



## RESUMEN – TESIS DE GRADO

AUTORES Alirio Fernando Espejo Montero Y Juan Pablo Forero Vesga .  
FACULTAD Ingenierías .  
PLAN DE ESTUDIOS Ingeniería de Minas .  
DIRECTOR Ing. Jose Agustín Vargas Rosas .  
TITULO DE LA TESIS Estudio técnico económico y ambiental para la explotación de las arcillas de las minas “San Gerardo y Doña Chepa”, Cúcuta, Norte de Santander para su utilización en la industria de materiales de construcción .

### RESUMEN

El proyecto que se presenta a continuación contiene el estudio geológico, minero y ambiental; y por medio de este se pretende conocer las características geológico-mineras de los yacimientos arcillosos que se encuentran en la propiedad del Tejar San Gerardo y en la de la futura adquisición mina Doña Chepa; esto a fin de tener a su disposición el material necesario para la planificación de su producción, la elección de los productos a elaborar y la conformación de la explotación a realizar.

### CARACTERÍSTICAS

PAGINAS 354 . PLANOS 6 . ILUSTRACIONES          . CD-ROM 1 .

**ESTUDIO TECNICO ECONOMICO Y AMBIENTAL PARA LA EXPLOTACION  
DE LAS ARCILLAS DE LAS MINAS “SAN GERARDO Y DOÑA CHEPA”,  
CUCUTA, NORTE DE SANTANDER PARA SU UTILIZACIÓN EN LA  
INDUSTRIA DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**

**ALIRIO FERNANDO ESPEJO MONTERO  
JUAN PABLO FORERO VESGA**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA DE MINAS  
SAN JOSE DE CUCUTA  
2003**

**ESTUDIO TECNICO ECONOMICO Y AMBIENTAL PARA LA EXPLOTACION  
DE LAS ARCILLAS DE LAS MINAS “SAN GERARDO Y DOÑA CHEPA”,  
CUCUTA, NORTE DE SANTANDER PARA SU UTILIZACIÓN EN LA  
INDUSTRIA DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**

**ALIRIO FERNANDO ESPEJO MONTERO  
JUAN PABLO FORERO VESGA**

**Proyecto de grado presentado para optar al título de  
Ingeniero de Minas**

**Director  
JOSE AGUSTÍN VARGAS ROSAS  
Ingeniero de Minas**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA DE MINAS  
SAN JOSE DE CUCUTA  
2003**



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS  
PLAN DE ESTUDIOS INGENIERIA DE MINAS

ACTA DE SUSTENTACION DE UN TRABAJO DE GRADO No.

FECHA: Cúcuta, 23 de mayo de 2003 HORA: 10:00 a.m.  
LUGAR: AUDITORIO JORGE JAIRO MALDONADO  
PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA DE MINAS

TITULO DE LA TESIS: "ESTUDIO TECNICO ECONOMICO Y AMBIENTAL PARA LA EXPLOTACION DE LAS ARCILLAS DE LAS MINAS "SAN GERARDO Y DOÑA CHEPA", CUCUTA, NORTE DE SANTANDER PARA SU UTILIZACION EN LA INDUSTRIA DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

JURADOS: Ing. MANUEL MARIA ORTEGA ENTIDAD:  
Ing. CARLOS ENRIQUE CEBALLOS E. ENTIDAD: U. F. P. S.  
Lic. MARTHA BLANCO ENTIDAD: U. F. P. S.

DIRECTOR: Ing. JOSE AGUSITN VARGAS ROSAS

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES	CODIGO	CALIFICACION		
		NUMERO	LETRA	(A) (M) (L)
FERNANDO ESPEJO	180023	3.7	Tres, siete	APROBADA
JUAN PABLO FORERO	180068	3.7	Tres, siete	APROBADA

OBSERVACIONES:

FIRMA DE LOS JURADOS:

  

Vo. Bo.

  
COORDINADOR COMITÉ CURRICULAR

*Dedico mi trabajo de grado y título profesional:*

*A Dios, por guiar, iluminar y cuidar todos los pasos que doy en cada día de mi vida; porque aunque me olvide de él a cada momento, es bueno saber que el no se olvida de mi.*

*A mi madre Adelaida, por sus esfuerzos, sacrificios e inmenso amor, por su gran ayuda y ejemplo de lucha y tenacidad.*

*A mi padre Alirio, y hermanos Harold y Nini, por su apoyo, constante motivación y deseo de verme triunfar.*

*A mi familia y amigos que a lo largo de toda mi vida, de una u otra manera me han enseñado que el carácter y el conocimiento me dan la perseverancia y la creatividad que me proveerán de la energía que se necesita para ser fuerte e infatigable en lo que te propongas.*

*ALIRIO FERNANDO*

*Dedico mi proyecto de grado y título profesional a:*

*Principalmente a Dios, por ser tan bondadoso, por llenarme de la paciencia, sabiduría y fortaleza que he necesitado para cumplir las metas que me he trazado a lo largo de mi vida.*

