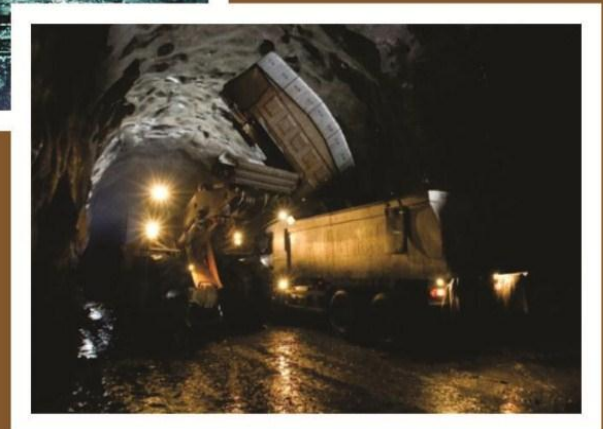
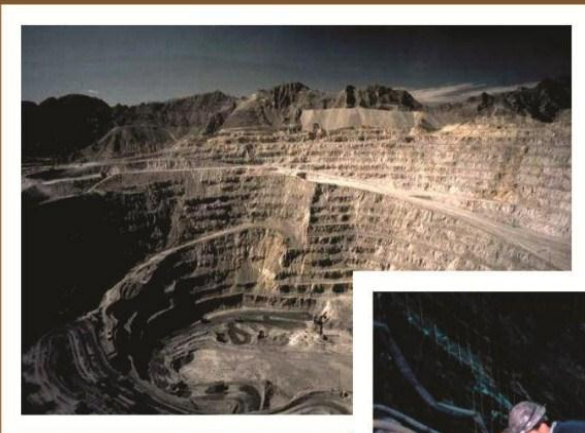


Sistemas de explotación subterránea

Marco A. Zaldumbide Verdezoto





CASA EDITORA DEL POLO

El libro da a conocer las diferentes fases y secuencias necesarias a seguir en una determinada área minera, con el fin de extraer las reservas minerales procurando tener un control adecuado de la presión rocosa como un conjunto de trabajos de preparación, corte y arranque que se ejecutan de manera consecutiva en tiempo y espacio dentro del material mineralizado y la roca encajante. La información está orientada a estudiantes de los últimos semestres o años de la carrera de ingeniería de Minas, así como también para todos los profesionales que requieran información sobre temas de minería subterránea.

ISBN: 978-9942-980-44-1



9 789942 980441

Autor.
Marco Antonio Zaldumbide Verdezoto

Sistemas de Explotación Subterránea
© Marco Antonio Zaldumbide Verdezoto

Casa Editorial del Polo - CASEDELPO CIA.LTDA.
Departamento de Edición
Calle 12, Vía a San Mateo, diagonal a la entrada a la ULEAM
CP 13182 Teléfono 05-26053240
www.casaeditoradelpolo.com – coorip@yahoo.com

