



**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS**



## **RESUMEN TESIS DE GRADO**

AUTOR (ES)

NOMBRES **CARLOS EDUARDO**  
NOMBRES

APELLIDOS **CABALLERO DÁVILA**  
APELLIDOS

FACULTAD: **INGENIERÍAS**

PLAN DE ESTUDIOS: **INGENIERÍA DE MINAS**

DIRECTOR:

NOMBRE

NOMBRES **ASDRÚBAL**

APELLIDO **MEJÍA URON**

TÍTULO DE

LA TESIS: **SELECCIÓN Y DISEÑO DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO**

**ABIERTO PARA EL YACIMIENTO DE ROCAS FOSFÓRICA CARBONATADA**

**EXISTENTE DENTRO DEL ÁREA DE LA LICENCIA NUMERO 11491 DE LA**

**EMPRESA FOSFONORTE S.A.**

### RESUMEN

Este estudio pretende definir los parámetros para el desarrollo de un proyecto minero, en el que se implemente una explotación técnica, económica y ambientalmente sostenible, determinando el potencial de roca fosfórica carbonatada, para así definir las zonas viables para la explotación y programar las actividades teniendo en cuenta las condiciones geológicas del yacimiento. Este trabajo entonces tiene como objeto la selección y diseño del método de explotación para la licencia objeto de estudio.

**PALABRAS CLAVE:** Mina, roca fosfórica carbonatada, explotación, medio ambiente.

### CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS 168 PLANOS            ILUSTRACIONES            CD-ROM 1

SELECCIÓN Y DISEÑO DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO  
PARA EL YACIMIENTO DE ROCAS FOSFÓRICA CARBONATADA EXISTENTE  
DENTRO DEL ÁREA DE LA LICENCIA NUMERO 11491 DE LA EMPRESA  
FOSFONORTE S.A.

CARLOS EDUARDO CABALLERO DÁVILA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA DE MINAS  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2012

SELECCIÓN Y DISEÑO DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO  
PARA EL YACIMIENTO DE ROCAS FOSFÓRICA CARBONATADA EXISTENTE  
DENTRO DEL ÁREA DE LA LICENCIA NUMERO 11491 DE LA EMPRESA  
FOSFONORTE S.A.

CARLOS EDUARDO CABALLERO DÁVILA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
Ingeniero de Minas

Director  
ASDRÚBAL MEJÍA URON  
Ingeniero en Minas

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA DE MINAS  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2012



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

ACTA DE SUSTENTACION DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA. Cúcuta, 27 de octubre de 2012 HORA: 7:30 a.m.

LUGAR: EDIFICIO CREAD SALA 3

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA DE MINAS

TITULO DE LA TESIS: "SELECCIÓN Y DISEÑO DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO PARA EL YACIMIENTO DE ROCAS FOSFORICA CARBONATADA EXISTENTE DENTRO DEL AREA DE LA LICENCIA NUMERO 11491 DE LA EMPRESA FOSFONORTE S.A."

JURADOS: Ing. EFRAIN JESUS NIETO ORTIZ ENTIDAD: U. F. P. S.  
Ing. JOSE AGUSTIN VARGAS ROSAS ENTIDAD: U. F. P. S.  
Lic. ALBERTO SARMIENTO CASTRO ENTIDAD: U. F. P. S.

DIRECTOR: Ing. GUSTAVO ASDRUBAL MEJIA URON

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTE	CODIGO	CALIFICACIÓN		
		NUMERO	LETRA	(A) (M) (L)
CARLOS EDUARDO CABALLERO D.	0180627	3,8	TRES, OCHO	APROBADO

OBSERVACIONES:

FIRMA DE LOS JURADOS:

Vº. Bº.   
COORDINADOR COMITÉ CURRICULAR

## CONTENIDO

	<b>pág.</b>
INTRODUCCIÓN	18
1. PROBLEMA	19
1.1 TÍTULO	19
1.4 OBJETIVOS	19
1.4.1 Objetivo general	19
1.4.2 Objetivos específicos	20
1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES	20
1.6.1 Alcances	20
1.6.2 Limitaciones	21
1.7 DELIMITACIONES	21
1.7.1 Delimitación espacial	21
1.7.2 Delimitación temporal	21
2. MARCO REFERENCIAL	23
2.2 MARCO TEÓRICO	23
2.2.1 Métodos de explotación	23
2.3 MARCO CONCEPTUAL	29
2.4 MARCO CONTEXTUAL	37
2.5 MARCO LEGAL	38
3. DISEÑO METODOLÓGICO	39
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	39

3.1.1 Fase I	39
3.1.2 Fase II	39
3.1.3 Fase III	39
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	40
3.2.1 Población	40
3.2.2 Muestra	40
3.3 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	40
3.3.1 Fuentes primarias	40
3.3.2 Fuentes secundarias	40
3.4 TÉCNICAS DE ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS	41
3.5 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	41
4. ASPECTOS GENERALES	42
4.1 LOCALIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA	42
4.2 SITUACIÓN JURÍDICA	44
4.3 TOPOGRAFÍA DEL ÁREA	45
4.4 HIDROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA	45
4.4.1 Cuencas hidrográficas	45
4.4.2 Climatología del área	45
4.4.3 Vegetación	46
5. EVALUACIÓN GEOLÓGICA	47
5.1 GEOLOGÍA	47
5.1.1 Geología regional	47
5.1.2 Geomorfología	47

