

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Estudio geológico - geotécnico en el diseño del
túnel vial Ollachea Juliaca - Puno 2021**

Joseph Cristhian Ríos Hurtado
John Fabio Pinto Rivera

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Arequipa, 2022

ÍNDICE DE CONTENIDO

ASESOR	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DEDICATORIA	iv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.2.1 Problema general.....	2
1.2.2 Problemas específicos	3
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.3.1 Objetivo general	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.5 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.5.1 Hipótesis general.....	3
1.5.2 Hipótesis específicas	4
1.6 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	4
1.6.1 Variable independiente.....	4
1.6.2 Variable dependiente.....	4
1.7 OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES	5
1.8 DELIMITACIONES	6
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	8
2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	8
2.1.1 Antecedentes Internacionales	8
2.1.2 Antecedentes nacionales	9
2.1.3 Antecedentes Locales	10
2.2 GENERALIDADES.....	11
2.2.1 Ubicación del proyecto.....	11

2.2.2	Geología del proyecto	13
2.2.3	Geología regional	13
2.2.3.1	Formación Sandía.....	15
2.2.3.2	Formación Ananea	16
2.2.3.3	Grupo Mitu.....	16
2.2.3.4	Unidades Intrusivas	16
2.2.4	Geología local	16
2.2.4.1	Formación Sandía.....	16
2.2.4.2	Formación Ananea	17
2.3	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	17
2.3.1	Dominios tectónicos.....	17
2.3.2	Geología estructural del cerro Ollachea	19
2.4	Hidrogeología del cerro Ollachea	20
2.4.1	Comportamiento Hidrogeológico.....	20
2.5	CARACTERÍSTICA CONSTRUCTIVA.....	21
2.5.1	Zonas críticas.....	21
2.6	PERFORACIÓN DIAMANTINA EN EL TÚNEL OLLACHEA	27
2.6.1	Resultados de los sondajes del túnel Ollachea	27
2.7	BASE TEÓRICA	30
2.7.1	Geología	30
2.7.2	Geotecnia.....	30
2.7.3	Sondeos geotécnicos	30
2.7.4	Mapeo geomecánico.....	31
2.7.5	Sectorización geomecánica	31
2.7.6	Cartografía geológica	31
2.7.7	Clasificación geomecánica RMR de Bieniawski	31
2.7.8	Sistema de clasificación Q de Barton.....	32
2.7.9	Índice de calidad de Roca RQD	32
2.7.10	Logueo de Sondajes	32
2.7.11	La Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas o ISRM 1978.....	33
2.8	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	33
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		35
3.1	MÉTODO Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN	35
3.1.1	Método de investigación científico	35

3.2	ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN	35
3.2.1	Tipo de investigación	35
3.2.2	Nivel de investigación.....	35
3.3	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	35
3.4	POBLACIÓN Y MUESTRA	36
3.4.1	Población.....	36
3.4.2	Muestra.....	36
3.5	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	36
3.5.1	Técnicas utilizadas en la recolección de datos	36
3.5.2	Instrumentos utilizados en la recolección de datos	36
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES		37
4.1	SECTORIZACIÓN GEO MECÁNICA EN ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN	37
4.1.1	Tramo N°1, Pk 231+705 a PK 231+757	37
4.1.2	Tramo N°2, Pk 231+757 a PK 231+810	38
4.1.3	Tramo N°3, Pk 231+810 a PK 231+947	41
4.1.4	Tramo N°4, Pk 231+947 a PK 231+955	44
4.1.5	Tramo N°5, Pk 231+955 a PK 232+030	46
4.1.6	Tramo N°6, Pk 232+030 a PK 232+080	49
4.1.7	Tramo N°7, Pk 232+080 a PK 232+085	52
4.1.8	Tramo N°8, Pk 232+085 a PK 232+135	55
4.1.9	Tramo N°9, Pk 232+135 a PK 232+235	58
4.1.10	Tramo N°10, Pk 232+235 a PK 232+247	62
4.1.11	Tramo N°11, Pk 232+247 a PK 232+255	65
4.1.12	Tramo N°12, Pk 232+255 a PK 232+265	67
4.1.13	Tramo N°13, Pk 232+265 a PK 232+273	70
4.1.14	Tramo N°14, Pk 232+273 a PK 232+320	73
4.1.15	Tramo N°15, Pk 232+320 a PK 232+330	76
4.1.16	Tramo N°16, Pk 232+330 a PK 232+355	79
4.1.17	Tramo N°17, Pk 232+355 a PK 232+365	82
4.1.18	Tramo N°18, Pk 232+365 a PK 232+576	85
4.1.19	Tramo N°19, Pk 232+576 a PK 232+595	88
4.2	CALIBRACIÓN Y COMPARACIÓN GEOMECÁNICA.....	90
4.3	COMPARACIÓN GEOMECÁNICA DE INGENIERÍA VS CONSTRUCCIÓN	92
4.3.1	GEOMECÁNICA	92