Diseño gráfico: Edwin Alejandro Delgado Véliz

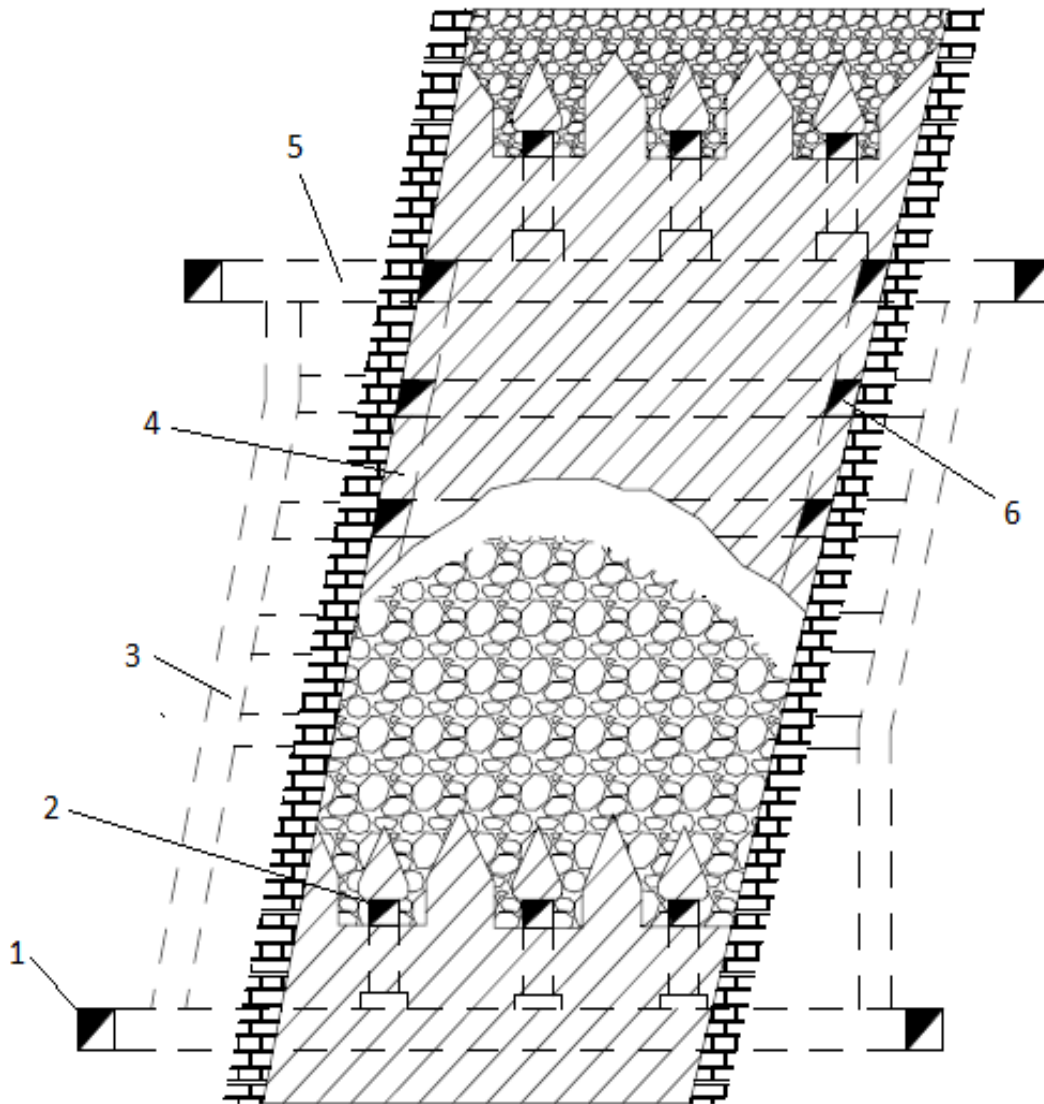
ISBN: 978-9942-980-44-1

Primera edición digital: Mayo 2016

Manta, Manabí, Ecuador.



SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEA



MARCO ANTONIO ZALDUMBIDE VERDEZOTO

PH.D. EN GEO- ECOLOGÍA Y GEO- TECNOLOGÍA (CONSTRUCCIONES CIVILES Y MINERAS)

