	70	70	70	70	70
ESPESOR EN mm	14,5	14,5	15	14,50	14,5	14,5
DISTANCIA ENTRE LOS EJES DE APOYO EN mm	95	95	95	95	95	95
RESULTADOS DE ENSAYOS						
CARGA DE ROTURA MÁXIMA EN N	204,00	236,00	296,00	277,00	234,00	298,00
CARGA DE ROTURA MÁXIMA EN KG	20,80	23,14	29,03	27,16	22,95	29,22
Res. Máx. a la flexión (MPa)	1,98	2,29	2,87	2,68	2,27	2,89
Res. Máx. a la flexión Kg/cm ²	20,14	23,30	29,22	27,35	23,10	29,42
ORIGINAL						
OBSERVACIONES: _____						
1. LAS MUESTRAS Y LA INFORMACIÓN SON SUMINISTRADAS POR: ELCLIENTE						
2. FECHA DE CALIBRACIÓN DE LA MÁQUINA IBERTEST 2 de enero de 2018						
 Lic. JOSÉ JESÚS ACEVEDO PAEZ Analista - Asistente Laboratorio Resistencia de Materiales						

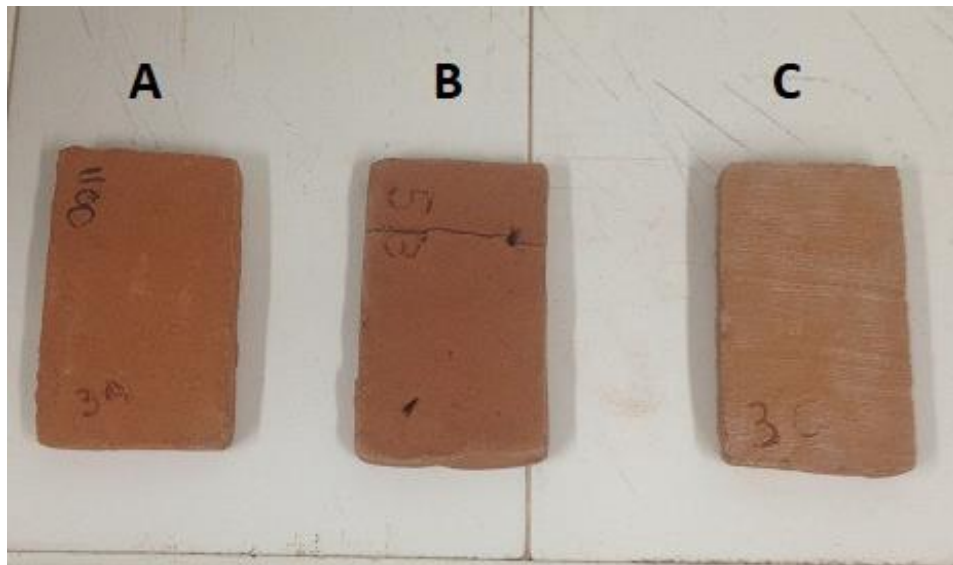
Anexo 5. Evidencias fotográficas del procesado de la materia prima