4.4	VALIDACIÓN GEOMECÁNICA DE EQUILIBRIO DE CARGA VOLUMÉTRICA	92
4.4.1	Estación de monitoreo N°1, Pk 231+800 – Unidad Volcánica, Andesita	93
4.4.2	Estación de monitoreo N°2, Pk 231+920 – Unidad Volcánica, Andesita	96
4.4.3	Estación de monitoreo N°3, Pk 232+050 – Unidad Volcánica, Andesita	100
4.4.4	Estación de monitoreo N°4, Pk 232+220 – Formación Sandía, Areniscas cuarzosas	103
4.4.5	Estación de monitoreo N°5, Pk 232+380 – Formación Ananea, Areniscas cuarcitas	106
4.4.6	Estación de monitoreo N°6, Pk 232+500 – Formación Ananea, Areniscas cuarcitas	109
	DISCUSIONES	113
	CONCLUSIONES	114
	RECOMENDACIONES	115
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
	ANEXOS.....	119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Operacionalización de variables	5
Tabla 2.	Coordenadas UTM WGS 84 (Túnel Vial Ollachea).....	6
Tabla 3.	Formación Geología regional departamento de Puno.....	15
Tabla 4.	Dominios geotécnicos del departamento de Puno	17
Tabla 5.	Comportamiento hidrogeológico túnel Ollachea.....	21
Tabla 6.	Zonas críticas Ollachea - Carabaya	22
Tabla 7.	Sondajes Geológicos.....	27
Tabla 8.	Consideración del ISRM 1978.....	33
Tabla 9.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 231+757 – 231+810.....	38
Tabla 10.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 231+757 – 231+810.....	39
Tabla 11.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 231+757 – 231+810.....	39
Tabla 12.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 231+810 – 231+947.....	41
Tabla 13.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 231+810 – 231+947.....	41
Tabla 14.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 231+810 – 231+947.....	42
Tabla 15.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 231+810 – 231+947.....	42
Tabla 16.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 231+947 – 231+955.....	44
Tabla 17.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 231+947 – 231+955.....	44
Tabla 18.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 231+955 – 232+030.....	46
Tabla 19.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 231+955 – 232+030.....	46
Tabla 20.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 231+955 – 232+030.....	47
Tabla 21.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 231+955 – 232+030.....	47
Tabla 22.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+030 – 232+080.....	49
Tabla 23.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+030 – 232+080.....	50
Tabla 24.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+030 – 232+080.....	50
Tabla 25.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+030 – 232+080.....	50
Tabla 26.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+080 – 232+085.....	52
Tabla 27.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+080 – 232+085.....	53
Tabla 28.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+085 – 232+135.....	55
Tabla 29.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+085 – 232+135.....	55
Tabla 30.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+085 – 232+135.....	56
Tabla 31.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+085 – 232+135.....	56
Tabla 32.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+085 – 232+135.....	56
Tabla 33.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+135 – 232+235.....	58

