



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

*"Caracterización Mineralógica y Tecnológica de Muestras de
Arcillas Pertenecientes a la Provincia de Santa Elena-
Ecuador"*

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:

Juan Ricardo Allauca Romero

Guayaquil - Ecuador

2011

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser esa fuerza que me impulsa a seguir adelante cada uno de los días de mi vida.

A mis padres por su apoyo incondicional, sus grandes sacrificios y valores que gracias a ellos he logrado mi sueño que a pesar de las distancias todo se lo debo a ellos.

Agradezco al LEMAT-ESPOL, por el apoyo y la predisposición de cada una de las personas que trabajan ahí, que hicieron que pueda culminar este trabajo. Un agradecimiento especial a mi Directora Dra. Cecilia Paredes V. y al Ing. Javier Bermúdez R., por haber colaborado en la realización de mi tesis de grado.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, hermanos, familiares y personas especiales como una muestra de cariño, gratitud y amor hacia ellos.

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral".

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Juan Ricardo Allauca Romero

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Gustavo Guerrero M.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Dra. Cecilia Paredes V.
DIRECTOR DE LA TESIS

Ing. Javier Bermúdez R.
VOCAL

RESUMEN

Toda aquella tecnología que se relaciona con nuevos materiales, sistemas y procesos que operan a una escala de 100 nanómetros o menos, supone la manipulación de materiales y la creación de estructuras y sistemas a escala de átomos y moléculas, esto es lo que se llama Nanotecnología, la cual ha tenido algunos avances en el Ecuador. Conforme han pasado los años, se ha venido descubriendo varios beneficios que se pueden encontrar específicamente en la arcilla; uno de los organismos que trabaja profundamente en estos avances es el CIDNA (Centro Ecuatoriano de Investigación y Desarrollo en Nanotecnología). A través de este trabajo se definen los beneficios y aplicaciones que se pueden obtener utilizando como materia prima la arcilla la cual está constituida por minerales en forma de granos. Puede ser un material muy moldeable al ser combinado con agua, por eso se le puede dar forma y luego, se endurece al secar o al ser sometida al calor. Por esas propiedades, la arcilla es ampliamente utilizada para realizar objetos cerámicos y ha tenido su considerable introducción en los nanomateriales.

Se utilizó 14 muestras de arcilla de distintas zonas de la PSE, las cuales están especificadas en el capítulo 1 con sus respectivas coordenadas de ubicación, etiqueta de muestra y área. El objetivo principal de este trabajo fue

identificar a qué tipo de arcilla pertenecen las muestras recolectadas en la PSE, utilizando técnicas de caracterización que permitan conocer las propiedades mineralógicas, físicas y químicas.

Para caracterizar la arcilla, primero se preparó la muestra por medio de trituración empleando un molino de bolas; se procedió a eliminar la materia orgánica, los carbonatos; y se separó la arena y limo de la fracción de arcilla. Dicha fracción de arcilla fue sometida a las siguientes pruebas de laboratorio: Difracción de Rayos X (XRD), Análisis Térmico Gravimétrico (TGA), Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC), Espectroscopía de Infrarrojo (FTIR) y Microscopía Electrónica de Barrido (SEM). Estas pruebas dieron como resultado una posible estructura cristalina, lo cual permitió determinar a qué tipo de arcilla pertenecen dichas muestras.

Finalmente, como conclusiones el capítulo 4 incluye una lista con posibles aplicaciones para las muestras de arcillas caracterizadas.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE FOTOS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. ¿Porqué Utilizar Arcillas de la Península de Santa Elena?.....	1
1.2. Localización de las Fuentes de Arcillas	13
1.3. Objetivos.....	15

CAPÍTULO 2

2. MATERIALES Y METODOLOGIA.....	16
2.1. Metodología Utilizada.....	16
2.1.1 Análisis de Laboratorio.....	17
2.1.1.1. Preparación de las Muestras.....	17
2.1.1.2. Análisis de Tamaño de Partícula.....	25
2.1.1.3. Difractometría de Rayos X.....	27
2.1.1.4. Análisis Térmico Gravimétrico.....	30
2.1.1.5. Calorimetría Diferencial de Barrido.....	31
2.1.1.6. Espectroscopía de Infrarrojo.....	32
2.1.1.7. Microscopía Electrónica de Barrido.....	33

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN MINERALÓGICA Y TECNOLÓGICA.....	35
--	-----------

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	76
4.1. Conclusiones.....	76
4.2. Recomendaciones.....	81

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

ABREVIATURAS

Å	Angström
CIDNA	Centro de Investigación y Nanotecnología
°C	Grado Celsius
cm	Centímetro
cm ⁻¹	Inverso- Centímetro
FIMCP	Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción
gr	Gramo
HV	High Voltage
h	Hora
ICQ	Instituto de Ciencias Químicas
J	Joule
KV	Kilo Volt
Kg	Kilogramo
LEMAT	Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales
mg	Miligramo
min	Minuto
mm	Milímetro
ml	Mililitro
mA	Miliamperio
nm	Nanómetro
PSE	Península de Santa Elena
Pa	Pascal
PSI	Libra sobre pulgada cuadrada
RPM	Revoluciones por minuto
SOP	Standard Operating Procedure
s	Segundos
µm	Micrómetro
%	Porcentaje
°	Grados