*Especialmente a mi madre Esperanza, por guiar cada paso que doy, por apoyarme en todas mis decisiones, por su inmenso sacrificio y entrega hacia sus hijos, y en general porque todo lo que soy se lo debo a ella.*

*A mi padre Carlos Fermín y mi hermano Fabuher, por confiar en mi, por brindarme la oportunidad de salir adelante y por apoyarme desinteresadamente sin esperar retribución.*

*A mis hermanos Monica, Gigliola, Fabian y Carlos Eduardo; por sus palabras de aliento y por su confianza en que las cosas saldrían bien.*

*JUAN PABLO*

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus agradecimientos a:

La Universidad Francisco de Paula Santander; por su formación como profesionales.

Ing. José Agustín Vargas; director del proyecto de grado.

Ing. Yesid Castro Duque; por su acertada orientación en el desarrollo de este proyecto.

Ing. Manuel Ortega; por sus valiosos comentarios sobre el proyecto.

Geólogo Javier Zafra Velandia; por sus sabidos consejos y colaboración para la realización de este proyecto.

Ing. Richard Fernando Rojas; por su valioso tiempo y grandes aportes tecnológicos.

Ing. Adalberto Guerrero; por prestar los servicios de su empresa Mining Cad Ltda.

Esperanza Vesga; por su inmensa paciencia y colaboración en la parte logística.

Todas aquellas personas que colaboraron indirectamente no solo material sino moralmente en el desarrollo de este estudio.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	29
1. EL PROBLEMA	31
1.1 TITULO	31
1.2 DESCRIPCION DEL PROBLEMA	31
1.3 FORMULACION DEL PROBLEMA	32
1.4 DELIMITACION DEL PROBLEMA	32
1.5 JUSTIFICACION	32
1.6 OBJETIVOS	33
1.6.1 Objetivo general:	33
1.6.2 Objetivos específicos:	33
1.7 ALCANCE Y LIMITACIONES	34
2. MARCO DE REFERENCIA	35
2.1 MARCO SITUACIONAL	35

2.2 ANTECEDENTES	35
2.3 BASE TEORICA	36
2.4 MARCO CONTEXTUAL	36
2.5 MARCO CONCEPTUAL	37
2.6 MARCO LEGAL	42
3. GENERALIDADES	46
3.1 LOCALIZACIÓN Y VIAS DE ACCESO	46
3.2 CLIMA	48
3.3 VEGETACION	48
3.4 SUELOS	48
3.5 RASGOS HIDROLÓGICOS	50
3.6 SITUACION JURÍDICA	50
3.6.1 Mina San Gerardo.	50
3.6.2 Mina Doña Chepa.	51
4. DETERMINACIÓN DE ALGUNAS PROPIEDADES DE LAS ARCILLAS	52

4.1 MUESTREO	52
4.2 ANALISIS FISICOS	52
4.2.1 Preparación de la muestra.	52
4.2.2 Contenido de material arcilloso.	54
4.2.3 Densidad.	56
4.2.4 Aplicaciones de la densidad real.	61
4.2.5 Análisis granulométrico.	65
4.2.6 Limites de Atterberg.	74
4.2.7 Índices derivados de los limites de Atterberg.	83
4.2.8 Aplicaciones a la ingeniería.	86
4.2.9 Color.	89
4.3 CONTROL DE CALIDAD	93
4.4 ANALISIS QUÍMICOS	97
4.5 IDENTIFICACION DE LAS ARCILLAS	99
4.5.1 Calidad de las Arcillas.	100

4.6 UTILIZACION DE LA ARCILLA	102
5. TOPOGRAFIA	103
5.1 AMARRE A UN PUNTO DE COORDENADAS	103
5.2 TOPOGRAFIA EXTERNA	104
6. GEOLOGÍA	105
6.1 GEOLOGIA GENERAL	105
6.2 GEOLOGIA LOCAL	107
6.2.1 Mina San Gerardo.	107
6.2.2 Mina Doña Chepa.	107
6.3 ESTRATIGRAFIA	108
6.4 ESTRATIGRAFIA LOCAL	110
6.4.1 Mina San Gerardo.	110
6.4.2 Mina Doña Chepa.	112
6.5 GEOLOGIA ESTRUCTURAL	114
6.5.1 Pliegues.	114

6.5.2 Fallas.	114
6.6 GEOMORFOLOGIA	115
6.7 GEOLOGIA ECONOMICA	115
6.8 CARACTERISTICAS DEL DEPOSITO	116
6.8.1 Forma.	116
6.8.2 Espesor.	116
6.8.3 Textura.	117
6.8.4 Color.	117
6.8.5 Dureza.	117
6.8.6 Profundidad.	117
6.8.7 Rumbo y Buzamiento.	117
7. CARACTERIZACION GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO	118
7.1 MODELO GEOLOGICO	119
7.1.1 Análisis estereográfico de las discontinuidades.	119
7.2 MODELO GEOMECÁNICO	136