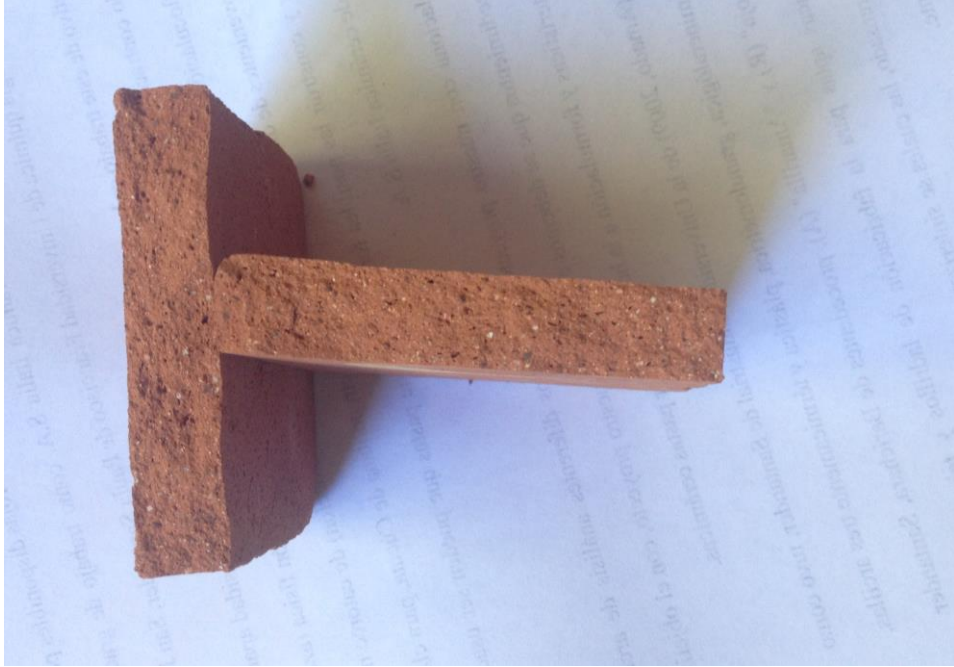














Anexo 6. Datos de arcillas

Retenidos en cada muestra de arcilla

ARCILLA	PESO DE CRISOL (gramos)	CRISOL + RETENIDOS (gramos)	RETENIDO (gramos)	PORCENTAJE DE RETENIDO
A	70,6	86,6	16,0	32,0%
B	69,0	83,5	14,5	29,0%
C	82,9	97,5	14,6	29,2%

Relación de pérdida en peso durante el secado de los especímenes.

Especímen	Peso inicial (g) 21h	Tiempo en secado natural / peso(g)			Pérdida en peso (g)
		24horas	47 horas	72 horas	
1a	187,6	183,6	172,8	168,7	18,9
2a	205,2	201,2	188,6	183,4	21,8
3a	223,5	219,2	204,8	198,6	24,9
Resultados para los especímenes elaborados con la arcilla A					21,9
1b	192,7	188,2	177,5	169,8	22,9
2b	175,7	171,4	160,8	153,5	22,2
3b	195,3	191,0	178,6	170,8	24,5
Resultados para los especímenes elaborados con la arcilla B					23,2
1c	208,9	205,5	192,2	187,2	21,7
2c	218,4	214,6	200,1	194,6	23,8
3c	228,3	224,7	210,1	205,6	22,7
Resultados para los especímenes elaborados con la arcilla C					23,7

Porcentaje de contracción durante secado natural de las tres muestras de arcillas

Contracción durante el secado de la arcilla A						
GAVERA	L. IZQ (cm)	L. DER.(cm)	A. SUP.(cm)	A. INF.(cm)	A. GAV.(cm ²)	% de contracción
1A	12,1	12,2	7,2	7	86,265	6,1
2A	12,2	11,8	6,9	6,9	82,8	
3A	11,9	11,7	7	7,2	83,78	
ESPECIMEN	L. IZQ	L. DER.	A. SUP.	A. INF.	A. ESP.	CONTR.(cm ²)
1A	11,7	11,7	6,9	6,7	79,56	6,705
2A	11,8	11,6	6,7	6,6	77,81	4,995
3A	11,6	11,8	6,8	6,9	80,15	3,635
Contracción durante el secado de la arcilla B						
GAVERA	L. IZQ (cm)	L. DER.(cm)	A. SUP.(cm)	A. INF.(cm)	A. GAV.(cm ²)	% de contracción
1B	11,70	12,00	7,00	7,20	84,14	6,6
2B	11,90	12,20	7,00	6,80	83,15	
3B	11,90	11,80	7,10	7,20	84,73	
ESPECIMEN	L. IZQ	L. DER.	A. SUP.	A. INF.	A. ESP.	CONTR.(cm ²)
1B	11,40	11,70	6,90	6,90	79,70	4,44
2B	11,50	11,90	6,90	6,10	76,05	7,10
3B	11,50	11,40	6,99	6,90	79,52	5,21
Contracción durante el secado de la arcilla C						
GAVERA	L. IZQ (cm)	L. DER.(cm)	A. SUP.(cm)	A. INF.(cm)	A. GAV.(cm ²)	% de contracción
1C	11,80	12,10	6,80	7,00	82,46	6,5
2C	11,90	11,80	6,90	7,20	83,54	
3C	11,90	12,20	7,00	7,00	84,35	
ESPECIMEN	L. IZQ	L. DER.	A. SUP.	A. INF.	A. ESP.	CONTR.(cm ²)
1C	11,60	11,40	6,90	7,00	78,20	3,68
2C	11,30	11,50	6,70	6,90	77,52	6,02
3C	11,50	11,70	6,70	6,70	77,72	6,63

