

ÍNDICE

1. CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Problematización:.....	1
1.2 Objetivos:	4
1.2.1 Objetivo General:	4
1.2.2 Objetivos Específicos:.....	4
1.3 Alcances:.....	4
2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1 Fundamentos de ingeniería en túneles:	6
2.1.1 Dinámica de avance de un túnel:.....	6
2.1.2 Efecto arco:.....	6
2.1.3 Deformaciones en un túnel:	7
2.1.4 Movimientos de suelo en un túnel:.....	9
2.1.5 Calculo de la curva o linea característica:	14
2.2. Estimación del sostenimiento según normativa:	15
2.3 Mecánica de fractura:.....	16
2.3.1 Mecánica de fractura lineal elástica:	16
2.4 Método de elementos finitos:	20
3. CAPITULO III. METODOLOGÍA	24
3.1 Diseño de la investigación:	24
3.2 Recolección de datos:	24
3.3 Análisis:.....	30
4. CAPITULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS	34
1.1 Características geométricas del túnel:	34
Esquema frontal de túnel:	34
Esquema lateral de túnel:	35
4.2 Características geomecánicas del túnel:.....	36
Cálculo de la tensión vertical:	38
4.3 Calculo radio plástico y desplazamiento:	39
4.4 Resultados de software ANSYS:.....	45
5. CAPITULO V: CONCLUSIONES	124
RECOMENDACIONES:	125

6. REFERENCIAS126

Índice de figuras:

Figura 2.1: Navarro Carrasco S. Ortiz Gómez R. Ruiz Marín J. (s.f.) Definición grafica del efecto arco.....	7
Figura 2.2: Sagaseta, C. (1998) Principal components of deformation of the tunnel wall.	9
Figura 2.3: Hoek E. (1999) Assumed support pressure p_i at different positions relative to the advancing tunnel face.	15
Figura 2.4: Broek, D. (1982) The Griffith criterion for fixed grips. (a. Cracked plate with fixed ends, b. Elastic energy).	17
Figura 2.5: Mallado tetraédrico en ANSYS Workbench (elaboración propia).....	21
Figura 3.1: Perri G (2012) Tabla para estimar la resistencia a la compresión uniaxial según Brown (1981).	25
Figura 3.2: Perri G (2012) Tabla para estimar los valores de la constante “mi” de la roca.	26
Figura 3.3: Perri G (2012) Tabla para estimar el índice GSI según Hoek.	27
Figura 3.4: Perri G (2012) Tabla para estimar el índice GSI según el tipo de roca.	28
Figura 3.5: Ingreso de materiales en ANSYS (Elaboración propia ANSYS Workbench 2019 R2).....	30
Figura 3.6: Modelo ejemplificado de túnel dividido en secciones en ANSYS. (Elaboración propia ANSYS Workbench 2019 R2).	31
Figura 3.7: Frente del túnel en submodelo.....	31
Figura 3.8: Sección del túnel en submodelo.....	31
Figura 3.9: Mallado de modelo ejemplificado en ANSYS (Elaboración propia ANSYS Workbench 2019 R2).	32
Figura 3.10: Solución entregada por ANSYS de los valores de deformación total del túnel (Elaboración propia ANSYS Workbench 2019 R2).....	33
Figura 4.1: Representación frontal del túnel (elaboración propia).	34
Figura 4.2: Representación lateral del túnel (elaboración propia).	35
Figura 4.3: Presión interna versus desplazamiento para granito fisurado (elaboración propia).	40
Figura 4.4: Radio plástico versus desplazamiento para profundidades de 50 a 600 (m) para granito fisurado (elaboración propia).....	40
Figura 4.5: Radio plástico y presión interna versus desplazamiento para profundidades de 50 a 400 (m) para granito fisurado (elaboración propia).	41
Figura 4.6: Radio plástico y presión interna versus desplazamiento para profundidades de 450 a 500 (m) para granito fisurado (elaboración propia).....	42
Figura 4.7: Presión interna versus desplazamiento para granito (elaboración propia)...	42
Figura 4.8: Radio plástico versus desplazamiento para profundidades de 50 a 600 (m) para granito (elaboración propia).	43

