



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
DIVISIÓN BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS



## RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES): NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS

NOMBRE(S): CARMEN XIOMARA APELLIDOS: DIAZ FUENTES

NOMBRE(S): \_\_\_\_\_ APELLIDOS: \_\_\_\_\_

NOMBRE(S): \_\_\_\_\_ APELLIDOS: \_\_\_\_\_

FACULTAD: \_\_\_\_\_ CIENCIAS BÁSICAS

PLAN DE ESTUDIOS: MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MATERIALES

DIRECTOR:

NOMBRE(S): GABRIEL APELLIDOS: PEÑA RODRIGUEZ

NOMBRE(S): \_\_\_\_\_ APELLIDOS: \_\_\_\_\_

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO, DE MATRÍZ POLVOS DE ARCILLA ATOMIZADOS Y REFUERZO RESIDUOS DE LA COMBUSTIÓN DEL CARBÓN, CONFORMADO POR PRENSADO UNIAXIAL

### RESUMEN

El presente trabajo presenta los resultados obtenidos en el desarrollo de probetas prensadas conformadas con polvos cerámicos atomizados de la empresa cerámica italia s.a y residuos de la combustión del carbón de la central termoelectrica Termotasajero s.a. ambas empresas están ubicadas en el departamento de Norte de Santander en Colombia. Para tal fin se realizó la caracterización físico cerámica de las muestras según norma técnica NTC y caracterización estructural, mediante técnicas de difracción de rayos X y microscopía electrónica de barrido. Todo esto con el fin de validar la posibilidad de sustituir la materia prima de arcilla hasta en un 20% en peso, por este subproducto de la combustión de carbón. La finalidad de esta investigación, es obtener un material que proporcione la mejor razón costo-beneficio siendo viable su uso en el desarrollo de productos para la construcción. De este modo se hará una valiosa contribución al medio ambiente, a través del principio de reutilización de desechos inorgánicos.

This paper presents the results obtained in the development of pressed test tubes formed with atomized powders clay from Ceramica Italia S.A company, and the coal combustion waste from Termotasajero power plant S.A. Both companies are located in the department of Norte de Santander in Colombia. For this purpose the physical characterization of ceramic samples was performed according to technical standard NTC and structural characterization techniques using X-ray diffraction and scanning electron microscopy. All this in order to validate the possibility to replace the clay raw material up to 20% by weight, by this sub-product of coal combustion. The purpose of this research is to obtain a material that provides the best cost-benefit ratio thus being viable in its use in the development of construction industry. This way, it will make a valuable contribution to the environment, through the principle of reuse of inorganic waste.

PALABRAS CLAVE: Materiales compuestos, sostenibilidad, soluciones constructivas.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 140

PLANOS: \_\_\_\_

ILUSTRACIONES: \_\_\_\_

CD ROOM: 1

**ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO, DE  
MATRÍZ POLVOS DE ARCILLA ATOMIZADOS Y REFUERZO RESIDUOS DE LA  
COMBUSTIÓN DEL CARBÓN, CONFORMADO POR PENSADO UNIAXIAL**

**CARMEN XIOMARA DIAZ FUENTES**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS  
MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MATERIALES  
SAN JOSÉ CÚCUTA**

**2014**

**ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO DE  
MATRÍZ POLVOS DE ARCILLA ATOMIZADOS Y REFUERZO RESIDUOS DE LA  
COMBUSTIÓN DEL CARBÓN, CONFORMADO POR PRENSADO UNIAXIAL**

**CARMEN XIOMARA DIAZ FUENTES**

*Trabajo de Grado presentado para optar el Título de Magíster en Ciencia y Tecnología de  
Materiales*

**M.Sc. Ph.D. Gabriel Peña Rodríguez**

**UNIVERSIDAD RANCISCO DE PAULA SANTANDER**

**FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS**

**MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MATERIALES**

**SAN JOSÉ CÚCUTA**

**2014**



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: CÚCUTA, 18 DE JUNIO DE 2014

HORA: 4:00 p.m.

LUGAR: LA CASONA-UFPS

PLAN DE ESTUDIOS: MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MATERIALES

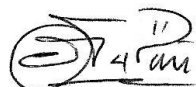
Título del Trabajo de Investigación: "ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO, DE MATRIZ POLVOS DE ARCILLA ATOMIZADOS Y REFUERZO RESIDUOS DE LA COMBUSTIÓN DEL CARBÓN, CONFORMADO POR PENSADO UNIAXIAL".

Jurados: Ph.D. GABRIEL PEÑA RODRÍGUEZ  
Ph.D. ISMAEL HUMBERTO GARCÍA PÁEZ.  
Msc. CAMILO ALBERTO FLÓREZ SANABRIA

Director: Ph.D. GABRIEL PEÑA RODRÍGUEZ

| Nombre del estudiante:      | Código  | Calificación |            |
|-----------------------------|---------|--------------|------------|
|                             |         | Letra        | Número     |
| CARMEN XIOMARA DIAZ FUENTES | 1380008 | Cuatro       | Cuatro 4.4 |

### APROBADA

  
Ph.D. GABRIEL PEÑA RODRÍGUEZ

  
Ph.D. ISMAEL HUMBERTO GARCÍA PÁEZ.

