

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

---

**Diseño geotécnico de un túnel mediante el método RMR en el km 61 de la  
carretera Trujillo - Otuzco.**

---

Línea de Investigación: Ingeniería Civil

Sub línea de investigación: Geotecnia

**Autores:**

Chipana De La Torre, Cristian André

Orbegoso Durand, Erick Gianpool

**Jurado evaluador:**

**Presidente:** Lujan Silva, Enrique

**Secretario:** Hurtado Zamora, Oswaldo

**Vocal:** Gálvez Paredes, José

**Asesor:**

Merino Martínez, Marcelo Edmundo

**Código Orcid:** <https://orcid.org/0000-0003-4733-4959>

**TRUJILLO - PERÚ**

**2023**

Fecha de Sustentación: 2023 / 07 / 22



**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

---

**Diseño geotécnico de un túnel mediante el método RMR en el km 61 de la  
carretera Trujillo - Otuzco.**

---

Línea de Investigación: Ingeniería Civil

Sub línea de Investigación: Geotecnia

**Autores:**

Chipana De La Torre, Cristian André

Orbegoso Durand, Erick Gianpool

**Jurado evaluador:**

**Presidente:** Lujan Silva, Enrique

**Secretario:** Hurtado Zamora, Oswaldo

**Vocal:** Gálvez Paredes, José

**Asesor:**

Merino Martínez, Marcelo Edmundo

**Código Orcid:** <https://orcid.org/0000-0003-4733-4959>

**TRUJILLO - PERÚ**

**2023**

Fecha de Sustentación: 2023 / 07 / 22

## Diseño geotécnico de un túnel mediante el método RMR en el km 61 de la carretera Trujillo - Otuzco.

---

### INFORME DE ORIGINALIDAD

---

0%

INDICE DE SIMILITUD

0%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

---

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 1%

ing. Merino Martinez Marcelo



### Declaración de originalidad

Yo, Marcelo Edmundo Merino Martínez, docente del Programa de Estudio de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada "Diseño geotécnico de un túnel mediante el método RMR en el km 61 de la carretera Trujillo - Otuzco", autores Chipana De La Torre Cristian Andre y Orbegoso Durand Erick Gianpool, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 0%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el (19 de julio del 2023).
- He revisado con detalle dicho reporte y la tesis, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.


Lugar y fecha: Trujillo - 19/07/2023



.....  
Chipana De La Torre, Cristian Andre  
DNI: 70466576



.....  
Orbegoso Durand, Erick Gianpool  
DNI: 74384630



.....  
Merino Martínez Marcelo Edmundo  
DNI: 17983739  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4733-4959>

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mi querida madre Ena Norma por haberme apoyado durante el transcurso de mi carrera profesional, pues ella siempre estuvo perseverando en mí, por ser mi fuente de motivación e inspiración en la realización de este objetivo tan importante en mi vida profesional.

**CHIPANA DE LATORRE CRISTIAN ANDRÉ**

A mis padres Evert Orbegoso y Mery Durand, así como a mi hermana Ericka Orbegoso quienes me acompañaron y apoyaron incondicionalmente, siendo mi principal motivación para lograr este objetivo.

A mis abuelos Roberto Durand y Angela Delgado, que desde el cielo disfrutan este nuevo logro.

A mi abuela Soledad Sánchez por el apoyo brindado.

**ORBEGOSO DURAND ERICK GIANPOOL**

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestros padres que han sido las principales motivaciones para el cumplimiento de este objetivo tan importante para nuestra vida profesional.

Damos las gracias al Ing. Marcelo Merino Martínez por su asesoría, acompañamiento en nuestra investigación de tesis, por habernos brindado su enseñanza académica, reconocemos que usted fue una pieza, un baluarte con sus indicaciones para obtener satisfactoriamente este objetivo.

Al Laboratorio de Geotecnia “**GECONSAC**”, particularmente al ingeniero Jorge Quipuzcoa Urdanivia por los servicios y prestación de sus instalaciones para la realización de los ensayos en rocas y también al ingeniero Luis Salazar por su asesoría, consejos y por la transmisión de sus enseñanzas en base a su amplia experiencia en la rama de la ingeniería de túneles que fueron aprovechados para concretar nuestra investigación.

A la ingeniera Milagritos del Pilar Ramírez Vílchez por sus enseñanzas brindadas en el análisis geomecánico teórico y computarizado durante el desarrollo de la tesis, además por aportar con su experiencia en técnicas de recopilación de datos geológicos.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene la finalidad de estimar los parámetros geotécnicos y elaborar el diseño geotécnico de un túnel en el Km 61 de la carretera Trujillo – Otuzco, con la metodología de diseño RMR de Bieniawski. Para llevar a cabo dicho diseño se utilizó parámetros geotécnicos y ensayos en rocas.

La metodología empleada en esta investigación inicia con el compendio de información de los ensayos de laboratorio, obteniendo valores en los parámetros geotécnicos, realizados en el Laboratorio de Geotecnia “**GECONSAC**”.

Estos datos se distinguen en los parámetros de valores según la metodología RMR, previamente, se elaboró un plano topográfico de la zona de estudio mediante el software “**ARC GIS**”.

Esta tesis pretende contribuir un mejor conocimiento del estado en que se encuentra el macizo rocoso en estudio mediante los parámetros geotécnicos que caracterizan a las rocas. Esta iniciativa de un estudio geotécnico de la zona en investigación, nos brinda los medios de ser más frecuentes con la ingeniería de túneles en el departamento de La Libertad. Por otro lado, se aportará la geomecánica del macizo roco que ayudará a tener un reconocimiento preliminar de este, que podrá ser aprovechado para el entorno futuro.

<< Palabras Claves >> RMR de Bieniawski, Arc Gis y geotecnia.

## ABSTRACT

The purpose of this investigation article is to define the geotechnical parameters and develop the geotechnical design of a tunnel at 61 Km of the Trujillo – Otuzco highway by the Bieniawski's RMR design methodology. Geotechnical parameters and rock tests were used to carry out the design.

The methodology employed in this research begins with the compendium of information of the laboratory tests, obtaining values in the geotechnical parameters, carried out in the Geotechnical Laboratory "**GECONSAC**".

These data are distinguished in the parameters of values according to the RMR methodology, previously, make a topographic plan of the study area is done by the "**ARC GIS**" software.

This investigation purpose is to contribute to a better understanding of the state of the rock mass under study through the geotechnical parameters that characterize the rocks. This initiative of a geotechnical study of the area under investigation, gives us the means to be more frequent with tunnel engineering in the department of La Libertad. On the other hand, the geomechanics of the rock mass will be provided, which will aid to have a preliminary recognition of it, which can be used for the future environment.

<< Keywords >> Bieniawski's RMR, Arc Gis and Geotechnical.

w

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

De conformidad y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el reglamento de Grados y títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego (UPAO) y el reglamento interno de la Escuela profesional de Ingeniería Civil, se presenta a su disposición el presente trabajo de suficiencia profesional titulado: **“DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN EL KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO.”**, con la finalidad de cumplir los requisitos para optar con el **TÍTULO PROFESIONAL de INGENIERO CIVIL**.

Este trabajo de investigación pretende abordar la posibilidad de un túnel con los parámetros geotécnicos y estado de las rocas que frecuentemente se realizan a partir de pruebas de campo y ensayos de laboratorio, además de la elaboración de un diseño geotécnico mediante la metodología RMR.

En el marco abordado los valores numéricos de los ensayos realizados a las rocas extraídas, son una herramienta lógica para estimar los valores de los parámetros geotécnicos en la metodología RMR de Bieniawski. De manera analógica la geomecánica de rocas nos brinda la posibilidad de analizar al macizo rocoso y a las muestras extraídas de este para la investigación.

En conclusión, esta investigación analizará mediante los parámetros geotécnicos de la metodología RMR de Bieniawski, la posibilidad del diseño geotécnico de un túnel. De igual manera con la Geomecánica de rocas, la cual servirá para obtener un mejor conocimiento del estado en que se encuentran el macizo rocoso y las muestras de rocas extraídas de este mismo.

## INDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>vi</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>vii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>ix</b>
<b>PRESENTACIÓN.....</b>	<b>x</b>
<b>INDICE GENERAL.....</b>	<b>xi</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>xiii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>xvi</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Problema de investigación .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Objetivos .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Justificación del estudio .....</b>	<b>3</b>
<b>II. MARCO DE REFERENCIA.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Antecedentes del estudio .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Marco teórico.....</b>	<b>7</b>
<b>2.3. Marco conceptual.....</b>	<b>52</b>
<b>2.4. Sistema de hipótesis.....</b>	<b>54</b>
<b>2.5. Variables e indicadores .....</b>	<b>54</b>
<b>III. METODOLOGÍA EMPLEADA.....</b>	<b>56</b>
<b>3.1. Tipo y nivel de investigación .....</b>	<b>56</b>
<b>3.2. Población y muestra de estudio .....</b>	<b>56</b>
<b>3.3. Diseño de investigación .....</b>	<b>56</b>
<b>3.4. Técnicas e instrumentos de investigación .....</b>	<b>57</b>
<b>3.5. Procesamiento y análisis de datos.....</b>	<b>57</b>
<b>IV. PRESENTACION DE RESULTADOS.....</b>	<b>59</b>
<b>4.1. Propuesta de investigación.....</b>	<b>59</b>
<b>4.2. Análisis e interpretación de resultados .....</b>	<b>59</b>
<b>4.3. Docimasia de hipótesis .....</b>	<b>155</b>