Figura 4.9: Radio plástico y presión interna versus desplazamiento para profundidades de 50 a 100m para granito (elaboración propia).....	43
Figura 4.10: Radio plástico y presión interna versus desplazamiento para profundidades de 150 a 500m para granito (elaboración propia).....	44
Figura 4.11: Vista frontal de túnel (tipo de roca: Granito) (elaboración propia).	45
Figura 4.12: Vista lateral de túnel (tipo de roca: Granito) (elaboración propia).	46
Figura 4.13: Vista frontal de túnel (tipo de roca: Granito fisurado) (elaboración propia).46	
Figura 4.14: Vista lateral de túnel (tipo de roca: Granito fisurado) (elaboración propia).46	
Figura 4.15: Modelo de túnel (tipo de roca: granito) (elaboración propia).	47
Figura 4.16: Modelo de túnel (tipo de roca: granito fisurado) (elaboración propia).	47
Figura 4.17: Modelado en ANSYS (granito fisurado sin túnel y sin fallas).	48
Figura 4.18: Modelado en ANSYS (granito fisurado con túnel y sin fallas).	49
Figura 4.19: Modelado en ANSYS (granito fisurado falla 45° perpendicular al eje del túnel (en contra buzamiento)).....	49
Figura 4.20: Modelado en ANSYS (granito fisurado falla 45° perpendicular al eje del túnel (a favor del buzamiento)).....	49
Figura 4.21: Modelado en ANSYS (granito fisurado falla inferior de 45° paralela al eje del túnel).....	50
Figura 4.22: Granito fisurado sin túnel y sin fallas modelado en ANSYS.	50
Figura 4.23: Granito fisurado con túnel y sin fallas modelado en ANSYS.	50
Figura 4.24: Granito fisurado falla 45° perpendicular al eje del túnel (en contra buzamiento) modelado en ANSYS.....	51
Figura 4.25: Granito fisurado falla 45° perpendicular al eje del túnel (a favor del buzamiento) modelado en ANSYS.....	51
Figura 4.26: Granito fisurado falla inferior de 45° paralela al eje del túnel modelado en ANSYS.	51
Figura 4.27: Deformación total para granito fisurado de los modelos sin grietas.	52
Figura 4.28: Modelado en ANSYS de tensión equivalente (granito fisurado sin túnel y sin fallas).	54
Figura 4.29: Modelado en ANSYS de tensión equivalente (granito fisurado con túnel y sin fallas).	54
Figura 4.30: Modelado en ANSYS de tensión equivalente (granito fisurado falla 45° perpendicular al eje del túnel (en contra buzamiento)).....	54
Figura 4.31: Modelado en ANSYS de tensión equivalente (granito fisurado falla 45° perpendicular al eje del túnel (a favor del buzamiento)).....	55
Figura 4.32: Modelado en ANSYS de tensión equivalente (granito fisurado falla inferior de 45° paralela al eje del túnel).....	55
Figura 4.33: Modelado en ANSYS de tensión equivalente. Granito fisurado sin túnel y sin fallas.	55
Figura 4.34: Modelado en ANSYS de tensión equivalente. Granito fisurado con túnel y sin fallas.	56
Figura 4.35: Modelado en ANSYS de tensión equivalente. Granito fisurado falla 45° perpendicular al eje del túnel (en contra buzamiento).....	56