Tabla 34.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+135 – 232+235.....	59
Tabla 35.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+135 – 232+235.....	59
Tabla 36.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+135 – 232+235.....	60
Tabla 37.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+135 – 232+235.....	60
Tabla 38.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+235 – 232+247.....	62
Tabla 39.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+235 – 232+247.....	63
Tabla 40.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+247 – 232+255.....	65
Tabla 41.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+247 – 232+255.....	65
Tabla 42.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+255 – 232+265.....	67
Tabla 43.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+255 – 232+265.....	67
Tabla 44.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+255 – 232+265.....	68
Tabla 45.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+255 – 232+265.....	68
Tabla 46.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+265 – 232+273.....	70
Tabla 47.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+265 – 232+273.....	71
Tabla 48.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+273 – 232+320.....	73
Tabla 49.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+273 – 232+320.....	73
Tabla 50.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+273 – 232+320.....	74
Tabla 51.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+273 – 232+320.....	74
Tabla 52.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+320 – 232+330.....	76
Tabla 53.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+320 – 232+330.....	77
Tabla 54.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+330 – 232+355.....	79
Tabla 55.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+330 – 232+355.....	79
Tabla 56.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+330 – 232+355.....	80
Tabla 57.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+330 – 232+355.....	80
Tabla 58.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+355 – 232+365.....	82
Tabla 59.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+355 – 232+365.....	83
Tabla 60.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+365 – 232+576.....	85
Tabla 61.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+365 – 232+576.....	85
Tabla 62.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+365 – 232+576.....	86
Tabla 63.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+365 – 232+576.....	86
Tabla 64.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+576 – 232+595.....	88
Tabla 65.	Registro de mapeo Geomecánico en campo 232+576 – 232+595.....	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Coordenadas UTM WGS 84 del Proyecto Túnel Ollachea.	6
Figura 2.	Ubicación del proyecto Túnel Ollachea	12
Figura 3.	Geología regional departamento de Puno.....	14
Figura 4.	Dominios geotécnicos del Perú.	18
Figura 5.	Geología estructural del Cerro Ollachea.....	19
Figura 6.	Perforaciones hidrogeológicas Cerro Ollachea.....	20
Figura 7.	Sector Moyopampa Ollachea – Carabaya.....	23
Figura 8.	Sector Michinichi Ollachea – Carabaya.	24
Figura 9.	Zonas Críticas Cerro Ollachea 01 “Ollachea – Carabaya”.	25
Figura 10.	Zonas Críticas Cerro Ollachea 02 “Ollachea – Carabaya”.	26
Figura 11.	Perfil longitudinal Sondaje O-21.....	27
Figura 12.	Perfil longitudinal Sondaje O-22.....	28
Figura 13.	Perfil longitudinal Sondaje O-23.....	28
Figura 14.	Perfil longitudinal Sondaje O-24.....	29
Figura 15.	Perfil longitudinal Sondaje O-25.....	29
Figura 16.	Procedimiento de obtención y evaluación.....	32
Figura 17.	Planta Topográfica 231+757 – 231+810.....	40
Figura 18.	Perfil Geológico 231+757 – 231+810.....	40
Figura 19.	Planta Topográfica 231+810 – 231+947.....	43
Figura 20.	Perfil Geológico 231+810 – 231+947.....	43
Figura 21.	Planta Topográfica 231+947 – 231+955.....	45
Figura 22.	Perfil Geológico 231+947 – 231+955.....	45
Figura 23.	Planta Topográfica 231+955 – 232+030.....	48
Figura 24.	Perfil Geológico 231+955 – 232+030.....	48
Figura 25.	Planta Topográfica 232+030 – 232+080.....	51
Figura 26.	Perfil Geológico 232+030 – 232+080.....	51
Figura 27.	Planta Topográfica 232+080 – 232+085.....	53
Figura 28.	Perfil Geológico 232+080 – 232+085.....	54
Figura 29.	Planta Topográfica 232+085 – 232+135.....	57
Figura 30.	Perfil Geológico 232+085 – 232+135.....	57
Figura 31.	Planta Topográfica 232+135 – 232+235.....	61
Figura 32.	Perfil Geológico 232+135 – 232+235.....	61
Figura 33.	Planta Topográfica 232+235 – 232+247.....	63

Figura 34.	Perfil Geológico 232+235 – 232+247.	64
Figura 35.	Planta Topográfica 232+247 – 232+255.	66
Figura 36.	Perfil Geológico 232+247 – 232+255.	66
Figura 37.	Planta Topográfica 232+255 – 232+265.	69
Figura 38.	Perfil Geológico 232+255 – 232+265.	69
Figura 39.	Planta Topográfica 232+265 – 232+273.	71
Figura 40.	Perfil Geológico 232+265 – 232+273.	72
Figura 41.	Planta Topográfica 232+273 – 232+320.	75
Figura 42.	Perfil Geológico 232+273 – 232+320.	75
Figura 43.	Planta Topográfica 232+320 – 232+330.	77
Figura 44.	Perfil Geológico 232+320 – 232+330.	78
Figura 45.	Planta Topográfica 232+330 – 232+355.	81
Figura 46.	Perfil Geológico 232+330 – 232+355.	81
Figura 47.	Planta Topográfica 232+355 – 232+365.	83
Figura 48.	Perfil Geológico 232+355 – 232+365.	84
Figura 49.	Perfil Geológico 232+355 – 232+365.	87
Figura 50.	Planta Topográfica 232+576 – 232+595.	89
Figura 51.	Perfil Geológico 232+576 – 232+595.	89
Figura 52.	Calibración y comparación Geomecánica.	91
Figura 53.	Modelo etapa constructiva.	93
Figura 54.	Distribución de fuerzas.	93
Figura 55.	Modelo etapa constructiva.	94
Figura 56.	Distribución de fuerzas.	94
Figura 57.	Comparación de distribución de fuerzas “SIN SOSTENIMIENTO” – “CON SOSTENIMIENTO”.....	95
Figura 58.	Modelo etapa constructiva.	96
Figura 59.	Distribución de fuerzas.	97
Figura 60.	Modelo etapa constructiva.	97
Figura 61.	Distribución de fuerzas.	98
Figura 62.	Comparación de distribución de fuerzas “SIN SOSTENIMIENTO” – “CON SOSTENIMIENTO “.....	98
Figura 63.	Modelo etapa constructiva.	100
Figura 64.	Distribución de fuerzas.	100
Figura 65.	Modelo etapa constructiva.	101
Figura 66.	Distribución de fuerzas.	101