<b>V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....</b>	<b>156</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>163</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>166</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>167</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>168</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Parámetros de clasificación de resistencia de la matriz rocosa .....	19
<b>Tabla 2</b> Clasificación del RQD del macizo rocoso .....	22
<b>Tabla 3</b> Puntuación del macizo rocoso según el RQD .....	22
<b>Tabla 4</b> Puntuación del macizo rocoso según la separación entre discontinuidades.....	23
<b>Tabla 5:</b> Puntuación del macizo rocoso según la persistencia.....	28
<b>Tabla 6</b> Puntuación del macizo rocoso según la abertura .....	29
<b>Tabla 7</b> Puntuación del macizo rocoso según la rugosidad .....	31
<b>Tabla 8</b> Puntuación del macizo rocoso según el relleno .....	33
<b>Tabla 9</b> Puntuación del macizo rocoso según la alteración .....	34
<b>Tabla 10</b> Grados de filtración de agua freática .....	35
<b>Tabla 11</b> Puntuación del macizo rocoso según la presencia de agua freática	36
<b>Tabla 12</b> Parámetros de orientación de las discontinuidades en el túnel .....	40
<b>Tabla 13</b> Puntuación del macizo rocoso según la corrección por orientación de las discontinuidades .....	41
<b>Tabla 14:</b> Clasificación del macizo rocoso según el método RMR .....	42
<b>Tabla 15:</b> Tabla de operacionalización de variable independiente .....	54
<b>Tabla 16:</b> Tabla de operacionalización de variable dependiente .....	55
<b>Tabla 17:</b> Tabla de técnicas e instrumentos de investigación.....	57
<b>Tabla 18</b> Resistencia de la matriz rocosa – RMR 1 .....	60
<b>Tabla 19</b> Ensayo de carga puntual – RMR 1 .....	61
<b>Tabla 20</b> Ensayo de compresión simple – RMR 1 .....	61
<b>Tabla 21</b> Cálculo del RQD – RMR 1 .....	62
<b>Tabla 22</b> Puntuación del RQD – RMR 1 .....	62
<b>Tabla 23</b> Separación de discontinuidades – RMR 1 .....	63
<b>Tabla 24</b> Puntuación de la separación de discontinuidades – RMR 1 .....	63
<b>Tabla 25</b> <i>Persistencia – RMR 1</i> .....	64
<b>Tabla 26</b> Abertura – RMR 1 .....	65
<b>Tabla 27</b> Rugosidad – RMR 1 .....	65
<b>Tabla 28</b> Leyenda de valores de rugosidad – RMR 1 .....	65
<b>Tabla 29</b> Relleno – RMR 1 .....	66
<b>Tabla 30</b> Leyenda de valores de relleno – RMR 1 .....	66
<b>Tabla 31</b> Alteración – RMR 1 .....	67
<b>Tabla 32</b> Leyenda de valores de alteración – RMR 1 .....	68
<b>Tabla 33</b> Puntuación del estado de las discontinuidades – RMR 1 .....	69
<b>Tabla 34</b> Puntuación según el agua freática – RMR 1 .....	70
<b>Tabla 35</b> Orientación de las discontinuidades – RMR 1 .....	71
<b>Tabla 36</b> Dirección perpendicular al eje del túnel – RMR 1 .....	73
<b>Tabla 37</b> Corrección por orientación de las discontinuidades – RMR 1 .....	73
<b>Tabla 38</b> Clasificación geomecánica RMR 1.....	74
<b>Tabla 39</b> Resistencia de la matriz rocosa - RMR 2.....	78
<b>Tabla 40</b> Ensayo de carga puntual - RMR 2.....	78
<b>Tabla 41</b> Ensayo de compresión simple - RMR 2.....	79
<b>Tabla 42</b> Cálculo del RQD – RMR 2 .....	80
<b>Tabla 43</b> Puntuación del RQD – RMR 2 .....	80
<b>Tabla 44</b> Separación de discontinuidades – RMR 2 .....	81
<b>Tabla 45</b> Puntuación de separación de discontinuidades – RMR 2.....	81
<b>Tabla 46</b> Puntuación de la separación de discontinuidades – RMR 2.....	82

<b>Tabla 47</b>	Abertura – RMR 2 .....	82
<b>Tabla 48</b>	Rugosidad – RMR 2 .....	83
<b>Tabla 49</b>	Leyenda de valores de rugosidad – RMR 2 .....	83
<b>Tabla 50</b>	Relleno – RMR 2 .....	84
<b>Tabla 51</b>	Leyenda de valores de relleno – RMR 2 .....	84
<b>Tabla 52</b>	Alteración – RMR 2 .....	85
<b>Tabla 53</b>	Leyenda de valores de alteración – RMR 2 .....	85
<b>Tabla 54</b>	Puntuación del estado de las discontinuidades – RMR 2 .....	86
<b>Tabla 55</b>	Puntuación según el agua freática – RMR 2 .....	87
<b>Tabla 56</b>	Orientación de las discontinuidades – RMR 2 .....	88
<b>Tabla 57</b>	Dirección perpendicular al eje del túnel – RMR 2 .....	90
<b>Tabla 58</b>	Corrección por orientación de las discontinuidades – RMR 2 .....	90
<b>Tabla 59</b>	Clasificación geomecánica RMR 2 .....	91
<b>Tabla 60</b>	Resistencia a la matriz rocosa - RMR 3 .....	94
<b>Tabla 61</b>	Ensayo de carga puntual – RMR 3 .....	94
<b>Tabla 62</b>	Ensayo de compresión simple – RMR 3 .....	95
<b>Tabla 63</b>	Cálculo del RQD – RMR 3 .....	96
<b>Tabla 64</b>	Puntuación del RQD – RMR 3 .....	96
<b>Tabla 65</b>	Separación de discontinuidades – RMR 3 .....	97
<b>Tabla 66</b>	Puntuación de la separación de discontinuidades – RMR 3 .....	98
<b>Tabla 67</b>	Persistencia – RMR 3 .....	98
<b>Tabla 68</b>	Abertura – RMR 3 .....	99
<b>Tabla 69</b>	Rugosidad – RMR 3 .....	99
<b>Tabla 70</b>	Leyenda de valores de rugosidad – RMR 3 .....	100
<b>Tabla 71</b>	Leyenda de valores de relleno – RMR 3 .....	101
<b>Tabla 72</b>	Leyenda de valores de relleno – RMR 3 .....	101
<b>Tabla 73</b>	Alteración – RMR 3 .....	102
<b>Tabla 74</b>	Leyenda de valores de alteración – RMR 3 .....	102
<b>Tabla 75</b>	Puntuación del estado de las discontinuidades – RMR 3 .....	103
<b>Tabla 76</b>	Puntuación según el agua freática – RMR 3 .....	104
<b>Tabla 77</b>	Orientación de las discontinuidades – RMR 3 .....	105
<b>Tabla 78</b>	Dirección perpendicular al eje del túnel – RMR 3 .....	107
<b>Tabla 79</b>	Corrección por orientación de las discontinuidades – RMR 3 .....	107
<b>Tabla 80</b>	Clasificación geomecánica RMR 3 .....	108
<b>Tabla 81</b>	Resistencia de la matriz rocosa - RMR 4 .....	111
<b>Tabla 82</b>	Ensayo de carga puntual – RMR 4 .....	111
<b>Tabla 83</b>	Ensayo de compresión simple – RMR 4 .....	112
<b>Tabla 84</b>	Cálculo del RQD – RMR 4 .....	113
<b>Tabla 85</b>	Puntuación del RQD – RMR 4 .....	113
<b>Tabla 86</b>	Separación de discontinuidades – RMR 4 .....	114
<b>Tabla 87</b>	Puntuación de la separación de discontinuidades – RMR 4 .....	115
<b>Tabla 88</b>	Persistencia – RMR 4 .....	115
<b>Tabla 89</b>	Abertura – RMR 4 .....	116
<b>Tabla 90</b>	Rugosidad – RMR 4 .....	116
<b>Tabla 91</b>	Leyenda de valores de rugosidad – RMR 4 .....	116
<b>Tabla 92</b>	Relleno – RMR 4 .....	117
<b>Tabla 93</b>	Leyenda de valores de relleno – RMR 4 .....	118
<b>Tabla 94</b>	Alteración – RMR 4 .....	118
<b>Tabla 95</b>	Leyenda de valores de alteración – RMR 4 .....	119
<b>Tabla 96</b>	Puntuación del estado de las discontinuidades – RMR 4 .....	120

<b>Tabla 97</b>	Puntuación según el agua freática – RMR 4 .....	121
<b>Tabla 98</b>	Orientación de las discontinuidades – RMR 4 .....	122
<b>Tabla 99</b>	Dirección perpendicular al eje del túnel – RMR 4 .....	124
<b>Tabla 100</b>	Corrección por orientación de las discontinuidades – RMR 4.....	124
<b>Tabla 101</b>	Clasificación geomecánica RMR 4.....	125
<b>Tabla 102</b>	Clasificación geomecánica RMR 5.....	128
<b>Tabla 103</b>	Ensayo de carga puntual – RMR 5 .....	128
<b>Tabla 104</b>	Ensayo de compresión simple – RMR 5 .....	129
<b>Tabla 105</b>	Cálculo del RQD – RMR 5 .....	130
<b>Tabla 106</b>	Puntuación del RQD – RMR 5 .....	130
<b>Tabla 107</b>	Separación de discontinuidades – RMR 5 .....	131
<b>Tabla 108</b>	Puntuación de la separación de discontinuidades – RMR 5 .....	132
<b>Tabla 109</b>	Persistencia – RMR 5 .....	132
<b>Tabla 110</b>	Abertura – RMR 5 .....	133
<b>Tabla 111</b>	Rugosidad – RMR 5.....	133
<b>Tabla 112</b>	Leyenda de valores de rugosidad – RMR 5 .....	134
<b>Tabla 113</b>	Relleno – RMR 5.....	134
<b>Tabla 114</b>	Leyenda de valores de relleno – RMR 5 .....	135
<b>Tabla 115</b>	Alteración – RMR 5 .....	135
<b>Tabla 116</b>	Leyenda de valores de alteración – RMR 5 .....	136
<b>Tabla 117</b>	Puntuación del estado de las discontinuidades – RMR 5 .....	137
<b>Tabla 118</b>	Puntuación según el agua freática – RMR 5.....	138
<b>Tabla 119</b>	Orientación de las discontinuidades – RMR 5 .....	139
<b>Tabla 120</b>	Dirección perpendicular al eje del túnel – RMR 5 .....	141
<b>Tabla 121</b>	Corrección por orientación de las discontinuidades – RMR 5.....	141
<b>Tabla 122</b>	Clasificación geomecánica RMR 5.....	142
<b>Tabla 123</b>	Origen del macizo rocoso .....	145
<b>Tabla 124</b>	Tipos de rocas .....	146
<b>Tabla 125</b>	Clasificación de las rocas.....	146
<b>Tabla 126</b>	Textura de rocas .....	147
<b>Tabla 127</b>	Composición mineralógica .....	148
<b>Tabla 128</b>	Composición y rangos químicos .....	148
<b>Tabla 129</b>	Isotropía y anisotropía.....	149
<b>Tabla 130</b>	Densidad y peso específico .....	149
<b>Tabla 131</b>	Porosidad.....	150
<b>Tabla 132</b>	Adsorción y absorción de agua.....	150
<b>Tabla 133</b>	Desorción de agua .....	151
<b>Tabla 134</b>	Valor de la Resistencia a la compresión simple.....	151
<b>Tabla 135</b>	Dureza .....	152
<b>Tabla 136</b>	Expansión térmica.....	153