Figura 4.36: Modelado en ANSYS de tensión equivalente. Granito fisurado falla 45° perpendicular al eje del túnel (a favor del buzamiento).	56
Figura 4.37: Modelado en ANSYS de tensión equivalente. Granito fisurado falla inferior de 45° paralela al eje del túnel.	57
Figura 4.38: Tensión equivalente para granito fisurado de los modelos sin grietas.	57
Figura 4.39: Tensión de corte para granito fisurado sin túnel y sin fallas modelado en ANSYS.	59
Figura 4.40: Tensión de corte para granito fisurado con túnel y sin fallas modelado en ANSYS.	59
Figura 4.41: Tensión de corte para granito fisurado falla 45° perpendicular al eje del túnel (en contra buzamiento) modelado en ANSYS.	60
Figura 4.42: Tensión de corte para granito fisurado falla 45° perpendicular al eje del túnel (a favor del buzamiento) modelado en ANSYS.	60
Figura 4.43: Tensión de corte para granito fisurado falla inferior de 45° paralela al eje del túnel modelado en ANSYS.	60
Figura 4.44: Tensión de corte en ANSYS para granito fisurado sin túnel y sin fallas.	61
Figura 4.45: Tensión de corte en ANSYS para granito fisurado con túnel y sin fallas.	61
Figura 4.46: Tensión de corte en ANSYS para granito fisurado falla 45° perpendicular al eje del túnel (en contra buzamiento).	61
Figura 4.47: Tensión de corte en ANSYS para granito fisurado falla 45° perpendicular al eje del túnel (a favor del buzamiento).	62
Figura 4.48: Tensión de corte en ANSYS para granito fisurado falla inferior de 45° paralela al eje del túnel.	62
Figura 4.49: Tensión de corte para granito fisurado de modelos sin grietas.	62
Figura 4.50: Modelado en ANSYS (granito sin fisurar; sin túnel y sin fallas).	65
Figura 4.51: Modelado en ANSYS (granito sin fisurar; con túnel y sin fallas).	65
Figura 4.52: Modelado en ANSYS (granito sin fisurar; falla 45° perpendicular al eje del túnel (en contra buzamiento)).	66
Figura 4.53: Modelado en ANSYS (granito sin fisurar; falla 45° perpendicular al eje del túnel (a favor del buzamiento)).	66
Figura 4.54: Modelado en ANSYS (granito sin fisurar; falla inferior de 45° paralela al eje del túnel).	66
Figura 4.55: Granito sin fisurar; sin túnel y sin fallas modelado en ANSYS.	67
Figura 4.56: Granito sin fisurar; con túnel y sin fallas modelado en ANSYS.	67
Figura 4.57: Granito sin fisurar falla 45° perpendicular al eje del túnel (en contra buzamiento) modelado en ANSYS.	67
Figura 4.58: Granito sin fisurar falla 45° perpendicular al eje del túnel (a favor del buzamiento) modelado en ANSYS.	68
Figura 4.59: Granito sin fisurar falla inferior de 45° paralela al eje del túnel modelado en ANSYS.	68
Figura 4.60: Deformación total para granito sin fisurar de modelos sin grietas.	68
Figura 4.61: Tensión Equivalente en ANSYS para granito sin fisurar de modelos sin grietas (granito sin fisurar sin túnel y sin fallas).	70