SIMBOLOGÍA

H ₂ O ₂	Agua Oxigenada
NaOH	Hidroxido de Sodio
K	Potasio
Cu	Cobre
ZnSe	Selenuro de Zinc
W	Peso
w	Watt
H	Flujo de Calor

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 3.1	Distribución del Tamaño de Partícula de la Muestra B1	39
Figura 3.2	Distribución del Tamaño de Partícula de la Muestra X1	40
Figura 3.3	Distribución del Tamaño de Partícula de la Muestra Y1	41
Figura 3.4	Micrografía en Muestra B1 a Magnificación de 100X.....	44
Figura 3.5	Micrografía en Muestra B1 a Magnificación de 1000X.....	44
Figura 3.6	Micrografía en Muestra B1 a Magnificación de 1500X.....	45
Figura 3.7	Micrografía en Muestra X1 a Magnificación de 100X.....	45
Figura 3.8	Micrografía en Muestra X1 a Magnificación de 1000X.....	46
Figura 3.9	Micrografía en Muestra X1 a Magnificación de 1500X.....	46
Figura 3.10	Micrografía en Muestra Y1 a Magnificación de 100X.....	47
Figura 3.11	Micrografía en Muestra Y1 a Magnificación de 1000X.....	47
Figura 3.12	Micrografía en Muestra Y1 a Magnificación de 1500X.....	48
Figura 3.13	Difractograma Representativo de la Fracción Arcilla de la Muestra B1	50
Figura 3.14	Difractograma Representativo de la Fracción Arcilla de la Muestra X1	50
Figura 3.15	Difractograma Representativo de la Fracción Arcilla de la Muestra Y1	51
Figura 3.16	Análisis Térmico de la Muestra B1	55
Figura 3.17	Análisis Térmico de la Derivada de Peso Respecto al Tiempo de la Muestra B1	57
Figura 3.18	Análisis Térmico de la Muestra X1	58
Figura 3.19	Análisis Térmico de la Derivada de Peso Respecto al Tiempo de la Muestra X1	60
Figura 3.20	Análisis Térmico de la Muestra Y1	61
Figura 3.21	Análisis Térmico de la Derivada de Peso Respecto al Tiempo de la Muestra Y1	63
Figura 3.22	Curva de Calor Pertencientes a las Muestras de la Zona B...	64
Figura 3.23	Curva de Peso Pertencientes a las Muestras de la Zona B....	64
Figura 3.24	Curva de Calor Pertencientes a las Muestras de la Zona X...	65
Figura 3.25	Curva de Peso Pertencientes a las Muestras de la Zona X....	65
Figura 3.26	Curva de Calor Pertencientes a las Muestras de la Zona Y...	66
Figura 3.27	Curva de Peso Pertencientes a las Muestras de la Zona Y....	66
Figura 3.28	Espectros de Infrarrojo Representativos de la Muestra B1	

	Pertenecientes a la Zona B.....	69
Figura 3.29	Espectros de Infrarrojo Representativos de la Muestra X1 Pertenecientes a la Zona X.....	70
Figura 3.30	Espectros de Infrarrojo Representativos de la Muestra Y1 Pertenecientes a la Zona Y.....	71

ÍNDICE DE FOTOS

	Pg.
Foto 2.1	Preparación de las Catorce Muestras de Arcilla Para la Realización de sus Respective Análisis..... 18
Foto 2.2	Proceso de Secado de las Muestras..... 21
Foto 2.3	Lavado de las Muestras de Arcilla Después de la Eliminación de Materia Orgánica y Carbonatos..... 23
Foto 2.4	Sedimentación de las Muestras de Arcilla..... 24
Foto 2.5	Equipo Analizador de Tamaño de Partícula..... 26
Foto 2.6	Equipo Difractómetro de Rayos X..... 28
Foto 2.7	Equipo Térmico Gravimétrico..... 31
Foto 2.8	Equipo Espectrometría Infrarrojo..... 32
Foto 2.9	Equipo Microscopio Electrónico de Barrido..... 33

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla # 1	Coordenadas Y Codificación de Muestras.....	14
Tabla # 2	Tiempo de Sedimentación de la Fracción Arcilla Para una Profundidad de 5 cm.a Diferentes Temperaturas (Embrapa 1997).....	20
Tabla # 3	Peso de la Fracción Arcilla Para la Realización de las Técnicas de Análisis.....	37
Tabla # 4	Porcentaje de Fracción Arcilla y Tamaño de Partícula Con Mayor Volumen.....	42
Tabla # 5	Identificación Mineral de las Muestras de la Zona B.....	52
Tabla # 6	Identificación Mineral de las Muestras de la Zona X.....	52
Tabla # 7	Identificación Mineral de las Muestras de la Zona Y.....	53
Tabla # 8	Resultados Análisis Térmico de las 14 Muestras de la PSE.....	68
Tabla # 9	Valores de Bandas de los Espectros del Infrarrojo por Transmisión y Reflexión Difusa y su Identificación Mineralógica.....	72
Tabla # 10	Posible Identificación Mineral de las Muestras X.....	73
Tabla # 11	Posible Identificación Mineral de las Muestras B.....	74
Tabla # 12	Posible Identificación Mineral de las Muestras Y.....	75
Tabla # 13	Propiedades y Posibles Aplicaciones de la Montmorillonita.....	79