Estos datos fueron tomados durante el secado natural. Ya que, durante el secado artificial los especímenes no presentaron contracción en sus medidas

Contracción después de la cocción

Contracción tras cocción								
Medidas espécimen tras cocción (cm)								
Espécimen	°C	Área crudo	L. IZQ	L. DER.	A. SUP.	A. INF.	Área en cocido	% Contracción
1A	900	81,00	11,8	11,8	6,8	6,9	80,83	0,2
2A	1050	77,81	11,8	11,5	6,6	6,6	76,89	1,2
3A	1100	80,15	11,3	11,5	6,8	6,8	76,16	3,3
1B	900	78,20	11,4	11,2	6,8	6,9	77,41	1,0
2B	1050	79,52	11,5	11,9	6,8	6,6	78,39	1,4
3B	1100	77,72	11,5	11,4	6,3	6,9	75,57	2,8
1C	900	78,2	11,6	11,4	6,6	6,8	77,05	1,5
2C	1050	78,52	11,2	11,4	6,7	6,9	76,84	2,1
3C	1100	77,72	11,3	11,5	6,6	6,6	75,24	3,2

Pérdida de peso por cocción

Perdida en peso por cocción						
Espécimen	°C	Peso inicial (g)	Peso después de cocido (g)	perdida por fuego (g)	%de perdida	
1A	900	187,60	163,40	24,20	14,81	
2A	1050	205,20	177,30	27,90	15,74	
3A	1100	223,50	191,80	31,70	16,53	
1B	900	192,70	167,70	25,00	14,91	
2B	1050	175,70	149,10	26,60	17,84	
3B	1100	195,30	168,40	26,90	15,97	
1C	900	208,90	177,60	31,30	17,62	
2C	1050	218,40	184,80	33,60	18,18	
3C	1100	228,30	194,40	33,90	17,44	

Fuente: Microsoft Excel.

Calculo del porcentaje de absorción de agua

Espécimen	Temp. cocción °C	% de absorción de agua			
		Peso seco (g)	Peso húmedo (g)	Agua (g)	% Absorción
1A	1050	178,2	199,2	21,0	
4A	1050	164,2	183,8	19,6	11,6
7A	1050	177,5	198,8	21,3	
4B	1050	167,4	187,8	20,4	
6B	1050	180,9	201,8	20,9	12,4
7B	1050	172,1	193,0	20,9	
2C	1050	186,4	207,7	21,3	
5C	1050	183,6	210,0	26,4	12,5
C1	1050	196,4	218,6	22,2	

Resumen de la caracterización física de los materiales

Caracterización física de las materias primas

Mina	Nolasco A	Los 4 caminos B	La española C
plasticidad (ml de agua)	19,0	20,0	19,0
% de antiplásticos	32,0	29,0	29,2
%contracción durante secado (cm ²)	6,1	6,6	6,5
%pérdida de masa durante secado	10,6	12,4	10,9
%pérdida de masa por cocción	15,7	16,2	17,7
%contracción por cocción (cm ²)	1,5	1,7	2,2
%Absorción de agua (gramos)	11,6	12,4	12,5
Resistencia máx. a la flexión (Mpa)	2,4	2,6	2,5

Formulaciones propuestas

formulación de pasta				
FORMULA	Cant. (%) Mina(A)	Cant. (%) Mina(B)	Cant. (%) MINA(C)	% RETENIDO EN PASTA
1	50	30	20	29,54
2	10	80	10	29,12
3	10	70	20	29,14
4	15	60	25	29,2
5	15	50	35	29,22
6	30	50	20	29,34
7	20	45	35	29,27
8	20	40	40	29,28
9	30	35	35	29,37
10	30	30	40	29,38
11	33,3	33,3	33,3	29,4
12	30	40	30	29,36
13	45	20	35	29,52
14	50	20	30	29,56
15	45	40	15	29,48
16	60	15	25	29,65
17	70	10	20	29,74
18	80	10	10	29,82

Fuente: Microsoft office Excel