Figura 4.62: Tensión Equivalente en ANSYS para granito sin fisurar de modelos sin grietas (granito sin fisurar con túnel y sin fallas).....	70
Figura 4.63: Tensión Equivalente en ANSYS para granito sin fisurar de modelos sin grietas (granito sin fisurar falla 45° perpendicular al eje del túnel (en contra buzamiento)).	71
Figura 4.64: Tensión Equivalente en ANSYS para granito sin fisurar de modelos sin grietas (granito sin fisurar falla 45° perpendicular al eje del túnel (a favor del buzamiento)).....	71
Figura 4.65: Tensión Equivalente en ANSYS para granito sin fisurar de modelos sin grietas (granito sin fisurar falla inferior de 45° paralela al eje del túnel).	71
Figura 4.66: Tensión Equivalente en ANSYS para granito sin fisurar sin túnel y sin fallas.	72
Figura 4.67: Tensión Equivalente en ANSYS para granito sin fisurar con túnel y sin fallas.	72
Figura 4.68: Tensión Equivalente en ANSYS para granito sin fisurar falla 45° perpendicular al eje del túnel (en contra buzamiento).	72
Figura 4.69: Tensión Equivalente en ANSYS para granito sin fisurar falla 45° perpendicular al eje del túnel (a favor del buzamiento).	73
Figura 4.70: Tensión Equivalente en ANSYS para granito sin fisurar falla inferior de 45° paralela al eje del túnel.	73
Figura 4.71: Tensión Equivalente para granito sin fisurar de modelos sin grietas.....	73
Figura 4.72: Tensión de corte en ANSYS (granito sin fisurar sin túnel y sin fallas).....	75
Figura 4.73: Tensión de corte en ANSYS (granito sin fisurar con túnel y sin fallas).....	75
Figura 4.74: Tensión de corte en ANSYS (granito sin fisurar falla 45° perpendicular al eje del túnel (en contra buzamiento)).	76
Figura 4.75: Tensión de corte en ANSYS (granito sin fisurar falla 45° perpendicular al eje del túnel (a favor del buzamiento)).	76
Figura 4.76: Tensión de corte en ANSYS (granito sin fisurar falla inferior de 45° paralela al eje del túnel).	76
Figura 4.77: Tensión de corte en ANSYS para granito sin fisurar sin túnel y sin fallas. .	77
Figura 4.78: Tensión de corte en ANSYS para granito sin fisurar con túnel y sin fallas.	77
Figura 4.79: Tensión de corte en ANSYS para granito sin fisurar falla 45° perpendicular al eje del túnel (en contra buzamiento).	77
Figura 4.80: Tensión de corte en ANSYS para granito sin fisurar falla 45° perpendicular al eje del túnel (a favor del buzamiento).....	78
Figura 4.81: Tensión de corte en ANSYS para granito sin fisurar falla inferior de 45° paralela al eje del túnel.	78
Figura 4.82: Tensión de corte para granito sin fisurar de modelo sin grietas.	78
Figura 4.83: Modelo general sin grietas granito fisurado.....	82
Figura 4.84: Modelo grieta inferior derecha granito fisurado.	82
Figura 4.85: Modelo general sin grietas granito fisurado.....	83
Figura 4.86: Modelo grieta superior derecha granito fisurado.	83
Figura 4.87: Modelo general sin grietas granito fisurado.....	84