Quito – 2015

Zaldumbide V.
Quito – Ecuador
2015

PROLOGO	6
<u>CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS DIFERENTES SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN MINERA SUBTERRÁNEA</u>	9
I. <u>SISTEMAS DE TRABAJO CON ESPACIO DE ARRANQUE ABIERTO</u>	13
1.1. <u>SISTEMAS DE TRABAJO CON ARRANQUE DE CORRIDO.-</u>	13
1.1.1. <u>VARIANTE DE ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO SIN DIVISIÓN DE LOS BLOQUES EN PISOS.-</u>	14
1.1.2. <u>VARIANTE DE ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO DIVIDIENDO A LOS BLOQUES EN PISOS.-</u>	18
1.2. <u>SISTEMAS DE TRABAJO CON DIVISIÓN DE LOS BLOQUES EN CÁMARAS Y PILARES</u>	20
1.2.1. <u>VARIANTE DE ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO MEDIANTE GRADERÍOS EN DIRECCIÓN DESDE EL PISO HACIA EL TECHO DE LAS CÁMARAS.-</u>	20
1.2.2. <u>VARIANTE DE ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO POR GRADERÍOS EN DIRECCIÓN DESDE EL TECHO HACIA EL PISO.-</u>	23
1.2.3. <u>VARIANTE DE ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO DENTRO DE LAS CÁMARAS POR CAPAS CON AYUDA DE POZOS PERFORADOS PARALELOS A LOS LADOS DE LA CÁMARA.-</u>	24
1.2.4. <u>VARIANTE DE ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO SIN DIVIDIR A LAS CÁMARAS EN GRADERÍOS.-</u>	29
1.3. <u>SISTEMAS DE ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO POR GRADERÍOS EN DIRECCIÓN DESDE EL PISO HACIA EL TECHO DE LA CÁMARA UTILIZANDO FORTIFICACIÓN</u>	31
1.3.1. <u>VARIANTE DE ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO CON UTILIZACIÓN DE PEQUEÑOS TABLEROS PARA EL ENTARIMADO Y TRASIEGO DEL MATERIAL ARRANCADO CON AYUDA DE LA FUERZA DE GRAVEDAD.-</u>	31
1.3.2. <u>VARIANTE DE ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO UTILIZANDO TABLEROS LARGOS PARA EL ENTARIMADO Y ALMACENAMIENTO TEMPORAL DEL MATERIAL ARRANCADO.-</u>	37
1.4. <u>SISTEMA DE ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO POR GRADERÍOS EN DIRECCIÓN DESDE EL TECHO HACIA EL PISO DEL BLOQUE.-</u>	39
1.5. <u>SISTEMAS DE TRABAJO CON ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO DESDE LAS GALERÍAS DE ENTREPISOS.-</u>	41
1.5.1. <u>VARIANTE DE ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO DESDE LAS GALERÍAS DE ENTREPISOS:</u>	42
1.5.2. <u>VARIANTE DE ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO DESDE LOS ANDENES DE LOS ENTREPISOS.-</u>	49
1.6. <u>SISTEMAS DE TRABAJO CON CÁMARAS Y PISOS.-</u>	53
1.6.1. <u>VARIANTE DE ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO MEDIANTE CAPAS VERTICALES.-</u>	53
1.6.2. <u>VARIANTE DE ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO MEDIANTE CAPAS HORIZONTALES.-</u>	55
II. <u>SISTEMA DE ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO Y ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE ÉSTE EN LOS FRENTE DE ARRANQUE</u>	57
2.1. <u>SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO Y QUEBRADO DEL MATERIAL MINERALIZADO DESDE LOS FRENTE DE ARRANQUE.-</u>	57
2.1.1. <u>VARIANTE DE ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO CON UBICACIÓN DEL LARGO DE LAS CÁMARAS EN DIRECCIÓN A LA EXTENSIÓN DEL YACIMIENTO DEJANDO PILARES ENTRE</u>	

ELLAS.- 57

2.1.2. <u>ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO DE LOS BLOQUES SIN DEJAR PILARES DE ENTRE CÁMARAS.-</u>	62
2.1.3. <u>ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO DE LOS PISOS MEDIANTE EL ALMACENAMIENTO DE CORRIDO.-</u>	67
2.1.4. <u>VARIANTE DE UBICACIÓN DEL LARGO DE LAS CÁMARAS EN DIRECCIÓN A LO ANCHO DEL YACIMIENTO.-</u>	70
2.2. <u>SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO Y ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO DESDE LAS GALERÍAS DE PREPARACIÓN.-</u>	73
2.2.1. <u>VARIANTE DE ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO CON AYUDA DE POZOS.-</u>	74
2.2.2. <u>VARIANTE DE ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO UTILIZANDO CÁMARAS MINADAS.-</u>	77
III. <u>SISTEMAS DE TRABAJO CON RELLENO DEL ESPACIO ARRANCADO</u>	79
3.1. <u>SISTEMA DE ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO DE CORRIDO CON ENTRADAS LARGAS Y ARRANQUE POR UNA SOLA CAPA Y RELLENO.-</u>	79
3.2. <u>SISTEMAS DE ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO POR CAPAS HORIZONTALES Y RELLENO DEL ESPACIO EXPLOTADO.-</u>	81
3.2.1. <u>VARIANTE DE ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO POR CAPAS HORIZONTALES UBICADAS EN DIRECCIÓN A LA EXTENSIÓN DEL YACIMIENTO Y POSTERIOR RELLENO DEL ESPACIO EXPLOTADO.-</u>	83
3.2.2. <u>VARIANTE DE ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO POR CAPAS HORIZONTALES Y BLOQUES CON EL LARGO DE ESTOS UBICADO EN DIRECCIÓN A LO ANCHO DEL YACIMIENTO.-</u>	86
3.3. <u>SISTEMAS DE ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO MEDIANTE CAPAS INCLINADAS Y RELLENO DEL ESPACIO EXPLOTADO.-</u>	88
3.3.1. <u>VARIANTE DE TRABAJO CON ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO POR CAPAS INCLINADAS Y CON FRENTES UBICADOS EN DIRECCIÓN A LA EXTENSIÓN DEL YACIMIENTO Y CON RELLENO DEL ESPACIO EXPLOTADO.-</u>	89
3.4. <u>SISTEMAS DE TRABAJO CON ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO POR SEPARADO Y RELLENO DEL ESPACIO EXPLOTADO CON LA ROCA ESTÉRIL ARRANCADA.-</u>	93
3.4.1. <u>VARIANTE DE ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO POR UNA SOLA CAPA Y RELLENO DEL ESPACIO EXPLOTADO CON LA ROCA ESTÉRIL.-</u>	93
3.4.2. <u>VARIANTE DE ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO POR VARIAS CAPAS Y RELLENO DEL ESPACIO EXPLOTADO CON LA ROCA ESTÉRIL.-</u>	97
IV. <u>SISTEMAS DE TRABAJO CON FORTIFICACION DE LOS FRENTES DE ARRANQUE Y RELLENO DEL ESPACIO EXPLOTADO</u>	101
4.1. <u>SISTEMAS DE TRABAJO CON FORTIFICACIÓN DE BARRAS Y RELLENO DEL ESPACIO EXPLOTADO.-</u>	101
4.1.1. <u>VARIANTE DE FORTIFICACIÓN DEL ESPACIO ABIERTO CON CUADROS Y ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO POR BLOQUES LARGOS.-</u>	102
4.1.2. <u>VARIANTE DE FORTIFICACIÓN CON CUADROS DEL ESPACIO EXPLOTADO Y ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO POR CAPAS VERTICALES.-</u>	104
4.2. <u>SISTEMAS DE TRABAJO CON FORTIFICACIÓN REFORZADA (FORTIFICACIÓN DOBLE) Y RELLENO DEL ESPACIO EXPLOTADO.-</u>	106
4.3. <u>SISTEMAS DE TRABAJO CON FORTIFICACIÓN POR CUADROS INSTALADOS DENTRO DEL MATERIAL MINERALIZADO O DENTRO DEL RELLENO.-</u>	107

