



RESUMEN TESIS DE GRADO

**AUTOR (ES):**

**NOMBRE (S):** JHON EMER \_\_\_\_\_ **APELLIDOS:** BASTO PEÑARANDA \_\_\_\_\_  
**NOMBRE (S):** JUAN DIEGO \_\_\_\_\_ **APELLIDOS:** JAIMES JAIMES \_\_\_\_\_

**FACULTAD:** \_\_\_\_\_ INGENIERIAS \_\_\_\_\_

**PLAN DE ESTUDIOS:** \_\_\_\_\_ INGENIERIA DE MINAS \_\_\_\_\_

**DIRECTOR:**

**NOMBRE (S):** ORLANDO \_\_\_\_\_ **APELLIDOS:** ANTEQUERA STAND \_\_\_\_\_

**TITULO DE LA TESIS:** GUÍA DE CONSULTA PARA DISEÑAR SISTEMAS DE  
DESAGÜE EN MINERÍA SUBTERRÁNEA DE CARBÓN EN NORTE DE SANTANDER \_\_\_\_\_

RESUMEN:

En este proyecto, se determinó qué factores geológicos se conocieron que permitieron prever o estimar la cantidad de agua que se filtra en un túnel minero, seguidamente se explicó la dinámica del agua subterránea cuando se infiltra en un medio rocoso donde existe un yacimiento de carbón, definiendo las obras y equipos necesarios para un sistema de desagüe, cómo se eligen y como se emplean.

Por último se definió en un cuadro sinóptico los pasos a seguir para elaborar un sistema de desagüe en una mina subterránea de carbón.

Palabras clave: túnel, carbón, yacimiento, agua subterránea, desagüe

CARACTERÍSTICAS:

PAGINAS: \_\_\_\_\_ 283 \_\_\_\_\_ PLANOS: \_\_\_\_\_ ILUSTRACIONES: \_\_\_\_\_ CD-ROM: \_\_\_\_\_ 1 \_\_\_\_\_

GUÍA DE CONSULTA PARA DISEÑAR SISTEMAS DE DESAGÜE EN MINERÍA  
SUBTERRÁNEA DE CARBÓN EN NORTE DE SANTANDER

JHON EMER BASTO PEÑARANDA

JUAN DIEGO JAIMES JAIMES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERIAS

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA DE MINAS

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2014

GUÍA DE CONSULTA PARA DISEÑAR SISTEMAS DE DESAGÜE EN MINERÍA  
SUBTERRÁNEA DE CARBÓN EN NORTE DE SANTANDER

JHON EMER BASTO PEÑARANDA

JUAN DIEGO JAIMES JAIMES

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniero de Minas

Director:

ORLANDO ANTEQUERA STAND

Ingeniero de Minas y Metalurgia

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERIAS

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA DE MINAS

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2014

**ACTA DE SUSTENTACION DE UN TRABAJO DE GRADO**

FECHA: Cúcuta, 06 de junio de 2014

HORA: 6:30 p.m.

LUGAR: EDIFICIO DE TERREOS

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA DE MINAS

TITULO DE LA TESIS: "GUIA DE CONSULTA PARA DISEÑAR SISTEMAS DE DESAGUE EN MINERIA SUBTERRANEA DE CARBÓN EN NORTE DE SANTANDER"

**JURADOS:** Ing JOHANNES RICARDO VALDEZ EUSE  
Ing. JOSE MARCELINO ASCENCIO A.  
Lic. GUSTAVO VILLAMIZAR

**ENTIDAD:** U. F. P. S.  
**ENTIDAD:** U. F. P. S.  
**ENTIDAD:** U. F. P. S.

**DIRECTOR:** Ing. ORLANDO ANTEQUERA STAN

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTE	CODIGO	CALIFICACIÓN		
		NUMERO	LETRA	(A) (M) (L)
JUAN DIEGO JAIMES JAIMES	0180877	3.8	TRES, OCHO	APROBADA
JHON EMER BASTO PEÑARANDA	0180867	3.8	TRES, OCHO	APROBADA

OBSERVACIONES:

FIRMA DE LOS JURADOS:



Vº, Bº.

COORDINADOR COMITÉ CURRICULAR

## **Dedicatoria**

A mis padres por hacer posible mi educación y por estar conmigo en todos los momentos durante el curso de mi carrera.

A mis amigos de la Universidad donde me formé y que estuvieron presentes durante mis estudios de pregrado, a toda la clase de primer semestre de Ingeniería de Minas del segundo semestre del 2004.

**Juan Diego Jaimes Jaimes**

## **Dedicatoria**

A mis padres por todo el apoyo incondicional durante todo este tiempo y el esfuerzo que han realizado para formarme como persona.

A mis hermanos por tener la paciencia y confianza en mí y por estar allí en mis procesos de formación como profesional.

**Jhon Emer Basto Peñaranda**

## **Agradecimientos**

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Al Ingeniero de Minas y Metalurgia Orlando Antequera Stand por su apoyo, colaboración y por transmitirnos sus conocimientos y experiencias valiosas en la Ingeniería de Minas.