Figura 4.88: Modelo grieta inferior derecha granito fisurado.	84
Figura 4.89: Modelo general sin grietas granito sin fisurar.	85
Figura 4.90: Modelo grieta inferior derecha granito sin fisurar.	85
Figura 4.91: Modelo general sin grietas granito sin fisurar.	86
Figura 4.92: Modelo grieta inferior derecha granito sin fisurar.	86
Figura 4.93: Modelo general sin grietas granito sin fisurar.	87
Figura 4.94: Modelo grieta inferior derecha granito sin fisurar.	87
Figura 4.95: Modelo general derecho (500m; 300m y 50m respectivamente).	88
Figura 4.96: Modelo grieta inferior derecha (500m; 300m y 50m respectivamente).....	89
Figura 4.97: Modelo grieta superior derecha (500m; 300m y 50m respectivamente)....	89
Figura 4.98: Modelo general inferior (500m; 300m y 50m respectivamente).	89
Figura 4.99: Modelo inferior centro (500m; 300m y 50m respectivamente).	89
Figura 4.100: Modelo general superior (500m; 300m y 50m respectivamente).	90
Figura 4.101: Modelo grieta clave (500m; 300m y 50m respectivamente).	90
Figura 4.102: Modelo general izquierdo (500m; 300m y 50m respectivamente).....	90
Figura 4.103: Modelo grieta inferior izquierda (500m; 300m y 50m respectivamente). ...	90
Figura 4.104: Modelo grieta superior izquierda (500m; 300m y 50m respectivamente). 91	
Figura 4.105: Modelo general derecho (500m; 300m y 50m respectivamente).	92
Figura 4.106: Modelo grieta inferior derecha (500m; 300m y 50m respectivamente)....	92
Figura 4.107: Modelo grieta superior derecha (500m; 300m y 50m respectivamente)...	92
Figura 4.108: Modelo general inferior (500m; 300m y 50m respectivamente).	92
Figura 4.109: Modelo grieta inferior centro (500m; 300m y 50m respectivamente).....	93
Figura 4.110: Modelo general superior (500m; 300m y 50m respectivamente).	93
Figura 4.111: Modelo grieta clave (500m; 300m y 50m respectivamente).	93
Figura 4.112: Modelo general izquierdo (500m; 300m y 50m respectivamente).....	93
Figura 4.113: Modelo grieta inferior izquierda (500m; 300m y 50m respectivamente). ...	94
Figura 4.114: Modelo grieta superior izquierda (500m; 300m y 50m respectivamente). 94	
Figura 4.115: Modelo general derecho (500m; 300m y 50m respectivamente).	95
Figura 4.116: Modelo grieta inferior derecha (500m; 300m y 50m respectivamente)....	95
Figura 4.117: Modelo grieta superior derecha (500m; 300m y 50m respectivamente)...	95
Figura 4.118: Modelo general inferior (500m; 300m y 50m respectivamente).	95
Figura 4.119: Modelo grieta inferior centro (500m; 300m y 50m respectivamente).....	96
Figura 4.120: Modelo general superior (500m; 300m y 50m respectivamente).	96
Figura 4.121: Modelo grieta clave (500m; 300m y 50m respectivamente).	96
Figura 4.122: Modelo general izquierda (500m; 300m y 50m respectivamente).....	96
Figura 4.123: Modelo grieta inferior izquierda (500m; 300m y 50m respectivamente). ...	97
Figura 4.124: Modelo grieta superior izquierda (500m; 300m y 50m respectivamente). 97	
Figura 4.125: Tensión equivalente en modelos con grietas de mayor relevancia para granito fisurado.....	97
Figura 4.126: Modelo general derecho (500m; 300m y 50m respectivamente).	98
Figura 4.127: Modelo grieta inferior derecha (500m; 300m y 50m respectivamente)....	99
Figura 4.128: Modelo grieta superior derecha (500m; 300m y 50m respectivamente)...	99
Figura 4.129: Modelo general inferior (500m; 300m y 50m respectivamente).	99