Figura 67.	Comparación de distribución de fuerzas “SIN SOSTENIMIENTO” – “CON SOSTENIMIENTO”.....	102
Figura 68.	Modelo etapa constructiva.....	103
Figura 69.	Distribución de fuerzas.....	104
Figura 70.	Modelo etapa constructiva.....	104
Figura 71.	Distribución de fuerzas.....	104
Figura 72.	Comparación de distribución de fuerzas “SIN SOSTENIMIENTO” – “CON SOSTENIMIENTO”.....	105
Figura 73.	Modelo etapa constructiva.....	106
Figura 74.	Distribución de fuerzas.....	107
Figura 75.	Modelo etapa constructiva.....	107
Figura 76.	Distribución de fuerzas.....	107
Figura 77.	Comparación de distribución de fuerzas “SIN SOSTENIMIENTO” – “CON SOSTENIMIENTO”.....	108
Figura 78.	Modelo etapa constructiva.....	109
Figura 79.	Distribución de fuerzas.....	110
Figura 80.	Modelo etapa constructiva.....	110
Figura 81.	Distribución de fuerzas.....	110
Figura 82.	Comparación de distribución de fuerzas “SIN SOSTENIMIENTO” – “CON SOSTENIMIENTO”.....	111

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1.	Entrada del Túnel “Ollachea”	7
Fotografía 2.	Salida del Túnel “Ollachea”	7
Fotografía 3.	Km. 231+757 – 231+810 “Ollachea”	7
Fotografía 4.	Km. 232+085 – 232+135 “Ollachea”	7
Fotografía 5.	Km. 231+757 – 231+810 “Ollachea”	13
Fotografía 6.	Entrada de túnel Cerro “Ollachea”.	38

RESUMEN

La investigación está ubicada en el cerro Ollachea, colindando con los distritos de Ollachea y Chichacori, pertenecientes a la jurisdicción de Carabaya, Puno. Siendo así que iniciará en el portal de entrada del Túnel del km. 231 + 700 al km. 232 + 605 portal de salida, está constituido geológicamente por sedimentos cuaternarios. Estos a su vez están compuestos por materiales de origen fluvio glaciar. Siendo en esta edificación uno de los problemas que se presenta al atravesarse por diferentes sectores y condiciones geológicas - geotécnicas distintas y su peculiaridad, así mismo esta investigación consiste en caracterizar geomecánicamente el cerro Ollachea por tratarse de una zona crítica e inestable. Donde se realizaron estudios in situ caracterizando geomecánicamente los macizos rocosos con la clasificación del RQD y RMR “Bieniawsky” de Buena a Muy Mala con los valores 100 - 0 del tipo de roca de I – VI. en dicha investigación, se presentan las calidades geotécnicas en un 11 % de roca Buena “II”, un 27.1 % de roca Regular “III”, un 40% de roca Regular “IV”, un 36.30 % de roca Mala “V” y un 29.74% de roca Muy Mala “VI”. Los resultados de la calidad por tramos muestran que el macizo rocoso varía su calidad de Buena a Muy Mala según RMR “Bieniawsky”, esta caracterización permitió identificar los 19 sectores correspondientes a los 906 m. del túnel con el fin de plantear un buen diseño para la ejecución de este.

Palabras clave: Geografía, Topografía

ABSTRACT

The investigation is located on the Ollachea hill, bordering near the districts of the area, Ollachea and Chichacori, belonging to the jurisdiction of Carabaya, Puno. Thus, it began at the entrance portal of the Tunnel of km. 231 + 700 to km 232 + 605 exit portal, is geologically constituted by Quaternary sediments. These in turn are composed of materials of fluvio-glacial origin. Being in this building one of the problems that arises when going through different sectors and different geological - geotechnical conditions and its peculiarity, likewise this research consists of geomechanically characterizing the Ollachea hill because it is a critical and unstable zone. Where in situ studies were carried out geomechanically characterizing the rock masses with the classification of the RQD and RMR "Bieniawsky" from Good to Very Bad with the values 100 - 0 of the type of rock from I - VI. In said investigation, the geotechnical qualities are presented in 11% of Good rock "II", 27.1% of Regular rock "III", 40% of Regular rock "IV", 36.30% of Bad rock "V" and 29.74% Very Bad rock "VI". The results of the quality by sections show that the rock mass varies its quality from Good to Very Bad according to RMR "Bieniawsky", this characterization allowed to identify the 19 sectors corresponding to 906 m. of the tunnel in order to propose a good design for its execution.

Keywords: Geography, Topography