A la Universidad Francisco de Paula Santander que me abrió sus puertas para estudiar ingeniería de Minas, a los profesores del programa de Ingeniería de Minas por su calidad humana y porque siempre están dispuestos a aportar sus conocimientos al desarrollo de la carrera.

A mis compañeros con los cuales tuve la fortuna de compartir clases y aprender muchas enseñanzas de cada uno.

## Contenido

	<b>pág.</b>
Resumen	xxv
Abstract	xxvi
Introducción	27
1. Descripción Del Problema	28
1.1 Planteamiento Del Problema	28
1.2 Formulación Del Problema	28
1.3 Sistematización Del Problema	29
1.4 Objetivos	29
1.4.1 Objetivo general	29
1.4.2 Objetivos específicos	29
1.5 Justificación Teórica	30
1.5.1 Justificación metodológica	30
1.5.2 Justificación práctica	30
1.6 Alcance Y Limitaciones	31
1.6.1 Alcance	31
1.6.2 Limitaciones	31
1.7 Delimitaciones	31
1.7.1 Delimitación espacial	31
1.7.2 Delimitación temporal	32
1.7.3 Delimitación conceptual	32
2. Marco Referencial	34
2.1 Antecedentes	34



2.1.1 Antecedentes a nivel internacional	34
2.1.2 Antecedentes a nivel nacional	34
2.2 Marco Teórico	35
2.3 Marco Conceptual	36
2.4 Marco Legal	41
3. Diseño Metodológico	42
3.1 Tipo De Investigación	42
3.2 Población Y Muestra	42
3.2.1 Población	42
3.2.2 Muestra	42
3.3 Instrumentos De Recolección De Información	42
3.3.1 Fuentes primarias	42
3.3.2 Fuentes secundarias	43
3.4 Técnicas De Análisis Y Procesamiento De Datos	44
3.5 Presentación De Resultados	45
4. Enfoque Y Uso De La Guía	46
5. Entrevistas Realizadas Al Gremio Minero	47
6. Factores Evaluativos En La Iniciación Del Diseño Del Sistema Desagüe	51
6.1 Conceptos Básicos De Hidrogeología	52
6.1.1 Ciclo hidrológico del agua	52
6.1.2 Acuíferos	55
6.1.2.1 Litología de los acuíferos	61
6.1.2.2 Métodos para evaluar acuíferos	61
6.2 Climatología De La Zona	65

6.2.1 Climatología de Norte de Santander	65
6.2.2 Niveles de pluviosidad de Norte de Santander	66
6.3 Información En Superficie De La Zona Minera	68
6.3.1 Relieve de Norte de Santander	68
6.3.2 Geomorfología de superficie	69
6.4 Geología Y Movimiento Del Agua En El Subsuelo	71
6.4.1 Infiltración de agua en el suelo	72
6.4.1.1 Factores que facilitan la infiltración de agua	73
6.4.1.2 Métodos para determinar la capacidad de infiltración en suelos	74
6.4.2. Movimiento del agua en el subsuelo	75
6.4.3. Procedencia de las aguas subterráneas	76
6.4.4. Propiedades del agua subterránea	79
6.4.5. Mecanismo de almacenamiento del agua subterránea	80
6.5 Análisis De La Estratigrafía Del Área Explotación	82
6.5.1 Parámetros hidrogeológicos	82
6.5.1.1 Porosidad	82
6.5.1.2 Permeabilidad o conductividad hidráulica	84
6.5.1.3 Transmisividad	87
6.5.1.4 Gradiente hidráulico	88
6.5.2 Efectos de las fallas geológicas en el agua subterránea	88
6.5.3 Factores geo-mecánicos del macizo rocoso que inciden en medio permeable	89
6.5.4 Calculo de la porosidad y permeabilidad	93
6.5.4.1 Métodos para determinar la porosidad	93
6.5.4.2 Métodos para determinar la permeabilidad	100

7. Realización Del Diseño Del Sistema De Desagüe	106
7.1 Observación De Los Trabajos Al Interior De La Mina	100
7.2 El Desagüe según la Disposición de los Túneles de Acceso	106
7.3 Diseño Del Sistema De Desagüe En Un Inclinado	105
7.3.1 Requerimientos de energía	111
7.3.2 Recorrido del agua a evacuar en un inclinado	111
7.3.3 Determinación del caudal	107
7.3.4 Construcción de la tanquilla	115
7.3.4.1 Distancia de la tanquilla	116
7.3.4.2 Ubicación de la tanquilla	117
7.2.4.3 Capacidad de la tanquilla	118
7.3.4.5 Proceso de construcción de la tanquilla	119
7.3.4.6 Tanque sedimentador	121
7.3.5 Tubería	122
7.3.5.1 Longitud de la tubería	122
7.3.5.2 Diámetro de la tubería	123
7.3.5.3 Ubicación de la tubería	124
7.3.6 Accesorios de la tubería	126
7.3.7 Bombas	127
7.3.7.1 Principales bombas de la industria	128
7.3.7.2 Bombas centrifugas	130
7.3.7.3 Partes principales de una bomba centrifuga	131
7.3.7.4 Pasos para seleccionar una bomba centrifuga	132