Figura 4.130: Modelo grieta inferior centro (500m; 300m y 50m respectivamente).....	99
Figura 4.131: Modelo general superior (500m; 300m y 50m respectivamente).	100
Figura 4.132: Modelo grieta clave (500m; 300m y 50m respectivamente).	100
Figura 4.133: Modelo general izquierda (500m; 300m y 50m respectivamente).....	100
Figura 4.134: Modelo grieta inferior izquierda (500m; 300m y 50m respectivamente).	100
Figura 4.135: Modelo grieta superior izquierda (500m; 300m y 50m respectivamente).	101
Figura 4.136: Modelo general derecho (500m; 300m y 50m respectivamente).	101
Figura 4.137: Modelo grieta inferior derecha (500m; 300m y 50m respectivamente)...	101
Figura 4.138: Modelo grieta superior derecha (500m; 300m y 50m respectivamente).	101
Figura 4.139: Modelo general inferior (500m; 300m y 50m respectivamente).	102
Figura 4.140: Modelo grieta inferior centro (500m; 300m y 50m respectivamente).....	102
Figura 4.141: Modelo general superior (500m; 300m y 50m respectivamente).	102
Figura 4.142: Modelo grieta clave (500m; 300m y 50m respectivamente).	102
Figura 4.143: Modelo general izquierdo (500m; 300m y 50m respectivamente).	103
Figura 4.144: Modelo grieta inferior izquierda (500m; 300m y 50m respectivamente).	103
Figura 4.145: Modelo grieta superior izquierda (500m; 300m y 50m respectivamente).	103
Figura 4.146: Modelo general derecho (500m; 300m y 50m respectivamente).	103
Figura 4.147: Modelo grieta inferior derecha (500m; 300m y 50m respectivamente)...	104
Figura 4.148: Modelo grieta superior derecha (500m; 300m y 50m respectivamente).	104
Figura 4.149: Modelo general inferior (500m; 300m y 50m respectivamente).	104
Figura 4.150: Modelo grieta inferior centro (500m; 300m y 50m respectivamente).....	104
Figura 4.151: Modelo general superior (500m; 300m y 50m respectivamente).	105
Figura 4.152: Modelo grieta clave (500m; 300m y 50m respectivamente).	105
Figura 4.153: Modelo general izquierda (500m; 300m y 50m respectivamente).	105
Figura 4.154: Modelo grieta inferior izquierda (500m; 300m y 50m respectivamente).	105
Figura 4.155: Modelo grieta superior izquierda (500m; 300m y 50m respectivamente).	106
Figura 4.156: Tensión equivalente en modelos con grietas de mayor relevancia para granito sin fisurar.	106
Figura 4.157: Modelo general derecho (500m; 300m y 50m respectivamente).	107
Figura 4.158: Modelo grieta inferior derecha (500m; 300m y 50m respectivamente)...	108
Figura 4.159: Modelo grieta superior derecha (500m; 300m y 50m respectivamente).	108
Figura 4.160: Modelo general inferior (500m; 300m y 50m respectivamente).	108
Figura 4.161: Modelo grieta inferior centro (500m; 300m y 50m respectivamente).....	108
Figura 4.162: Modelo general superior (500m; 300m y 50m respectivamente).	109
Figura 4.163: Modelo grieta clave (500m; 300m y 50m respectivamente).	109
Figura 4.164: Modelo general izquierdo (500m; 300m y 50m respectivamente).	109
Figura 4.165: Modelo grieta inferior izquierda (500m; 300m y 50m respectivamente).	109
Figura 4.166: Modelo grieta superior izquierda (500m; 300m y 50m respectivamente).	110
Figura 4.167: Modelo general derecho (500m; 300m y 50m respectivamente).	110