4.3.1.	<u>VARIANTE DE ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO EN DIRECCIÓN DESDE EL TECHO HACIA EL PISO E INMEDIATA FORTIFICACIÓN Y RELLENO DEL ESPACIO EXPLOTADO.-</u>	107
4.4.	<u>SISTEMA DE TRABAJO Y FORTIFICACIÓN CON AYUDA DE ESCUDOS.-</u>	109
V.	<u>SISTEMAS DE TRABAJO CON HUNDIMIENTO DE LA ROCA DE LAS PAREDES SOBRE EL ESPACIO EXPLOTADO</u>	113
5.1.	<u>SISTEMA DE TRABAJO DE CORRIDO CON ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO POR UNA SOLA CAPA Y HUNDIMIENTO DE LA ROCA DEL TECHO.-</u>	113
5.2.	<u>SISTEMAS DE TRABAJO CON ENTRADAS LARGAS, ARRANQUE POR UNA SOLA CAPA DEL MATERIAL MINERALIZADO Y HUNDIMIENTO DEL TECHO (FRENTE PEQUEÑOS).-</u>	115
5.2.1.	<u>VARIANTE DE ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO CON FRENTE PEQUEÑOS Y POSTERIOR HUNDIMIENTO DE LA ROCA DEL TECHO.-</u>	116
5.2.2.	<u>VARIANTE DEL SISTEMA DE TRABAJO DE ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO CON ENTRADAS LARGAS Y FRENTE ANCHOS Y POSTERIOR HUNDIMIENTO DE LA ROCA DEL TECHO.-</u>	118
5.3.	<u>SISTEMAS DE HUNDIMIENTO DEL MATERIAL MINERALIZADO POR CAPAS.-</u>	121
5.3.1.	<u>VARIANTE DE ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO CON HUNDIMIENTO POR CAPAS Y ENTRADAS PEQUEÑAS.-</u>	123
5.3.2.	<u>VARIANTE DEL SISTEMA DE HUNDIMIENTO POR CAPAS Y ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO POR FRENTE LARGOS.-</u>	129
5.4.	<u>SISTEMAS DE HUNDIMIENTO Y ARRANQUE DEL MATERIAL MINERALIZADO POR ENTREPISOS:</u>	135
5.4.1.	<u>VARIANTE DEL SISTEMA DE HUNDIMIENTO DEL MATERIAL MINERALIZADO POR SECCIONES UTILIZANDO MATA.-</u>	137
5.4.2.	<u>VARIANTE DEL SISTEMA DE HUNDIMIENTO DEL MATERIAL MINERALIZADO POR SECCIONES SIN UTILIZACIÓN DE MATA.-</u>	139
5.4.3.	<u>VARIANTE DEL SISTEMA DE HUNDIMIENTO DEL MATERIAL MINERALIZADO POR PANELES Y ENTREPISOS CON UTILIZACIÓN DE POZOS.-</u>	145
5.5.	<u>SISTEMAS DE HUNDIMIENTO POR PISOS.-</u>	152
5.5.1.	<u>SISTEMA DE HUNDIMIENTO DEL MACIZO MINERALIZADO POR PISOS MEDIANTE EL AUTO DESPLOME.-</u>	153
5.5.2.	<u>SISTEMAS DE HUNDIMIENTO DEL MATERIAL MINERALIZADO EN LOS PISOS CON AYUDA (PERFORACIÓN Y VOLADURA).-</u>	164
5.5.2.1.	<u>VARIANTE DE HUNDIMIENTO DE LOS PISOS MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE POZOS.-</u>	165
5.5.2.2.	<u>VARIANTE DEL SISTEMA DE HUNDIMIENTO CON AYUDA DEL MATERIAL MINERALIZADO EXISTENTE DENTRO DE LOS PISOS MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE CARGAS MINADAS.-</u>	171
VI.	<u>RECUPERACION SECUNDARIA DE LOS PILARES DE SOSTENIMIENTO</u>	175
6.1.	<u>MÉTODOS DE RECUPERACIÓN SECUNDARIA DE LOS PILARES DE SOSTENIMIENTO.-</u>	178
6.1.1.	<u>RECUPERACIÓN DE LOS PILARES SOLITARIOS EN LOS SISTEMAS DE ARRANQUE DE CORRIDO.-</u>	178
6.1.2.	<u>RECUPERACIÓN DE LOS PILARES DE CORRIDO DEJADOS EN CÁMARAS SIN RELLENO.-</u>	179
6.1.2.1.	<u>HUNDIMIENTO TOTAL DE LOS PILARES DEL TECHO Y DE ENTRE CÁMARAS.-</u>	179
6.1.2.2.	<u>HUNDIMIENTO TOTAL DEL PILAR DEL TECHO Y ARRANQUE DE LOS PILARES DE ENTRE CÁMARAS POR EL MÉTODO DE HUNDIMIENTO POR ENTREPISOS.-</u>	180
6.1.2.3.	<u>RECUPERACIÓN DE LOS PILARES DE CORRIDO CUANDO LAS CÁMARAS HAN SIDO</u>	