  
MSC. CAMILO ALBERTO FLÓREZ SANABRIA

Vo.Bo VICTOR JULIO USECHE ARCINIEGAS  
Coordinador Comité Curricular  
Maestría en Ciencia y Tecnología de Materiales

## TABLA DE CONTENIDO

|   | <b>Pag.</b> |
|---|-------------|
| INTRODUCCION  | 19          |
| 1. ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO, DE MATRÍZ POLVOS DE ARCILLA ATOMIZADOS Y REFUERZO RESIDUOS DE LA COMBUSTIÓN DEL CARBÓN, CONFORMADO POR PRENSADO UNIAXIAL | 22          |
| 1.1 Planteamiento y Justificación del Problema  | 22          |
| 2. OBJETIVOS  | 25          |
| 2.1 Objetivo General  | 25          |
| 2.2 Objetivos Específicos   | 25          |
| 3. DELIMITACIÓN   | 26          |
| 4. REFERENTES TEÓRICOS  | 27          |
| 4.1 Antecedentes  | 27          |
| 5. MARCO TEÓRICO  | 35          |
| 5.1 Materiales Compuestos.  | 35          |

|  |    |
|--|----|
| 5.2 Materiales compuestos alternativos.                          | 38 |
| 5.3 Arcilla.   | 38 |
| 5.3.1 Propiedades de las arcillas.                               | 39 |
| 5.4 Residuos de combustión del Carbón.                           | 41 |
| 5.5 Prensado Uniaxial.   | 43 |
| 5.6 Atomización de Polvos Cerámicos.                             | 44 |
| 6. MARCO LEGAL   | 48 |
| 7. METODOLOGIA   | 49 |
| 7.1 Materias Primas Empleadas                                    | 49 |
| 7.2 Diseño Experimental  | 52 |
| 7.3 Equipos Empleados Para La Elaboración Del Material Compuesto | 56 |
| 7.4 Equipo y Técnicas de Caracterización de Materiales Empleados | 57 |
| 8. RESULTADOS  | 59 |

|  |    |
|--|----|
| 8.1 Caracterización de las Materias Primas Empleadas Mediante Fluorescencia de Rayos X (FrX) | 59 |
| 8.1.1 Materias primas empleadas para la elaboración de los polvos atomizados.                | 59 |
| 8.2 Caracterización de las Materias Primas Empleadas Mediante Difracción de Rayos X (DRX)    | 62 |
| 8.2.1 Polvos atomizados.   | 63 |
| 8.2.2 Cenizas volantes.  | 65 |
| 8.3 Caracterización de Materias Primas Mediante Microscopia Electrónica de Barrido (MEB)     | 67 |
| 8.3.1 Aspectos morfológicos y microquímicos del polvo atomizado.                             | 67 |
| 8.3.2 Aspectos morfológicos y microquímicos de la ceniza volante.                            | 71 |
| 8.4 Comportamiento del Material a Través Del Proceso Cerámico                                | 78 |
| 8.4.1 Densidad aparente antes de secado.   | 80 |
| 8.4.2 Resistencia mecánica a la flexión antes de secado (en verde).                          | 76 |
| 8.4.3 Contracción en secado.   | 83 |

|  |     |
|--|-----|
| 8.4.4 Resistencia mecánica a la flexión en seco.   | 84  |
| 8.4.5 Contracción en cocido.   | 86  |
| 8.4.6 Pérdidas por calcinación.  | 88  |
| 8.4.7 Absorción de agua y densidad aparente después de cocción.  | 89  |
| 8.4.8 Resistencia mecánica a la flexión en cocido.   | 92  |
| 8.4.9 Abrasión profunda.   | 94  |
| 8.5 Caracterización Estructural del Material Cocido Mediante Difracción de Rayos X   | 96  |
| 8.6 Caracterización Morfológica y Microquímica del Material Cocido Mediante Sem/Edx  | 103 |
| 8.6.1 Microscopía electrónica de barrido (SEM).  | 103 |
| 8.6.2 Microanálisis químico por EDX.   | 114 |
| 8.7 Comparación de los Valores de las Propiedades Tecnológicas de las Diferentes Mezclas Para su uso en Cerámica de Construcción | 124 |
| 8.7.1 Relación entre la resistencia mecánica a la flexión y densidad aparente/absorción de agua.                                 | 127 |



|                 |     |
|-----------------|-----|
| CONCLUSIONES    | 129 |
| RECOMENDACIONES | 132 |
| BIBLIOGRAFIA    | 133 |
| ANEXOS          | 140 |