7.3.7.4.1	Elaborar una figura de la disposición de bomba y tuberías	133
7.3.7.4.2	Determinar caudal de bombeo de la bomba	134
7.3.7.4.3	Altura manométrica total	134
7.3.7.4.4	Potencia hidráulica de la bomba	140
7.3.7.4.5	Determinar el NPSH disponible para una bomba	141
7.3.7.4.5.1	La cavitación en bombas de agua	143
7.3.7.4.5.2	Mejora del NPSHD y evitar problemas de cavitación	143
7.3.7.4.6	Curva característica de una bomba	145
7.3.7.5	Instalación de una bomba centrífuga	154
7.3.7.5.1	Instalación de la bomba frente del inclinado	155
7.3.7.5.2	Instalación de la bomba en una tanquilla	158
7.3.7.6	Arranque de la bomba	162
7.3.7.7	Ciclos de bombeo	162
7.3.7.8	Problemas de no elegir la bomba centrífuga correcta	164
7.3.7.9	Defectos de funcionamiento en equipos de bombeo	164
7.4	Diseño De Un Sistema De Desague A Nivel	166
7.4.1	Características del yacimiento para poder llevar el desagüe en un nivel	167
7.4.2	Localización de los puntos críticos donde incide el agua	167
7.4.3	Construcción de la tanquilla en superficie	168
7.4.4	Tubería en nivel para el desagüe	169
7.4.4.1	Diámetro de la tubería	169
7.4.4.2	Longitud de la tubería	169
7.4.4.3	Ubicación de la tubería	170
7.4.4.4	Posición de la tubería respecto al nivel	173

7.4.5 Instalación del sistema de desagüe en el nivel	174
7.5 Costos Del Sistema De Desague	175
7.5.1 Costos de desagüe en un inclinado	176
7.5.2 Costos de desagüe en un nivel	179
7.6 Mantenimiento Del Sistema De Desagüe	181
7.6.1 Mantenimiento en bombas	181
7.6.2 Mantenimiento en tuberías	181
7.6.3 Mantenimiento de tanques de sedimentación	183
7.7 Realización del plano de desagüe	185
8. Tratamiento de agua subterránea en superficie	187
8.1 Necesidades Básicas De Agua Potable E Industrial En Una Mina	187
8.2 Vertimiento Del Agua A Corrientes Naturales	188
8.3 Tanques Sedimentadores En Superficie	189
8.4 Tratamiento Del Acidez Del Agua Subterránea En Superficie	189
9. Ejemplos del manejo del sistema de desagüe en minería subterránea de carbón en Norte de Santander	192
9.1 Mina San José	193
9.1.1 Condiciones mineras	195
9.1.2 Condiciones geológicas	196
9.1.2.1 Permeabilidad del macizo rocoso	201
9.1.2.2 Ensayos de porosidad	203
9.1.2.3 Permeabilidad secundaria del macizo rocoso	211
9.1.3 Sistema de desagüe utilizado en la mina San José	213
9.1.3.1 Condición actual de agua en la mina	214

9.1.4 Equipos de bombeo utilizados en la mina San José	215
9.1.5 Análisis del sistema de bombeo	219
9.1.6 Tratamiento del agua subterránea en superficie	223
9.2 Mina La Orquídea	225
9.2.1 Condiciones mineras	228
9.2.2 Condiciones geológicas	231
9.2.2.1 Permeabilidad del macizo rocoso	233
9.2.2.2 Ensayos de porosidad	234
9.2.2.3 Permeabilidad secundaria del macizo rocoso formula Snow	239
9.2.3 Sistema de desagüe utilizado en la mina La Orquídea	240
9.2.4 Equipos de bombeo utilizados en la mina La Orquídea	241
9.2.5 Tratamiento del agua subterránea en superficie	245
9.3 Mina El Castillo	245
9.3.1 Condiciones mineras mina El Castillo	246
9.3.2 Condiciones geológicas	251
9.3.2.1 Permeabilidad del macizo rocoso mina El Castillo	257
9.3.2.2 Ensayos de porosidad mina El Castillo	261
9.3.2.3 Permeabilidad secundaria del macizo rocoso formula de Snow	265
9.3.3 Sistema de desagüe utilizado en la mina El Castillo, descripción del sistema de bombeo	267
9.3.3.1 Condición actual de agua en la mina	268
9.3.4 Equipos de bombeo utilizados en la mina el Castillo	271
9.3.4.1 Análisis del sistema de bombeo	274
9.3.5 Tratamiento del agua subterránea en superficie	275

10. Conclusiones	277
11. Recomendaciones	279
Bibliografía	281