5.1.3 Estratigrafía	48
5.1.4 Geología estructural	51
5.1.5 Estructuras	51
5.1.6 Fallas	51
6. CARACTERÍSTICAS DEL YACIMIENTO DE ROCA FOSFÓRICA	53
6.1 GEOMETRÍA DEL YACIMIENTO DE ROCA FOSFÓRICA	55
6.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LA ROCA FOSFÓRICA CARBONATADA	56
6.2.1 Generalidades de las propiedades físicas y químicas	56
6.2.2 Propiedades físicas y químicas	56
6.2.3 Muestreo y análisis de calidad	57
7. CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA	61
7.1 CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO	61
7.1.1 Componente geológico	61
7.1.2 Componente geomecánico	61
7.2 CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO	62
7.2.1 Resistencia o esfuerzo a la compresión inconfiada o uniaxial de la roca de techo	65
7.2.2 Rock Quality Designation RQD	66
8. CALCULO DE RESERVAS	68
8.1 TIPOS Y CATEGORÍAS DE RESERVAS	68
8.2 MÉTODO PARA CÁLCULO DE RESERVAS	70
8.2.1 Método de los perfiles o cortes	70
8.2.2 Metodología	71

8.3 RELACIÓN DE ESTÉRIL	73
9. INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS	75
9.1 INFRAESTRUCTURA DE LA EMPRESA	75
9.2 MAQUINARIA Y EQUIPOS	79
9.2.1 Características maquinaria y equipos	83
10. CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN	90
10.1 PARÁMETROS PARA LOS CRITERIOS DE SELECCIÓN	90
10.2 MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO	91
10.3 MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN APLICABLES AL YACIMIENTO	92
10.4 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN	93
10.5 SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN	94
10.5.1 Ventajas y desventajas del método de explotación seleccionado	98
10.6 SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO	100
10.6.1 Selección del sistema de explotación	101
11. DISEÑO DE LA EXPLOTACIÓN	102
11.1 OPERACIONES BÁSICAS	102
11.2 EVALUACIÓN DE LA MECANIZACIÓN	105
11.2.1 Cálculo de rendimiento	106
11.2.1.1 Rendimiento operación de descapote	108
11.2.1.2 Rendimiento operación apilamiento del estéril	110
11.2.1.3 Rendimiento operación arranque del mineral	111
11.2.1.4 Rendimiento operación cargue del mineral	112
11.2.1.5 Rendimiento operación transporte del mineral	114



11.3 DISEÑO DEL BANCO PARA EL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN SELECCIONADO	116
11.4 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	120
12. DISEÑO DE LA ESCOMBRERA	122
12.1 SELECCIÓN DEL ÁREA PARA ESCOMBRERAS	122
12.2 OCULTACIÓN DE LA ESCOMBRERA	123
12.3 REVEGETACIÓN	123
12.4 EVALUACIÓN DEL ÁREA SELECCIONADA	124
12.5 ANÁLISIS DE LOS ESTÉRILES A MANEJAR EN EL ÁREA	124
12.6 CLASES DE ESCOMBRERAS	125
12.7 DISEÑO DE LA ESCOMBRERA SELECCIONADA	127
13. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES MINERAS	129
13.1 VIDA UTIL DE LA MINA	129
13.2 RENDIMIENTO DISEÑO DE LA EXPLOTACIÓN	129
13.2.1 Rendimiento descapote	129
13.2.2 Rendimiento arranque de mineral	131
13.2.3 Rendimiento cargue y transporte de mineral	131
13.2.4 Rendimiento acople de estéril en la escombrera	132
13.3 VIDA ÚTIL DE LA ESCOMBRERA	133
14. EVALUACIÓN AMBIENTAL	134
14.1 GENERALIDADES	134
14.2 EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE IMPACTOS	135
14.3 MATRIZ DE IMPACTOS AMBIENTALES	139

14.4 IMPACTOS SOBRE EL MEDIO BIOFÍSICO	140
14.5 IMPACTOS SOBRE EL MEDIO SOCIAL	143
14.6 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	146
15. EVALUACIÓN ECONÓMICA	152
15.1 COSTOS DE INVERSIÓN Y OPERACIÓN	152
15.1.1 Inversiones existentes	153
15.1.2 Inversiones a realizar	153
15.1.3 Costos operacionales	153
15.1.4 Costos administrativos	155
15.1.5 Depreciación	155
15.2 ANÁLISIS ECONÓMICOS	156
16. CONCLUSIONES	159
17. RECOMENDACIONES	160
BIBLIOGRAFÍA	161
ANEXOS	162