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Etapas de diseño y construcción de un túnel .....	13
<b>Figura 2</b>	Tabla de valores de la resistencia a la compresión de testigos de macizo rocoso .....	19
<b>Figura 3</b>	Fórmula de cálculo del RQD .....	21
<b>Figura 4</b>	Persistencia continua (A).....	24
<b>Figura 5</b>	Persistencia continua (B).....	24
<b>Figura 6</b>	Persistencia discontinua (D).....	25
<b>Figura 7</b>	Persistencia discontinua (E) .....	25
<b>Figura 8</b>	Persistencia discontinua (F) .....	26
<b>Figura 9</b>	Persistencia discontinua (G).....	26
<b>Figura 10</b>	Apertura.....	29
<b>Figura 11</b>	Rugosidad .....	31
<b>Figura 12</b>	Rellenos .....	32
<b>Figura 13</b>	Rellenos en desplazamientos.....	32
<b>Figura 14</b>	Medida de la dirección de buzamiento .....	37
<b>Figura 15</b>	Carta geológica nacional .....	38
<b>Figura 16</b>	Carta geológica nacional .....	38
<b>Figura 17</b>	Trazado del túnel.....	39
<b>Figura 18</b>	Excavación del túnel.....	39
<b>Figura 19</b>	Perfil topográfico.....	60
<b>Figura 20</b>	Gráfico estadístico de rugosidad - muestra 1 .....	66
<b>Figura 21</b>	Gráfico estadístico de relleno .....	67
<b>Figura 22</b>	Gráfico estadístico de alteración – muestra 1 .....	68
<b>Figura 23</b>	Gráfico estadístico de la dirección perpendicular al eje del túnel – muestra 1 .....	71
<b>Figura 24</b>	Plano estratigráfico de la muestra 1 .....	72
<b>Figura 25</b>	Gráfico estadístico de rugosidad - muestra 2 .....	83
<b>Figura 26</b>	Gráfico estadístico de relleno - muestra 2 .....	84
<b>Figura 27</b>	Gráfico estadístico de alteración – muestra 2 .....	85
<b>Figura 28</b>	Gráfico estadístico de la dirección perpendicular al eje del túnel – muestra 2 .....	88
<b>Figura 29</b>	Plano estratigráfico de la muestra 2 .....	89
<b>Figura 30</b>	Gráfico estadístico de rugosidad – muestra 3 .....	100
<b>Figura 31</b>	Gráfico estadístico de relleno – muestra 3 .....	101
<b>Figura 32</b>	Gráfico estadístico de alteración – muestra 3 .....	102
<b>Figura 33</b>	Gráfico estadístico de la dirección perpendicular al eje del túnel – muestra 3 .....	105
<b>Figura 34</b>	Plano estratigráfico de la muestra 3 .....	106
<b>Figura 35</b>	Gráfico estadístico de rugosidad – muestra 4 .....	117
<b>Figura 36</b>	Gráfico estadístico de relleno – muestra 4 .....	118
<b>Figura 37</b>	Gráfico estadístico de alteración – muestra 4 .....	119
<b>Figura 38</b>	Gráfico estadístico de la dirección perpendicular al eje del túnel – muestra 4 .....	122
<b>Figura 39</b>	Plano estratigráfico de la muestra 4 .....	123
<b>Figura 40</b>	Gráfico estadístico de rugosidad – muestra 5 .....	134
<b>Figura 41</b>	Gráfico estadístico de relleno – muestra 5 .....	135
<b>Figura 42</b>	Gráfico estadístico de alteración – muestra 5 .....	136
<b>Figura 43</b>	Gráfico estadístico de la dirección perpendicular al eje del túnel –	

muestra 5 .....	139
<b>Figura 44</b> Plano estratigráfico de la muestra 5 .....	140

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Problema de investigación

#### 1.1.1. Realidad problemática

En toda Ingeniería, se requiere información de datos adecuados para un diseño consistente. Esta información es obtenida por cálculos, ensayos de campo, de laboratorio, muestras, imágenes y demás. No obstante, en el campo de la geotecnia los datos son obtenidos por medio del terreno natural, a su vez este terreno es toda una incertidumbre. Por esta razón, tenemos la posibilidad de estar expuestos a errores puntuales, ya sea por procedimiento u otros aspectos. La geomecánica de rocas, así mismo la metodología RMR pueden ayudar en disminuir las incertidumbres y poder tener una consistencia en el diseño geotécnico.

La investigación de apreciar las condiciones del macizo rocoso se ha designado caracterización del área. Es por ello, que la investigación del macizo rocoso otorga datos específicos sobre las propiedades geomecánicas de estas, además de su composición geológica, su resistencia a la compresión mediante ensayos de evaluación y propiedades físicas. Los resultados se utilizan para conocer el comportamiento geotécnico de la roca del suelo. En un túnel, es el terreno el que prevalece, por ello es importante determinar la resistencia de la roca del macizo rocoso. El seguimiento de un estudio en el macizo rocoso se caracteriza en términos geotécnicos de:

- ❖ El número de muestras.
- ❖ El ensayo de carga puntual y compresión simple.
- ❖ El RQD de la muestra extraída.
- ❖ La persistencia, abertura, rugosidad, relleno, alteración.
- ❖ El estado general del macizo rocoso.
- ❖ La orientación, buzamiento y la corrección por orientación.
- ❖ La clasificación del macizo rocoso según el RMR.

Simultáneamente, la ingeniería de túneles crece poco a poco en Perú con el uso de métodos geotécnicos que abarca la ingeniería geotécnica, esta proporcionado técnicas ya empleadas al requerimiento de las prácticas geotécnicas.

Adicionalmente, el procedimiento frecuente es tomar datos de forma IN SITU. Fuentes como la carta nacional geológica, nos brinda la posibilidad de conocer a grandes rasgos el terreno estudiado. Por otra parte, herramientas como un software para complementar la investigación tenemos a Rocscience disp que nos posibilita analizar el grado de buzamiento y la dirección perpendicular al eje del túnel.

Debido a que en el Perú aún son pocas las investigaciones sobre túneles, en sector vial al diseñar un medio de transporte en la mayoría de casos se contempla infraestructuras de concreto armado como puentes o estructuras como un pavimento asfáltico. Teniendo en cuenta ello y usando las metodologías geotécnicas con el propósito de publicar esta tesis, damos a conocer nuestra investigación de un diseño geotécnico de túnel con los conocimientos geomecánicos de las rocas y parámetros geotécnicos. Teniendo como argumentos los datos de los ensayos IN SITU y de laboratorio, la cual se analizará para obtener los valores numéricos en los parámetros de la metodología RMR. Para concluir, con el diseño geotécnico.

### **1.1.2. Enunciado del problema**

¿Es posible realizar mediante la metodología RMR el diseño geotécnico de un túnel en el Km 61 de la carretera Trujillo – Otuzco?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Realizar el diseño geotécnico de un túnel en el tramo del kilómetro 61 de la carretera Trujillo – Otuzco, mediante la metodología RMR.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- ❖ Realizar la clasificación de rocas en el macizo rocoso de estudio.
- ❖ Realizar el análisis geomecánico de nuestras muestras de rocas extraídas del macizo rocoso.
- ❖ Realizar el diseño geotécnico del túnel con la metodología RMR.
- ❖ Elaborar un plano con la topografía y análisis geológico del macizo rocoso.

### **1.3 Justificación del estudio**

#### **1.3.1. Justificación académica**

El presente proyecto de investigación se justifica académicamente, debido a que contribuye a un mejor conocimiento del estado en que se encuentra el macizo rocoso en estudio mediante los parámetros geotécnicos que caracterizan a las rocas. Es por esa razón que la aplicación de los conocimientos adquiridos en geología, túneles y mecánica de rocas son vitales, pues nos permite mostrar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera y durante la elaboración de la investigación presentada.

#### **1.3.2. Justificación Teórica**

El proyecto de investigación propuesto busca, a través de la aplicación teórica y ensayos de mecánica de rocas, proporcionar la posibilidad de un diseño geotécnico de túnel en el macizo rocoso en estudio mediante los parámetros geotécnicos determinados en los ensayos de laboratorio de los estudios de rocas, lo cual es de suma importancia para poder concretar el diseño geotécnico.

#### **1.3.3. Justificación Social**

El presente proyecto de investigación se justifica socialmente por proporcionar un estudio geomecánico del macizo rocoso en estudio, que favorecerá a entidades estatales como privadas y para fines académicos (Gobiernos Regionales, Alcaldías, Constructoras Privadas, Estudiantes, etc.). Así obtendrán información sobre las características geomecánicas de la zona de estudio, que además sirve de referencia para zonas aledañas. De ese modo, se tendrá conocimiento previo del macizo rocoso en estudio para proyectos de construcción.

#### **1.3.4. Justificación técnica**

Este proyecto de investigación se justifica técnicamente por pretender aportar un mejor conocimiento de la geomecánica de rocas de la zona de estudio, los que servirán para emplearse junto con los parámetros geotécnicos usados para el diseño geotécnico de túnel, a través de ensayos IN SITU y de laboratorio.



## II. MARCO DE REFERENCIA

### 2.1 Antecedentes del estudio

#### Internacional

Según el autor (Ortega, 2018), en su Tesis “Estudio geotécnico y geomecánico para el diseño del túnel principal de la mina polveros, empresa green mine ltda, maripí – boyacá, colombia”. tiene como objetivo realizar un estudio geotécnico y geomecánico para poder diseñar un túnel en la mina Polveros de la localidad de Maripí – Boyacá y, además, evaluar el impacto que genera en el desarrollo minero del Municipio de Maripí. El autor de esta investigación concluyó el impacto positivo que generó el proyecto en la región debido a que se sensibilizó a los pobladores sobre los riesgos que sufren ante un cambio de estado tensional de la roca. Además, resalta la importancia de realizar un mapeo geomecánico el cual le permitió demostrar lo importante que son en el diseño de estructuras mineras y civiles. Por último, el análisis de las discontinuidades determinó la existencia de tres familias dentro del análisis estereográfico y junto a otros factores, ubicó a la roca en el rango de buena. Este antecedente resalta la importancia de los estudios geotécnico y geomecánico previo a la realización de un túnel.

De igual modo, (Arias & Diaz, 2016), en su Tesis “Diseño y construcción de túneles de ladera: Colombia” tienen como objetivo analizar las metodologías a emplear, sus ventajas y desventajas, los factores a tener en cuenta durante el proceso constructivo, con la finalidad de elaborar una guía metodológica técnica para el diseño y construcción de túneles de ladera especialmente en depósitos y rocas meteorizadas en el país de Colombia. Los autores de la investigación destacan que en su país se vengán realizando este tipo de proyectos en los cuales tienen en cuenta la condición de conexión de las vías existentes, el cambio en la velocidad de diseño, las condiciones geográficas del sector y otros factores referentes al diseño del túnel. Por otro lado, este tipo de estructura está sometido a esfuerzos que se ven influenciados por factores como la actividad tectónica, la erosión y el estado del suelo.

También, la investigación de (Monroy & Rodríguez, 2016), en su tesis “Estado del conocimiento de los procesos constructivos en proyectos tuneleros dentro del contexto colombiano” comunica que Colombia tiene la necesidad de crear túneles para acortar los tiempos de viajes en las zonas montañosas. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es analizar los métodos existentes para la construcción de un túnel y evaluar las características de su diseño, sus procesos constructivos y la tecnología empleada durante su construcción. Finalmente, los autores concluyen que la mayoría de túneles del país fue construido bajo la metodología N.A.T.M. teniendo en cuenta la geología del país y resalta la importancia de la realización de estudios geológicos y geotécnicos para tener un diseño óptimo.