7.2.1 Ensayos.	136
7.2.2 Clasificación geomecánica del macizo rocoso.	141
7.2.3 Criterio de rotura de Hoek – Brown.	152
8. CALCULO DE RESERVAS	165
8.1 CÁLCULO DE VOLÚMENES Y TONELADAS DE ARCILLA	165
8.2 VIDA ÚTIL DE LAS MINAS SAN GERARDO Y DOÑA CHEPA	166
9. EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO	168
9.1 EXPLOTACIÓN ACTUAL DE LA MINA SAN GERARDO	168
9.2 ELECCION DEL METODO DE EXPLOTACIÓN	169
9.2.1 Diseño y Planeamiento de la Explotación.	169
9.3 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	180
10. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.	181
10.1 METODOLOGIA	181
10.2 ANALISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES	185
10.2.1 Emigración de Fauna Silvestre.	185

10.2.2 Destrucción de la Capa Vegetal.	186
10.2.3 Contraste Visual del Paisaje.	186
10.2.4 Cambio de la calidad del agua.	188
10.2.5 Cambio de la Calidad del Aire.	188
10.2.6 Erosión.	188
10.2.7 Generación de Empleo.	188
10.2.8 Cambio Sociocultural.	189
10.3 MEDIDAS ALTERNATIVAS DE MANEJO AMBIENTAL	189
10.3.1 Manejo Hídrico.	189
10.3.2 Recuperación del Suelo.	190
10.3.3 Recuperación de la cobertura vegetal.	191
10.3.4 Conservación de la fauna.	192
10.3.5 Áreas de disposición de material estéril.	192
10.3.6 Contaminación atmosférica.	192
10.3.7 Capacitación técnica y ambiental.	193

10.4 PLAN DE GESTION SOCIAL	193
10.5 PLAN DE SANEAMIENTO AMBIENTAL	193
10.6 PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO	194
10.7 PLAN DE ABANDONO	195
10.8 COSTOS DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	195
10.9 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	196
11. EVALUACIÓN ECONOMICA DEL PROYECTO	197
11.1 ANALISIS DE MERCADO	197
11.2 CALCULO DE PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTOS PARA LA PRIMERA ALTERNATIVA ECONOMICA DEL PROYECTO (ARRANQUE Y CARGUE MECANIZADO)	199
11.2.1 Maquinaria y equipo.	199
11.2.2 Rendimientos.	200
11.2.3 Volúmen a mover.	202
11.2.4 Cálculo del tiempo necesario de utilización de la maquinaria.	203
11.2.5 Costos de arrendamiento de la maquinaria.	204

11.2.6 Personal.	205
11.2.7 Infraestructura.	205
11.2.8 Costos de transporte del mineral a la planta y del estéril a los botaderos.	205
<b>11.3 ANALISIS FINANCIERO PARA LA PRIMERA ALTERNATIVA ECONÓMICA DEL PROYECTO (ARRANQUE Y CARGUE MECANIZADO)</b>	<b>207</b>
11.3.1 Inversiones existentes.	207
11.3.2 Inversiones a realizar.	208
11.3.3 Costos de operación anual.	208
11.3.4 Depreciación.	214
11.3.5 Costo /Tonelada.	216
11.3.6 Capital de trabajo.	217
11.3.7 Flujo de caja.	218
11.3.8 Rentabilidad en las ventas.	219
11.3.9 Relación Beneficio/Costo.	219

11.3.10 Punto de equilibrio.	220
11.3.11 Tasa interna de retorno (TIR).	224
11.4 CALCULO DE PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTOS PARA LA SEGUNDA ALTERNATIVA ECONOMICA DEL PROYECTO (ARRANQUE Y CARGUE SEMIMECANIZADO).	225
11.4.1 Volumen a mover.	226
11.4.2 Cálculo del tiempo necesario de utilización de la maquinaria.	226
11.4.3 Costos de alquiler de la maquinaria.	226
11.4.4 Personal.	227
11.5 ANALISIS FINANCIERO PARA LA SEGUNDA ALTERNATIVA ECONÓMICA DEL PROYECTO (ARRANQUE Y CARGUE SEMIMECANIZADO)	228
11.5.1 Inversiones Existentes.	228
11.5.2 Inversiones a realizar.	228
11.5.3 Costos de operación anual.	229
11.5.4 Depreciación.	235
11.5.5 Costo/Tonelada.	235

11.5.6 Capital de trabajo.	237
11.5.7 Flujo de caja.	238
11.5.8 Rentabilidad en las ventas.	238
11.5.9 Relación Beneficio/Costo.	239
11.5.10 Punto de equilibrio.	240
11.5.11 Tasa interna de retorno (TIR).	243
12. CONCLUSIONES	244
13. RECOMENDACIONES	249
BIBLIOGRAFIA	250
ANEXOS	251