Figura 4.168: Modelo grieta inferior derecha (500m; 300m y 50m respectivamente)...	110
Figura 4.169: Modelo grieta superior derecha (500m; 300m y 50m respectivamente).	110
Figura 4.170: Modelo general inferior (500m; 300m y 50m respectivamente).	111
Figura 4.171: Modelo grieta inferior centro (500m; 300m y 50m respectivamente).....	111
Figura 4.172: Modelo general superior (500m; 300m y 50m respectivamente).	111
Figura 4.173: Modelo grieta clave (500m; 300m y 50m respectivamente).	111
Figura 4.174: Modelo general izquierdo (500m; 300m y 50m respectivamente).	112
Figura 4.175: Modelo grieta inferior izquierda (500m; 300m y 50m respectivamente).	112
Figura 4.176: Modelo grieta superior izquierda (500m; 300m y 50m respectivamente).	
.....	112
Figura 4.177: Modelo general derecho (500m; 300m y 50m respectivamente).	112
Figura 4.178: Modelo grieta inferior derecha (500m; 300m y 50m respectivamente)...	113
Figura 4.179: Modelo grieta superior derecha (500m; 300m y 50m respectivamente).	113
Figura 4.180: Modelo general inferior (500m; 300m y 50m respectivamente).	113
Figura 4.181: Modelo grieta inferior centro (500m; 300m y 50m respectivamente).....	113
Figura 4.182: Modelo general superior (500m; 300m y 50m respectivamente).	114
Figura 4.183: Modelo grieta clave (500m; 300m y 50m respectivamente).	114
Figura 4.184: Modelo general izquierdo (500m; 300m y 50m respectivamente).	114
Figura 4.185: Modelo grieta inferior izquierda (500m; 300m y 50m respectivamente).	114
Figura 4.186: Modelo grieta superior izquierda (500m; 300m y 50m respectivamente).	
.....	115
Figura 4.187: Modelo general derecho (500m; 300m y 50m respectivamente).	115
Figura 4.188: Modelo grieta inferior derecha (500m; 300m y 50m respectivamente)...	115
Figura 4.189: Modelo grieta superior derecha (500m; 300m y 50m respectivamente).	115
Figura 4.190: Modelo general inferior (500m; 300m y 50m respectivamente).	116
Figura 4.191: Modelo grieta inferior centro (500m; 300m y 50m respectivamente).....	116
Figura 4.192: Modelo general superior (500m; 300m y 50m respectivamente).	116
Figura 4.193: Modelo grieta clave (500m; 300m y 50m respectivamente).	116
Figura 4.194: Modelo general izquierdo (500m; 300m y 50m respectivamente).	117
Figura 4.195: Modelo grieta inferior izquierda (500m; 300m y 50m respectivamente).	117
Figura 4.196: Modelo grieta superior izquierda (500m; 300m y 50m respectivamente).	
.....	117
Figura 4.197: Modelo general derecho (500m; 300m y 50m respectivamente).	117
Figura 4.198: Modelo grieta inferior derecha (500m; 300m y 50m respectivamente)...	118
Figura 4.199: Modelo grieta superior derecha (500m; 300m y 50m respectivamente).	118
Figura 4.200: Modelo general inferior (500m; 300m y 50m respectivamente).	118
Figura 4.201: Modelo grieta inferior centro (500m; 300m y 50m respectivamente).....	118
Figura 4.202: Modelo general superior (500m; 300m y 50m respectivamente).	119
Figura 4.203: Modelo grieta clave (500m; 300m y 50m respectivamente).	119
Figura 4.204: Modelo general izquierdo (500m; 300m y 50m respectivamente).	119
Figura 4.205: Modelo grieta inferior izquierda (500m; 300m y 50m respectivamente).	119
Figura 4.206: Modelo grieta superior izquierda (500m; 300m y 50m respectivamente).	
.....	120

Figura 4.207: Modelo general derecho (500m; 300m y 50m respectivamente).	120
Figura 4.208: Modelo grieta inferior derecha (500m; 300m y 50m respectivamente)...	120
Figura 4.209: Modelo grieta superior derecha (500m; 300m y 50m respectivamente).	120
Figura 4.210: Modelo general inferior (500m; 300m y 50m respectivamente).	121
Figura 4.211: Modelo grieta inferior centro (500m; 300m y 50m respectivamente).....	121
Figura 4.212: Modelo general superior (500m; 300m y 50m respectivamente).	121
Figura 4.213: Modelo grieta clave (500m; 300m y 50m respectivamente).	121
Figura 4.214: Modelo general izquierdo (500m; 300m y 50m respectivamente).....	121
Figura 4.215: Modelo grieta inferior izquierda (500m; 300m y 50m respectivamente).	122
Figura 4.216: Modelo grieta superior izquierda (500m; 300m y 50m respectivamente).	122
Figura 4.217: Tensión de corte en modelos con grietas de mayor relevancia para granito fisurado.	122
Figura 4.218: Tensión de corte en modelos con grietas de mayor relevancia para granito sin fisurar.....	123

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 4.1: Características geotécnicas (Roca: granito fisurado):	36
Tabla 4.2: Características geotécnicas (Roca: granito sin fisurar):	36
Tabla 4.3: Parámetros para caracterización geomecánica del túnel en granito fisurado:	37
Tabla 4.4: Parámetros para caracterización geomecánica del túnel en granito sin fisurar:	37
Tabla 4.5: Tensión vertical para granito fracturado para cada sección del túnel:.....	38
Tabla 4.6: Tensión vertical para granito sin fisurar para cada sección del túnel:	39
Tabla 4.7: Valores máximos de los parámetros evaluados para granito fisurado:	64
Tabla 4.8: Valores máximos de los parámetros evaluados para granito sin fisurar:.....	80