### **Nacional**

Por otra parte, el autor (Mamani, 2022), en su Tesis “Evaluación geotécnica según los métodos RMR y Q de Barton en la construcción del túnel trasandino en el distrito de San Bartolomé - Lima”. Tiene como finalidad evaluar el comportamiento geotécnico del macizo rocoso de las zonas de entrada y salida del túnel que pasa por el distrito de San Bartolomé, para esto aplico los métodos RMR y Q de Barton. Además, la utilización de estos métodos le permitió determinar el sostenimiento y las discontinuidades de mayor impacto que inciden en la estabilidad del túnel. El autor concluye (aplicando el método Q de Barton) que el macizo rocoso en los puntos de entrada y salida del túnel tiene una clasificación de roca mala. En segundo lugar, las discontinuidades que afectaron la calidad del macizo rocoso son el grado de fracturamiento y el grado de alteración, ambos originados por las condiciones climatológicas de la zona como por ejemplo la lluvia, deslizamientos y otros eventos. Finalmente, utilizando el método RMR y Q de Barton determinan que se debe utilizar un sistema de pernos de 4 m en el primer punto del túnel, y en el segundo punto un soporte de concreto armado de 5 a 10 cm en los hastiales con un sistema de pernos de 4 – 5 m. de longitud. Este antecedente nos permite confirmar la importancia de los ensayos triaxiales para obtener datos que nos permitan realizar modelamientos.

Así mismo, (Castillo, 2021), en su Tesis “Estudio geotécnico para el diseño del túnel dos de la vía evitamiento - Huánuco”. Tiene como finalidad diseñar un túnel para la carretera de Cerro de Pasco a Tingo María, realizando previamente un estudio geotécnico. Además, durante el desarrollo de la investigación se realizaron levantamientos geológicos a la zona de estudio y se realizó un modelamiento geotécnico del túnel presentado como solución. Finalmente, el autor califica el macizo rocoso como Tipo III y IV, y como esquisto micáceo según litología. La presente tesis nos aporta en cómo desarrollar un estudio geotécnico de las rocas para emplear los datos en el diseño de un túnel.

Finalmente tenemos estudios de (Córdova, 2017), en su Tesis “Estudio geológico – geotécnico para la aplicación del método NATM en la excavación y sostenimiento del túnel Wayrasencca del corredor vial interoceánico sur, Perú – Brasil” tiene como propósito realizar un estudio geológico – geotécnico para posteriormente aplicar el método NATM en la excavación y sostenimiento del túnel Wayrasencca, considerando que el diseño cambia según el tipo de material que conforman las secciones del tramo longitudinal del túnel. La importancia de esta investigación radica en la realización del estudio geológico – geotécnico debido a que permiten realizar un diseño que brinde seguridad y garantice la estabilidad del macizo rocoso. La autora concluye que la aplicación del método NATM permite realizar un diseño seguro ya que diferencia los tipos de materiales (suelo y roca) permitiendo conocer bajo qué condiciones se trabajaran para tomar las contingencias que se requieren.

### **Local**

No se presenta antecedentes.

## **2.2 Marco teórico**

### **2.2.1. Túneles**

Un túnel es una obra de infraestructura que tiene como finalidad conectar dos extremos separados por algún obstáculo geográfico, esta infraestructura tiene como principal objetivo mejorar la comunicación en zonas urbanas o rurales. La construcción de un túnel está vinculado a distintos escenarios, por ejemplo, mejorar el paso de vehículos en las montañas sin necesidad de rodearla o subirla por su superficie, con la principal intención de facilitar la transitabilidad de cualquier vehículo de transporte como camiones, trenes, bicicletas, etc.

La construcción de un túnel requiere de un minucioso análisis para determinar su viabilidad, dado que cada uno presenta diferentes características físicas, al igual que las características geológicas del terreno sobre el cual se erigen.

#### **2.2.1.1. Tipos de túneles:**

Según el Manual de Carreteras, túneles, muros y obras complementarias, los túneles se pueden clasificar de la siguiente manera:

##### **1. Por el tipo de material:**

- **En roca:**

Son aquellos cuyo material predominante está constituido por rocas, y que para su excavación requiere el uso de un sistema de perforación y voladura y/o excavación mecánica (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016, pág. 33).

- **En suelos:**

Son aquellos cuyo material predominante está constituido por suelos y que para su ejecución se requiere excavación mecánica y elementos de sostenimiento (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016, pág. 33).

- **Artificiales:**

Conocidos como falso túnel. Estructura, por lo general de concreto armado, que se construye a cielo abierto luego de

cortar el terreno y que posteriormente se recubre con material de relleno (propio o de préstamo), (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016, pág. 33).

Generalmente la construcción de este tipo de túneles se debe a que representa un menor costo y el plazo de ejecución es menor, además se pueden combinar piezas prefabricadas con elementos in situ.

## **2. Por la cantidad de Tubo de Circulación:**

- **Único:**

Túnel con un solo tubo de circulación, que puede ser en uno o dos sentidos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016, pág. 34).

- **Gemelos**

Túnel con dos tubos de circulación, que están emplazados uno al costado del otro, con conexiones entre sí (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016, pág. 34).

- **Múltiples:**

Túnel con más de dos tubos de circulación (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016, pág. 34).

## **3. Por el tipo de sección:**

- **Rectangular**

- **Circular**

- **Herradura** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016, pág. 34)

### **2.2.1.2. Partes de un túnel:**

Las partes que constituyen a un túnel convencional son 3, y éstas son:

- **Bóveda:** Es la parte superior del túnel,

generalmente son de sección circular.

- **Hastiales:** Son los muros laterales que se encuentran en el interior de un túnel.
- **Contra bóveda:** Es la parte inferior de un túnel, se construye en tramos donde el terreno no está en óptimas condiciones, para esto se apoya o ancla en la base de los hastiales.

### 2.2.1.3. Sección transversal:

Para el diseño de un túnel se deben evaluar diversos factores como el ancho y gálibo necesarios para una correcta circulación vehicular, de ser necesario la instalación de ductos, drenajes y equipamientos.

#### 1. Ancho de plataforma:

Para diseñar el ancho de plataforma del túnel se debe considerar que el número de carriles sea el mismo que el tramo previo al ingreso del túnel. Sin embargo, se debe considerar el tipo de vía, flujo de tránsito y el nivel de servicio de la vía.

El Manual de Carreteras señala que el ancho mínimo de los carriles es usualmente 3.60 m, lo cuál se debe tener en cuenta durante el diseño del ancho de plataforma. Sin embargo, este ancho mínimo puede variar siempre y cuando se justifique técnicamente.

Los túneles de carretera generalmente tienen dos carriles y en ciertas circunstancias tres. Si fueran necesarios cuatro carriles es preferible la opción de dos túneles paralelos de dos carriles cada uno, ya que las dificultades constructivas crecen aproximadamente con el cuadrado del ancho del túnel. Los tres carriles se utilizan en túneles unidireccionales con mucho tráfico (en áreas urbanas), o en túneles bidireccionales con rampa superior a un 3%, y con un carril para vehículos lentos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016, pág. 38).

## **2. Gálibo:**

Se le denomina así al arco del túnel que determina los anchos y altos máximos de la cavidad de tal forma que impida alguna colisión vehicular.

El Manual de Carreteras: túneles, muros y obras complementaria indica que el gálibo mínimo es de 5.50 m. Además, la altura del túnel debe ser mayor para poder colocar los equipamientos de iluminación, sistema contra incendio y ventilación.

## **3. Ancho en veredas:**

Para determinar el ancho de veredas de un túnel debemos tener en cuenta si es para una zona urbana o rural debido a que las medidas mínimas varían según sea el caso. Por ejemplo, el ancho mínimo de una vereda ubicada en una zona urbana, accesible para el peatón, tendrá un mínimo de 1.50 m. Por otro lado, en túneles rurales la medida mínima es de 75 cm.

El sardinel (bordillo) puede ser rebasable o no. En general la tendencia actual es hacia los sardineles rebasables, de altura no mayor de 20 cm, para reducir el efecto pared, permitir un sobreancho en caso de vehículos averiados o distracción del conductor y también para permitir la circulación de los vehículos de mantenimiento del túnel (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016, pág. 41).

#### **4. Instalaciones:**

Comprende la colocación de iluminación, ventilación o sistemas de seguridad contra incendio, se ubican en la parte superior del túnel por lo cual se deben tener en consideración durante el diseño, a pesar de no conocer con exactitud las dimensiones, por lo cual es mejor aproximar una amplia sección.

Si se trata de ventilación longitudinal se debe dejar espacio suficiente en la clave para los ventiladores, teniendo en cuenta que su diámetro puede llegar hasta 1.50 m; con ventilación transversal o semitransversal debe disponerse de un falso techo y una sección suficiente para los caudales de aire fresco y viciado que se requieran (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016, pág. 41).

Además, se realiza la instalación de luminarias las cuales van por encima del gálibo, mientras que los cableados van por la contra bóveda o adheridas al hastial.

#### **2.2.1.4 Riesgos geotécnicos en túneles:**

En la actualidad los túneles han ido incrementado, ya sea túneles en zonas urbanas (metros) o de forma subterránea, etc. lo que no deja duda es que esta infraestructura de transporte público es la más concurrida y solicitada por los usuarios de cada nación.

Y es por ello, que no está demás de aclarar que el comportamiento de un macizo rocoso es totalmente distinto al de un suelo. y dicha diferencia acarrea una serie de características las cuales constituyen una serie de riesgos.

#### **1. Comportamiento geomecánico de la sección**

En este tipo de obras viales, es decir, un túnel nos encontramos una inmensa variedad de circunstancias producto de un comportamiento geo estático que resulta distinto a la presencia de unas características geotécnicas del área de excavación.



En otras palabras, un macizo rocoso, en el tiempo de transcurre una excavación, tiende a sufrir una notoria modificación de su equilibrio natural. es por ello, que el terreno está doblgado a un espacio tensional, que producto de la excavación sufre un desarrollo nuevo de equilibrio que se refleja en una redistribución de los esfuerzos en toda el área del alrededor de la zona de excavación.

Entonces, en el espacio tensional ocurren una progresión de sucesos que causarían un gran potencial de inestabilidad a causa de factores condicionantes.

“... Los factores que predisponen a un desprendimiento de roca se conocen como factores condicionantes. los factores condicionantes necesarios son el gradiente hipsométrico y el material competente en el que haya discontinuidades ...” (Gutiérrez, 2015, p.337).

## **2. Caracterización geomecánica de los macizos rocosos**

El punto de inicio, para desarrollar un túnel es tener en cuenta las características del terreno que va a sufrir la excavación. y todo ello está amalgamado con los diversos estudios geológicos que se van a realizar para la construcción de una obra de esta repercusión. para ello, hay que tener en cuenta que estudios y parámetros de diseño y construcción hay que tener para un túnel excavado en roca.