RELLENADAS.-	181
<u>6.1.3. RECUPERACIÓN DE LOS PILARES DE ENTRE CÁMARAS MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE HUNDIMIENTO.-</u>	<u>181</u>
<u>6.2. LIQUIDACIÓN DE LOS ESPACIOS VACÍOS.-</u>	<u>183</u>
<u>VII. ELECCIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN MINERAA UTILIZARSE</u>	<u>185</u>
<u>7.1. ELECCIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN MINERA A UTILIZARSE EN FUNCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y MINERO-TÉCNICAS DEL YACIMIENTO.-</u>	<u>185</u>
<u>7.1.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL MACIZO MINERALIZADO Y DE LA ROCA ENCAJANTE.-</u>	<u>186</u>
<u>7.1.1.1. MACIZO MINERALIZADO Y ROCA ESTÉRIL ESTABLES.-</u>	<u>186</u>
<u>7.1.1.2. MACIZO MINERALIZADO ESTABLE Y ROCA ESTÉRIL INESTABLE.-</u>	<u>187</u>
<u>7.1.1.3. MACIZO MINERALIZADO INESTABLE Y ROCA ESTÉRIL ESTABLE.-</u>	<u>187</u>
<u>7.1.1.4. MACIZO MINERALIZADO Y ROCA ESTÉRIL INESTABLES.-</u>	<u>187</u>
<u>7.2. ÁNGULO DE CAÍDA Y POTENCIA DELMACIZO MINERALIZADO.-</u>	<u>187</u>
<u>7.2.1. DAÑOS EN LA ESTRATIGRAFÍA DEL MACIZO, CARACTERÍSTICAS DE FALLAMIENTO, CONTORNO DEL MACIZO MINERALIZADO Y CONTACTO ENTRE EL MACIZO Y LA ROCA ENCAJANTE.-</u>	<u>188</u>
<u>7.2.2. CONCENTRACIÓN QUÍMICA Y MINERALÓGICA DELMACIZO MINERALIZADO.-</u>	<u>189</u>
<u>7.2.3. POSIBLE DAÑO DE LA ROCA ESTÉRIL DEL TECHO Y LA SUPERFICIE; PROFUNDIDAD A LA QUE SE ENCUENTRA EL YACIMIENTO.-</u>	<u>189</u>
7.3. APLICACIONES	189
<u>BIBLIOGRAFÍA:</u>	<u>230</u>