**Figura 1**  
*Etapas de diseño y construcción de un túnel*

<b>Etapas de diseño y construcción de un túnel</b>
Recolección de literatura y datos previos disponibles
Estudios de fotografías aéreas
Reconocimiento geológico de la superficie
Investigación geofísica
Perforación diamantina
Calicatas, trincheras, túneles y piques exploratorios
Ensayos In Situ
Ensayos de laboratorio
Ensayos de modelos a escala completa
Construcción
Monitoreo post-construcción y de performance

**Nota. En esta tabla 1, se muestra los pasos a seguir para un diseño y construcción de un túnel.**

**Fuente:** III Conferencia internacional Esvial – consideraciones para el diseño y construcción de túneles en roca (2020)

Con respecto a los estudios realizados, simplemente son denominados levantamientos geológicos. en todo momento es indispensable considerar las condiciones y las propiedades físicas y mecánicas. pues el túnel será excavado en un macizo rocoso.

Una de los estudios geológicos o investigaciones geológicas, son los “sondeos”, para ello se tiene en cuenta la morfología y de ello tenemos los estudios a realizar, que son: geológico – estructural, geomorfológico, perforaciones inclinadas, análisis geomecánico.

Los sondeos nos ayudarán a saber si existe algún tipo de falla geológica. pues en el manual hay muy poco o casi nada, más va a depender de la experiencia y el tipo de terreno dónde se ha de realizar el túnel, así como también la importancia de este.

En un sondeo vertical, lo que se trata es de buscar los elementos críticos que puedan condicionar el diseño; para ello, se realizar un reconocimiento geológico – superficial, que son realizados en los afloramientos dónde justamente

se pueden apreciar fracturas en el macizo rocoso. sin embargo, no se debe de basar sólo en los afloramientos, sino que también es necesario realizar un sondeo orientado, el cual permite ver si hay presencia de algún tipo de falla geológica, alguna presencia de arcilla, es por ello, que es de mucha necesidad realizar sondeos tanto verticales como orientados.

Por otro lado, con respecto a las características geomecánicas de un macizo rocoso, ayuda a saber cuál será el comportamiento que tendrá este, lo cual reduce las posibilidades de fallas o deterioros de diversas características que perjudiquen la construcción del túnel. Así como el factor más importante que es la vida de cada uno de los empleadores que laboran en la realización del túnel. Pire (2001) afirma:

La metodología que se desarrolla puede ser adaptada en la caracterización geomecánica de macizos rocosos, punto en manuales subterráneas como de faceta. como tal esta metodología constituye un tributo científico, puesto que incluye aspectos innovadores de gran relevancia que permiten valorar y vaticinar el proceder del macizo. (p.12)

Para esta metodología que está enfocada a las características geomecánicas de un macizo rocoso, están definidas en 4 etapas.

#### **A. Primera etapa**

Básicamente en esta etapa inicial trata o se centra todas las investigaciones, conformándose un determinado espacio investigativo, un área dedicada a la investigación que tiene como referencia las diversas obras de túneles ya sean subterráneos u otros, que se desarrollen en un país, así como en una localidad específica o en el mundo.

Pire (2001) afirma:

En esta fase se realizó la investigación bibliográfica del asunto, en la que se analiza el estado existente de la temática en el estado y en el excedente del planeta. las labores efectuadas en nuestro estado, influyentes con la temática, proporcionan una comunicación importante para caracterizar el propósito de estudio, en otras palabras, los macizos rocosos de las obras subterráneas elaboradas. sobre la base de esta consultoría actual se determinó el conjunto de razonamientos de investigación a adjudicar. (p.13)

## **B. Segunda etapa**

En esta etapa, se lleva a cabo de forma práctica lo realizado en la primera etapa; es decir, es la fracción experimental producto de la investigación realizada, que nos brinda antecedentes requeridos, para llevar acabo la caracterización geomecánica. Pire (2001) afirma:

1. Estudio y valoración de las calidades ingeniero - geológicas de los macizos rocosos de las obras subterráneas de las cavidades merceditas, amores y el cobre, de los trasvases, (...).
2. Con el puesto de métodos de laboratorio se realizó en los asuntos espontáneos la precisión complementaria de las propiedades físico – mecánicas de las rocas y su procesamiento estadístico.
3. Con el escalafón del método geológico se realiza el estudio del agrietamiento de los macizos rocosos, adonde se incluyeron todas las superficies de debilitamiento presentes en los mismos, se determinó, la hendedura de las aberturas, su espaciamento, rugosidad, exasperación, vía y ángulos de buzamientos y la afluencia

de líquido, entre otros aspectos.

4. Se determinan las principales apariencias de pérdidas de permanencia y el mecanismo con que ellas se manifiestan en los macizos rocosos, así como las razones que las provocan.

5. Evaluación de la estabilidad de las rocas por varias metodologías de evaluación de estabilidad de gran actualidad, (...). analizando los macizos rocosos de forma diferenciada de acuerdo a su comportamiento y estado.

(p.13,14)

### **C. Tercera Etapa**

Aquí surge el análisis, como también el procesamiento de la información obtenida en las etapas anteriores, efectuando un examen integrativo y diferenciativo de los macizos rocosos, lo que nos permite obtener la caracterización geomecánica. también con los modelos más resaltantes, apreciamos el comportamiento de un macizo rocoso.

### **D. Cuarta Etapa**

En esta etapa, ya tenemos ciertos criterios geomecánicos y también estructurales para realizar un diseño de túnel u obras subterráneas. habiendo un sustento en la recopilación y posterior análisis de información de los resultados producidos de las características geomecánicas de los distintos tipos de macizos rocosos.

### **2.2.2. Método RMR**

El método Rock Mass Rating (RMR) fue desarrollado por Bieniawski para realizar la clasificación de macizos rocosos, además este método permite conocer la calidad del macizo rocoso en base a la puntuación de parámetros, los cuales son:

- Resistencia a la compresión simple
- Índice RQD
- Separación de las diaclasas
- Presencia de agua
- Orientación de las discontinuidades respecto al eje

#### **2.2.2.1. Parámetros de clasificación RMR**

##### **1. Ensayo de carga puntual**

Este tipo de ensayos son efectuados en muestras de roca, como también en muestras de minerales, estas muestras en su mayoría tienden a ser cilíndricas. Por otra parte, en este ensayo conocido como diametral o axial, determina el índice de resistencia a la carga puntual.

En nuestro caso, para el diseño geotécnico, emplearemos la roca "Lutita". En la investigación realizada, encontramos que pertenece al grupo Calipuy, dónde nos detalla que en toda esa zona hay presencias de rocas ígneas; sin embargo, al enfocarnos en nuestra zona de estudio, la roca no es ígnea, pues es una diversidad de Lutita. Entonces, la lutita de nuestro estudio es una roca sedimentaria.

Los valores que se tendrán en cuenta para la puntuación en los parámetros de clasificación dependerán de los valores obtenidos en la resistencia a la compresión simple (Mpa)

## **2. Compresión simple**

Es una práctica para determinar la resistencia a la compresión de las múltiples variedades de macizos rocosos, afloramientos de roca o simplemente una o varias rocas, ya sean ígneas, metamórficas o sedimentarias. Ramírez (2004), afirma:

Para poder obtener las facultades de un macizo rocoso, es de necesidad obtener las zonas delimitadas por discontinuidades geológicas. Es por ello, que un macizo rocoso, presenta un conjunto de fallas, diaclasas, pliegues y otras cualidades geológicas del macizo, como lo es su resistencia; es decir, la resistencia a la compresión axial. (p.149)

Teniendo en cuenta estudios realizados a macizos rocosos, en diversas muestras o testigos de rocas ígneas, sedimentarias o metamórficas. Se observa en imágenes la resistencia a la compresión de la roca sedimentaria lutita, así como de la arenisca.

**Figura 2**

Tabla de valores de la resistencia a la compresión de testigos de macizo rocoso

Tipo de roca	Resistencia a compresión simple (MPa)		
	Mínima	Máxima	Media
Creta	1	2	1,5
Sal	15	29	22
Carbón	13	41	31
Limolita	25	38	32
Esquisto	31	70	43
Pizarra	33	150	70
Lutita	36	172	95
Arenisca	40	179	95
Marga	52	152	99
Mármol	60	140	112
Caliza	69	180	121
Dolomía	83	165	127
Andesita	127	138	128
Granito	153	233	188
Gneis	159	256	195
Basalto	168	359	252
Cuarcita	200	304	252
Dolerita	227	319	280
Gabro	290	326	298
Taconita	425	475	450
Sílice	587	683	635

**Fuente:** Mecánica de rocas: Fundamentos e ingeniería de taludes (2014)

En la tabla de valores, podemos apreciar los valores mínimos, medios y máximos de la resistencia a la compresión de varias rocas ya sea sedimentarias, ígneas o metamórficas. En este caso de diseño geotécnico, emplearemos la roca “Lutita” y con la resistencia media. Teniendo en este caso que nuestro macizo rocoso de estudio presenta una resistencia a la compresión simple media de 95 Mpa.

**Tabla 1:**

*Parámetros de clasificación de resistencia de la matriz rocosa*

<b>Parámetros de clasificación RMR - N°1</b>						
<b>Ensayo de carga puntual</b>						
>10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	-	-	-
<b>Resistencia a la compresión Simple (Mpa)</b>						
>250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1
<b>Puntuación</b>						
15	12	7	4	2	1	0

**Fuente:** Elaboración propia



### 3. RQD (Rock Quality Designation)

El RQD de un macizo rocoso o testigo de roca, es el Índice de calidad de esta misma, la cual nos permite determinar el grado de unión o nexos de la masa del macizo rocoso. El RQD, se determina mediante una tabla según el método RMR. Bongiorno (2012), afirma:

La clasificación o método de diseño geotécnico de túneles RMR de BIENIAWSKI, nos indica la índole del macizo rocoso en cada sometimiento estructural a partir de los diversos factores, en la cual encontramos el parámetro de R.Q.D del macizo rocoso; por otro lado, este factor es de vitalidad para determinar el revestimiento de los túneles excavados. Se determina a través de una tabla; por otro lado, también, se tiene en cuenta las discontinuidades en diversos parámetros, los cuales son:

- Apertura de las caras de la discontinuidad de la roca.
- Continuidad de las Diaclasas o discontinuidad según su rumbo, azimut y buzamiento de la roca.
- Rugosidad de la roca.
- Dureza de las caras de cada discontinuidad de la roca.
- Relleno que contienen las juntas de la roca.
- Presencia de agua, las cuales pueden ser:
  - ✓ Estado General (Seco, Húmedo, Goteando, Agua fluyendo).
  - ✓ Relación de presión de agua / Tensión principal mayor.
  - ✓ Caudal por 10 metros de túnel.
- Orientación de las discontinuidades de la roca por su norte. (p.08.)

**Figura 3**

*Fórmula de cálculo del RQD*

$$\text{RQD (\%)} = \frac{\sum \text{Longitud de los núcleos mayores de 100 mm}}{\text{Longitud total del tramo analizado}} \times 100$$

Nota. Es la sumatoria de los tramos pequeños entre el tramo total de la muestra por 100 para un resultado en %.

**Fuente:** Curso diseño, construcción y mantenimiento de túneles – C.A.C.P  
Perú asesoría y capacitación (2020)

El RQD de un macizo rocoso de Lutita es analizado mediante una imagen de investigación de antelación a esta que toma como una referencia un porcentaje adecuado de RQD.

El RQD es tomado a trozos de la muestra extraída mayor a 9 cm, también por otro lado, se toma en cuenta la recuperación de dicha muestra. En nuestra muestra de investigación tomada por el muestreo de un instituto de geotecnia “Borettek”, observaremos el cálculo del porcentaje de determinación de RQD de unas muestras de roca Lutita. El cálculo corresponde primero a la determinación de la recuperación en donde si se toma en cuenta a distancias menores de 9 cm y es dividido entre las longitudes de la muestra en su totalidad que puede ser una diamantina de 10 cm, 15 cm o 20 cm. Seguidamente, se toma en cuenta las distancias mayores a 9 cm para sumarlas y dividir las entre las longitudes de la muestra en su totalidad. La cual se comparará a una tabla de regida por rocas con descripción de condición y los rangos de porcentaje en los que se encuentra nuestra roca de muestra Lutita.

**Tabla 2***Clasificación del RQD del macizo rocoso*

<b>Rock quality designation (Descripción)</b>	<b>Valor de RQD (Porcentaje %)</b>
Muy mala	0% - 25%
Mala	25% - 50%
Regular	50% - 75%
Buena	75% - 90%
Excelente	90% - 100%

**Fuente:** Elaboración propia**Tabla 3***Puntuación del macizo rocoso según el RQD*

<b>Parámetros de clasificación RMR - N°2</b>				
<b>RQD (Rock quality designation)</b>				
100% - 90%	90% - 75%	75% - 50%	50% - 25%	<25%
<b>Puntuación</b>				
20	17	13	6	3

**Fuente:** Elaboración propia

#### **4. Separación de diaclasas**

En este parámetro de clasificación y valorización de Bieniawski, se determina el espaciado de cada diaclasa plana en el macizo rocoso. Esto es a través de persistencia o longitud de medida de las mismas discontinuidades, o ya sea también a su vez, abertura, rugosidad, alteración de las y presencia de relleno juntas, entre otros.

Entre nuestra imagen de muestra apreciamos geotécnicamente, las diaclasas identificadas en la muestra de macizo rocoso de Lutita.

**Tabla 4***Puntuación del macizo rocoso según la separación entre discontinuidades*

<b>Parámetros de clasificación RMR - N°3</b>				
<b>Separación entre diaclasas</b>				
<2 m	2 m - 0.6 m	0.6 m - 0.2 m	0.2 m - 0.6 m	<0.06 m
<b>Puntuación</b>				
20	15	10	8	5

**Fuente:** Elaboración propia

En este parámetro de clasificación tendremos que tener en cuenta los valores de la separación entre diaclasas; al tener de muestra el macizo rocoso, través de una imagen, se calculará la distancia de cada diaclasa de forma empírica y aproximada, para proceder a tener un valor promedio y poder calcular el valor que corresponde al R3 de la clasificación RMR.

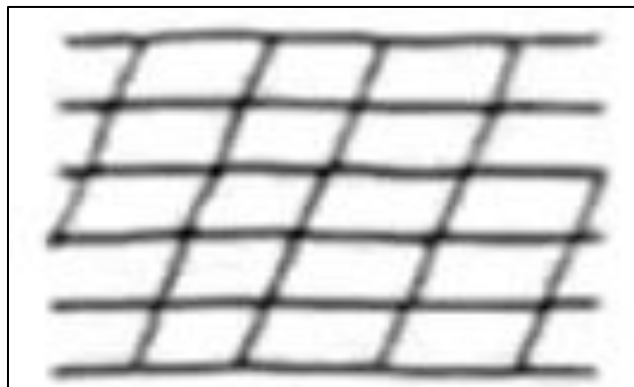
### **5. Estado de discontinuidades**

Este parámetro de clasificación RMR, es conocido como el R4 de Bieniawski. En este parámetro se analizan 5 puntos que son: La persistencia del macizo rocoso, dónde se determinará que tanto el macizo presenta discontinuidades, las distancias de las aberturas en las discontinuidades de la roca, así como también la rugosidad de este; por otro lado, en el macizo rocoso se tiene que si en esas aberturas de discontinuidades presentan relleno y finalmente se analiza en la roca virgen o macizo rocoso la alteración de esta. Cada uno de estos sub parámetros de clasificación está con su tabla de puntuación y/o valoración la cual se adjudicará el valor de calificación, según corresponda el análisis de cada sub parámetro de la clasificación RMR de Bieniawski.

## 6. Persistencia

En este parámetro se hace referencia a las familias de discontinuidades que se extienden a lo largo de un macizo rocoso o tan sólo a una discontinuidad determinada presente también en el macizo rocoso. Dentro de las cuales podemos encontrar discontinuidades persistentes, así como también a discontinuidades no persistentes.

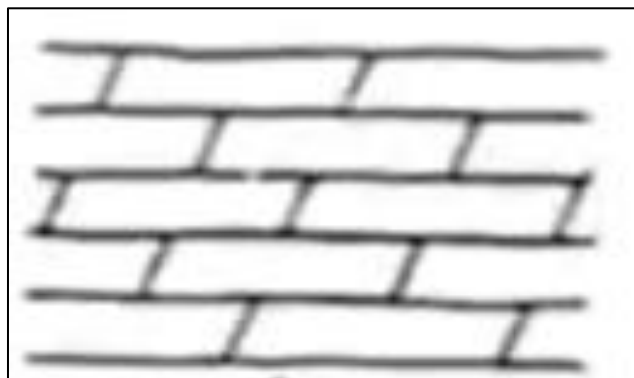
**Figura 4** Persistencia continua (A)



Nota. Se puede apreciar discontinuidades persistentes que son continuas.

**Fuente:** Curso diseño, construcción y mantenimiento de túneles – C.A.C.P  
Perú asesoría y capacitación (2020)

**Figura 5** Persistencia continua (B)

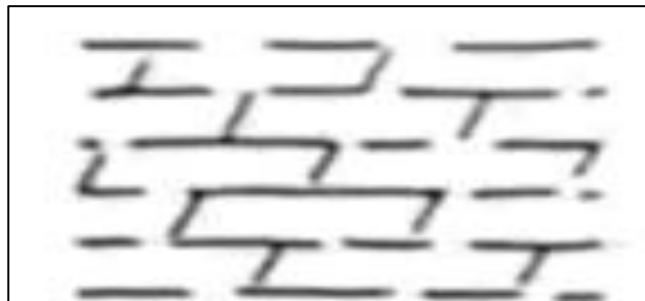


Nota. Se puede apreciar discontinuidades persistentes que son continuas.

**Fuente:** Curso diseño, construcción y mantenimiento de túneles – C.A.C.P  
Perú asesoría y capacitación (2020)

En estas imágenes que apreciamos, tenemos dos muestras de discontinuidades persistentes que son continuas. En la imagen de persistencia continua (A), las discontinuidades del macizo rocoso, no presentan interrupciones. Sin embargo, en la persistencia continua (B), tiene una ligera interrupción. En otros casos como las persistencias discontinuas que se ven en las imágenes, que son las discontinuidades persistentes D y E, tenemos los casos donde no presenten esa continuidad si no que terminen donde comienzan otras discontinuidades o uniéndose a otras. Entonces las interrupciones son muy notorias. Dando una persistencia mayor.

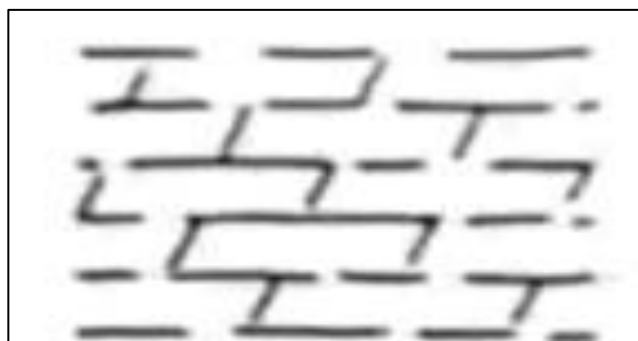
**Figura 6** Persistencia discontinua (D)



Nota. Se puede apreciar discontinuidades persistentes que son discontinuas.

**Fuente:** Curso diseño, construcción y mantenimiento de túneles – C.A.C.P Perú asesoría y capacitación (2020)

**Figura 7** Persistencia discontinua (E)



Nota. Se puede apreciar discontinuidades persistentes que son discontinuas.

**Fuente:** Curso diseño, construcción y mantenimiento de túneles – C.A.C.P Perú asesoría y capacitación (2020)

Finalmente, en otros casos como en las persistencias del macizo rocoso en dónde tienen en la roca un principio y fin muy determinado las discontinuidades dando a conocer estas mismas que no son persistentes.

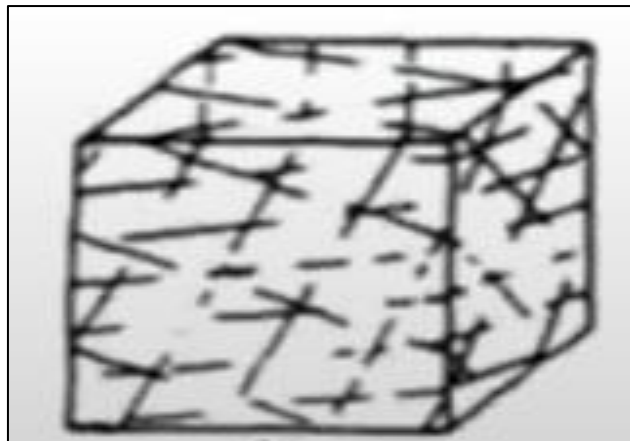
**Figura 8** Persistencia discontinua (F)



Nota. Se puede apreciar discontinuidades persistentes que son discontinuas.

**Fuente:** Curso diseño, construcción y mantenimiento de túneles – C.A.C.P  
Perú asesoría y capacitación (2020)

**Figura 9** Persistencia discontinua (G)



Nota. Se puede apreciar discontinuidades persistentes que son discontinuas.

**Fuente:** Curso diseño, construcción y mantenimiento de túneles – C.A.C.P  
Perú asesoría y capacitación (2020)

Por lo tanto, en términos numéricos y cuantitativos teniendo en cuenta la

geomecánica de nuestro macizos rocosos en estudio, nos basaremos en tabla de valores de la clasificación de persistencia según el método RMR. Las discontinuidades en la naturaleza o en un macizo rocoso virgen, suelen aparecer con zonas que no son discontinuas, es decir, hay zonas de la discontinuidad que no mantienen la continuidad.

En los casos más comunes, hay bloques que se desplazan a través de la discontinuidad, pero en su interior hay zonas que en su estructura no es continua, sino que se presenta en la roca matriz una persistencia continua. Entonces en estas zonas en las que no hay discontinuidad se determinarían como puentes de roca, es decir, que son aquellas zonas de la discontinuidad que son continuas dentro del macizo rocoso. Ramírez (2004) afirma:

Un concepto que hace referencia a la extensión o en otros casos al tamaño de las discontinuidades. Son las persistencias de las discontinuidades que se pueden cuantificar detallando su medición de los afloramientos de roca maciza. Por otra parte, se debe de diferencias discontinuidades que se extiendan en el exterior del afloramiento de las que son internas o de las que culminan en otra discontinuidad. Ya que las discontinuidades afuera del afloramiento de un macizo rocoso son más persistentes que las internas o las que acaban en otra discontinuidad. Y cuando se realizan las mediciones en un afloramiento de macizo rocoso y presenta poca extensión resulta ser muy complejo la estimación de las distancias de estas discontinuidades. (p.189)



**Tabla 5:**  
*Puntuación del macizo rocoso según la persistencia*

<b>Parámetros de clasificación RMR - N°4.1</b>				
<b>Persistencia</b>				
<1 m	1 m - 3 m	3 m - 10 m	10 m - 20 m	>20 m
<b>Puntuación</b>				
6	4	2	1	0

**Fuente:** Elaboración propia

Esta tabla de clasificación, es la tabla de valores asignados a la persistencia del macizo rocoso. Para la determinación de este valor, tendremos unos valores promedios entre cada discontinuidad y a su vez cada uno de estos valores promedios serán nuevamente promediados para determinar el valor del R 4.1 de la clasificación RMR de Bieniawski.

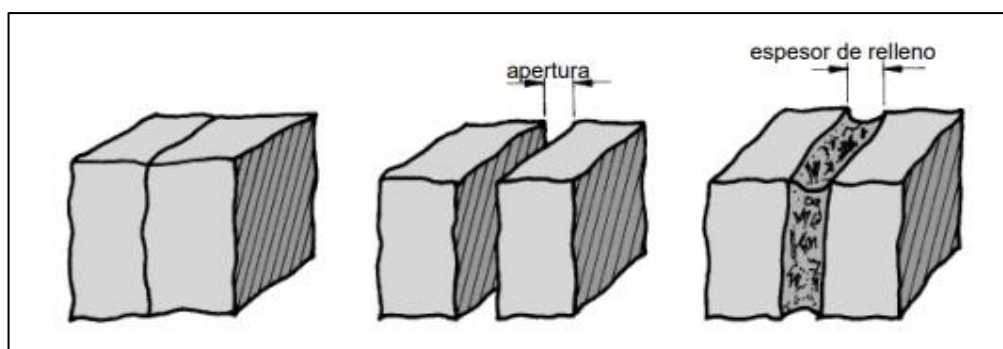
## **7. Abertura**

Los testigos de roca, son muestras extraídas mediante perforación diamantina y en estas muestras se pueden apreciar características físicas, químicas y superficiales que posee el macizo rocoso. El macizo rocoso, presenta una serie de múltiples particularidades, además de inconvenientes, los cuales son analizados mediante estudios para obtener el estado en el que se encuentra el macizo rocoso. Mediante imágenes de la zona de estudio, que está ubicada en el kilómetro 61 de la carretera Trujillo – Otuzco. A continuación, se detalla cada discontinuidad y también los datos con las tablas del método de RMR de BIENIAWSKI. Así como los valores que corresponden. Ramírez (2004) afirma:

Se define apertura como la medida que forma  $90^\circ$ , es decir, perpendicularmente que separa a las parejas de discontinuidades paralelas de la roca, Por otra parte, cuando el espacio entre estas contiene gua o aire no presenta relleno, pero si contiene esta discontinuidad

material es tomado como relleno. Las grandes aperturas pueden catalogarse como un producto de desplazamientos cortantes de las discontinuidades afloradas en la roca de forma exterior e interior; estas son medidas en milímetros. A medida que se examina la roca, a una profundidad mayor en el interior suelen ser medidas por debajo de medio milímetro, esto aplica en la mayoría de los macizos rocosos vírgenes o no vírgenes. La resistencia al corte de estas discontinuidades con las aperturas detalladas como muy pequeñas, son dependientes de los labios que lo conforman, pues disminuyen gradualmente hasta una considerable notoriedad. Y esto es debido a que la presión de esta puede reducir las tensiones efectivas. (p.194)

**Figura 10** Apertura



Nota. Se puede la apertura en la roca.

**Fuente:** Curso diseño, construcción y mantenimiento de túneles – C.A.C.P Perú asesoría y capacitación (2020)

**Tabla 6**

*Puntuación del macizo rocoso según la apertura*

Parámetros de clasificación RMR - N°4.2				
Abertura				
Cerrada	<0.1 mm	0.1 mm - 1 mm	1 mm - 5 mm	> 5 mm
Puntuación	6	5	3	1
				0

**Fuente:** Elaboración propia

## **8. Rugosidad**










La rugosidad en una discontinuidad precisamente en los labios de esta, presenta una mayor determinación en la capacidad de resistencia al corte, es por ello que en tanto sea menor su influencia es mayor la apertura que presenta la discontinuidad, así como también el relleno de esta discontinuidad.

La rugosidad en un macizo rocoso, tiene dos factores de presencia. Los cuales son producto de la ondulación o la aspereza de esta misma. Con respecto a las ondulaciones, estas son rugosidades en una mayor escala que ocasionan una expansión o una dilatación en la discontinuidad en la que están, pues estas son unas variantes de experiencia a los desplazamientos de corte en el macizo rocoso.

Por su parte las asperezas, son rugosidades a una menor escala que cuando sufren una experiencia de desplazamiento o movimiento en el macizo rocoso, fácilmente pueden desaparecer en la cortante de la discontinuidad. Ramírez (2004) afirma:

En un macizo rocoso, la rugosidad de una discontinuidad disminuye a causa de que aumenta la medida observada. El valor de la resistencia de una discontinuidad al corte es provocado a las asperezas que se miden atreves de un ensayo de laboratorio y las ondulaciones se pueden determinar mediante una inclinación que contiene un ángulo. (p.189)

**Figura 11** Rugosidad

Descripción	Perfil
Rugoso	
Suave	
Espejo de falla	
	Escalonado
Rugoso	
Suave	
Espejo de falla	
	Ondulado
Rugoso	
Suave	
Espejo de falla	
	Plano

Nota. Escala para observaciones de hasta 1 metro de longitud.

**Fuente:** Curso diseño, construcción y mantenimiento de túneles – C.A.C.P  
Perú asesoría y capacitación (2020)

**Tabla 7**

*Puntuación del macizo rocoso según la rugosidad*

Parámetros de clasificación RMR - N°4.3				
Rugosidad				
Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave
Puntuación				
6	5	3	1	0

**Fuente:** Elaboración propia

### A. Relleno

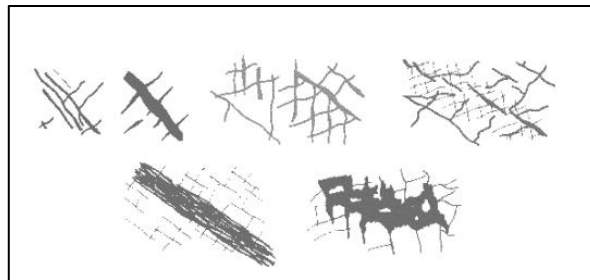
Se denomina o lleva por nombre relleno al material que está ocupando un espacio entre los labios de una discontinuidad que está de forma interna o externa del macizo rocoso. Ramírez (2004) afirma:

Por lo general el espesor del relleno es idéntica a la medida que tiene por espacio perpendicular a los labios de las discontinuidades del macizo rocoso. Por otro lado, es de conveniencia que se realice una medida de los espesores máximos y mínimos, para que de esa manera se pueda obtener el espesor medio; de presentar el caso,

en que la diferencia entre las medidas de los espesores mínimos y máximos es mayor o muy elevada, es por el suceso dónde la discontinuidad del macizo rocoso ha experimentado unos desplazamientos. (p.195)

El comportamiento mecánico de cada relleno en las discontinuidades, es por sus características, ya sea esta por tener un gran espesor, una mineralogía definida o por definir, del mismo modo, se tiene en cuenta el tamaño de sus componentes, es decir, la granulometría que tiene el relleno en la discontinuidad.

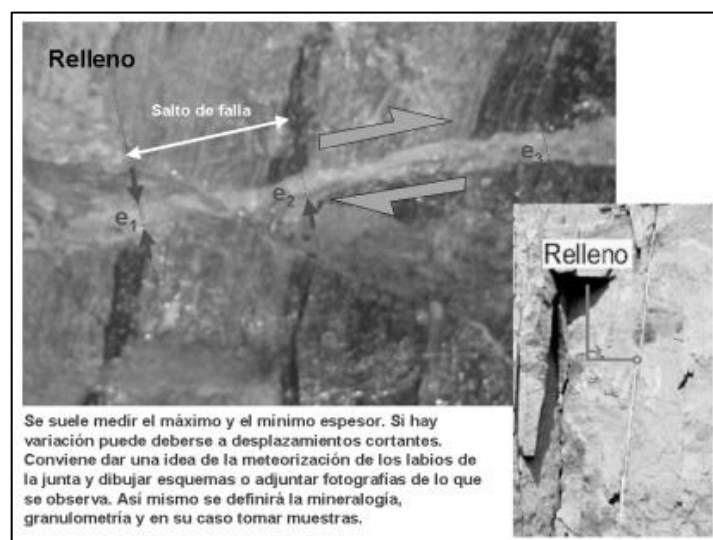
**Figura 12 Rellenos**



Nota. En esta imagen 12, se aprecia únicamente la fisura

**Fuente:** Mecánica de Rocas: Fundamentos e ingeniería de taludes.

**Figura 13 Rellenos en desplazamientos**



Nota. En esta imagen 13, se aprecia únicamente la fisura

**Fuente:** Mecánica de Rocas: Fundamentos e ingeniería de taludes.

Para determinar si hay relleno, se debe de hacer un análisis de cada discontinuidad y observar si esta presenta en su interior o de forma exterior, es decir, en su afloramiento, un relleno entre sus labios.

**Tabla 8**

*Puntuación del macizo rocoso según el relleno*

<b>Parámetros de clasificación RMR - N°4.4</b>				
<b>Relleno</b>				
	Relle. duro < 5 mm	Relle. duro > 5 mm	Relle. suave < 5 mm	Relle. suave > 5 mm
Ninguno				
<b>Puntuación</b>				
6	4	2	2	0

**Fuente:** Elaboración propia

## 9. Alteración

La meteorización de un macizo rocoso o una roca, se debe a las modificaciones producidas por las experimentaciones de su composición estructural por la acción del ambiente, puesto que la roca o macizo rocoso se encuentra expuesta a la intemperie del clima. Ramírez (2004) afirma:

La importancia que contiene la meteorización de una roca, desde el punto de vista mecánico, es por los múltiples cambios en su estructura por las propiedades física y mecánicas de estas. Por otro lado, la meteorización física contiene las siguientes características:

- Arranque por erosión en partículas directas.
- Destrucción estructural por agua congelada en su interior mediante grietas y fisuras.
- Variaciones de temperatura ocasionando cambios volumétricos en la roca.

- Acción de la vegetación como arboles mediante sus raíces.

La desintegración estructural de la roca afecta a la zona superficial, es decir, a área del afloramiento rocoso y este favorece a la penetración de fluidos que se congelan por la temperatura de la zona o por erosión. (p.175)

Por motivo de la meteorización, una roca sana o virgen mediante procesos se transforma en suelo, lo cual es un grave inconveniente para un túnel, pues debilita a la roca que será perforada.

**Tabla 9**

*Puntuación del macizo rocoso según la alteración*

<b>Parámetros de clasificación RMR - N°4.5</b>				
<b>Alteración</b>	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta
Inalterada				
<b>Puntuación</b>	5	3	1	0
6				

**Fuente:** Elaboración propia

### **10. Agua freática**

Esta condición está dada por el estado general del macizo rocoso. Para ello, verificaremos si las discontinuidades presentes presentan relleno. De no presentar relleno, utilizaremos una tabla para obtener el grado de filtración en la roca o macizo rocoso. Ramírez (2004) afirma:

En su mayoría, el agua que recorre en el macizo rocoso se encuentra en las discontinuidades, denominado permeabilidad secundaria, pero la excepción son las rocas sedimentarias por la presencia de un elevado número de poros. En la cual el agua transita por la misma roca. Denominado permeabilidad primaria. La permeabilidad secundaria, es mayormente vista en rocas

metamórficas e ígneas. Lo cual la anisotropía del macizo rocoso es ocasionada por la permeabilidad. (p.196)

Para ello evaluaremos el estado general del terreno dónde está presenta el macizo rocoso, de esta manera, obtendremos además los valores del caudal por 10 metros de túnel y a su vez la relación de presión de agua sobre la tensión principal mayor. Al contar que las discontinuidades no presentan relleno.

**Tabla 10**  
*Grados de filtración de agua freática*

<b>Grado de filtración</b>	<b>Descripción</b>
I	La discontinuidad está muy cerrada y seca. El flujo de agua a través de la misma no parece posible
II	La discontinuidad está seca, sin evidencia de flujo de agua.
III	La discontinuidad está seca, pero muestra evidencia de flujo de agua, por ejemplo, moho descolorido, etc.
IV	La discontinuidad está húmeda, pero no se observa circulación de agua.
V	La discontinuidad muestra filtraciones de agua, gotas de agua ocasionales, pero no un flujo continuo.
VI	La discontinuidad muestra un flujo continuo de agua (hay que estimar el caudal en l/min y describir la presión, por ejemplo: baja, media o alta).

**Fuente:** Curso diseño, construcción y mantenimiento de túneles –  
C.A.C.P Perú asesoría y capacitación (2020)

En su mayoría, el tránsito de agua por el macizo rocoso es por las discontinuidades que presenta este. De esta forma, se mide las filtraciones presentes en el macizo rocoso, el flujo de agua, así como la humedad de la roca.



**Tabla 11***Puntuación del macizo rocoso según la presencia de agua freática*

<b>Parámetros de clasificación RMR - N°5</b>					
<b>Estado general</b>					
	Seco	Ligeramente Húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo
<b>Relación presión de agua / tensión principal mayor</b>					
0		0 - 0.01	0.1 - 0.2	0.3 - 0.5	> 0.5
<b>Caudal por 10 metros de túnel</b>					
Nulo					
		< 10 lit./min	10 - 25 lit./min	25 - 125 lit./min	> 125 lit./min
<b>Puntuación</b>					
15		10	7	4	0

**Fuente:** Elaboración propia

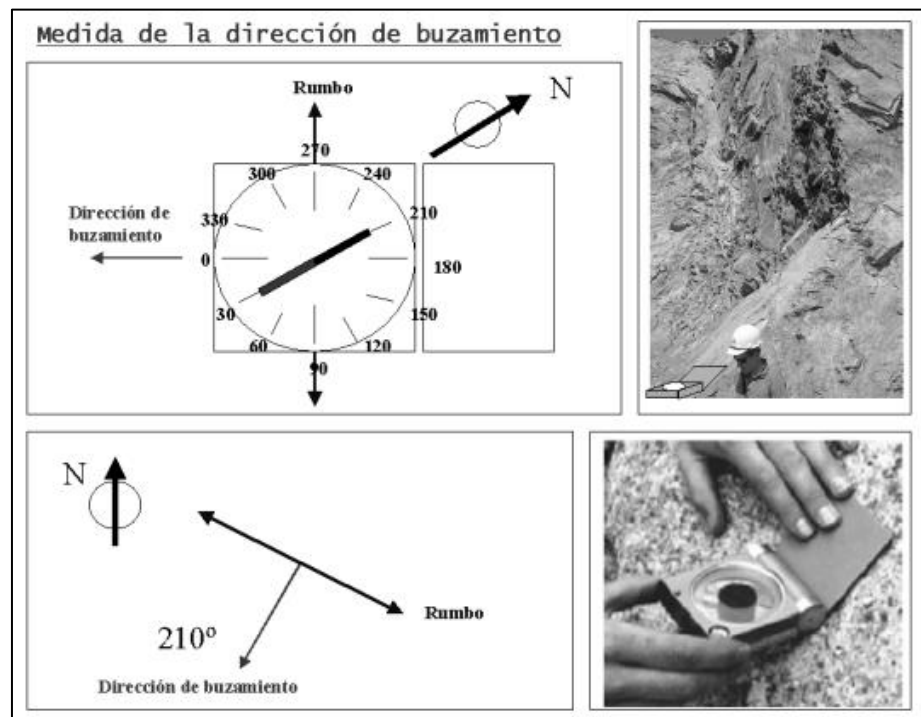
## 11. Análisis de la orientación en el macizo rocoso

### A. Orientación

Las discontinuidades de un macizo rocoso, están sujetas a una dirección u orientación, así como el buzamiento que está presente en la roca. El sentido que se determina es favorable para la obtención de excavación del túnel. Ramírez (2004) afirma:

En geotecnia del macizo rocoso lo más concurrente es definir aquellas discontinuidades por medio de la dirección u orientación del buzamiento y a su vez de su rombo con la horizontal. Para obtener el buzamiento, se posiciona la brújula en la zona geotécnica de forma vertical en dirección de la discontinuidad o discontinuidades y se mide el buzamiento mediante el clinómetro que forma parte de la brújula. (p.185)

**Figura 14** Medida de la dirección de buzamiento



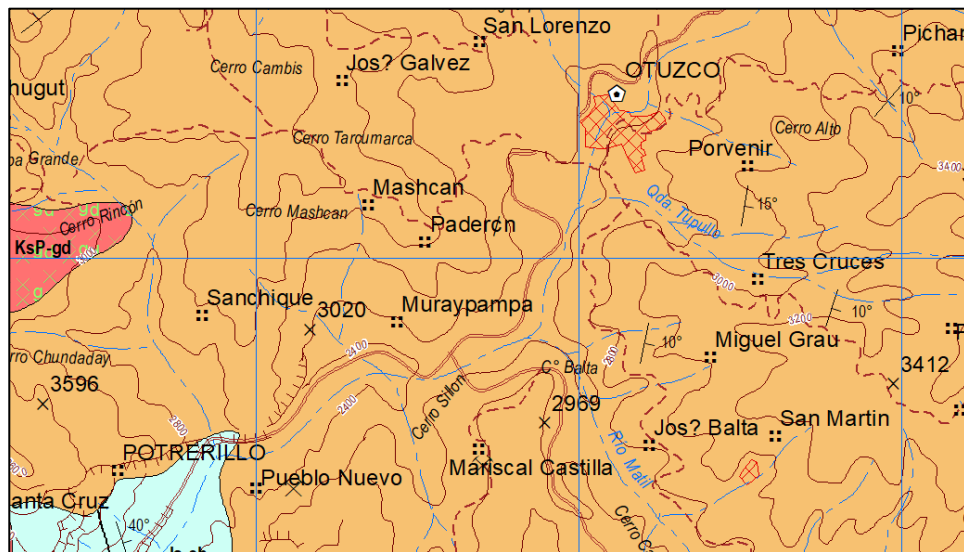
Nota. En esta imagen 14, se aprecia la brújula de medición

**Fuente:** Mecánica de Rocas: Fundamentos e ingeniería de taludes.

## B. Buzamiento

El buzamiento de una discontinuidad es el ángulo que forma la proyección de la máxima pendiente en el afloramiento del macizo rocoso, con respecto a la forma horizontal determinada. En tal sentido, la carta nacional de geología, nos indica ciertos buzamientos que encontramos en diversos cuadrantes geológicos en todo el territorio nacional, pero se ha buscado la zona de estudio y determina el buzamiento, a su vez el sentido.

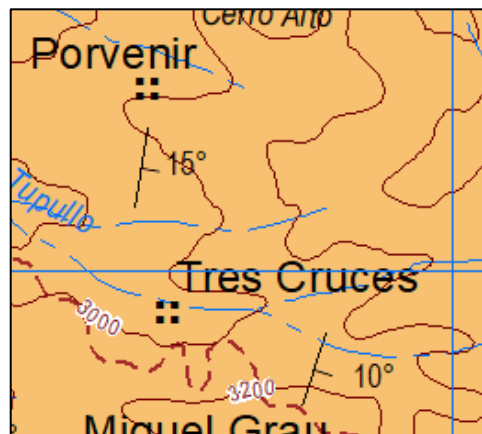
**Figura 15** Carta geológica nacional



Nota. En esta imagen 15, se aprecian los cuadrantes geológicos

Fuente: Ingemet (2017)

**Figura 16** Carta geológica nacional



Nota. En esta imagen 16, se aprecian los buzamientos

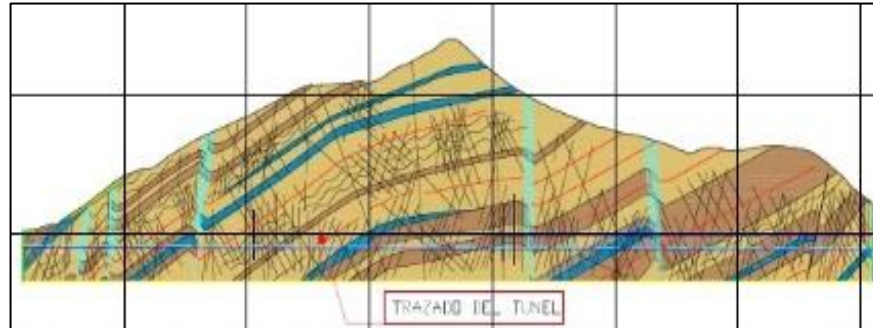
Fuente: Ingemet (2017)

### B.1. Rumbo de la perforación

El macizo rocoso, cuenta con un direccionamiento en el buzamiento, pero este no siempre es de un solo sentido. El sentido de perforación del túnel involucra al buzamiento, pues si se perfora en contra de este es como si una fuerza del macizo rocoso lo estuviera deteniendo. Sin embargo, si se perfora el túnel a favor del buzamiento,

en otras palabras, en la misma dirección o sentido del buzamiento esa fuerza de resistencia no habría.

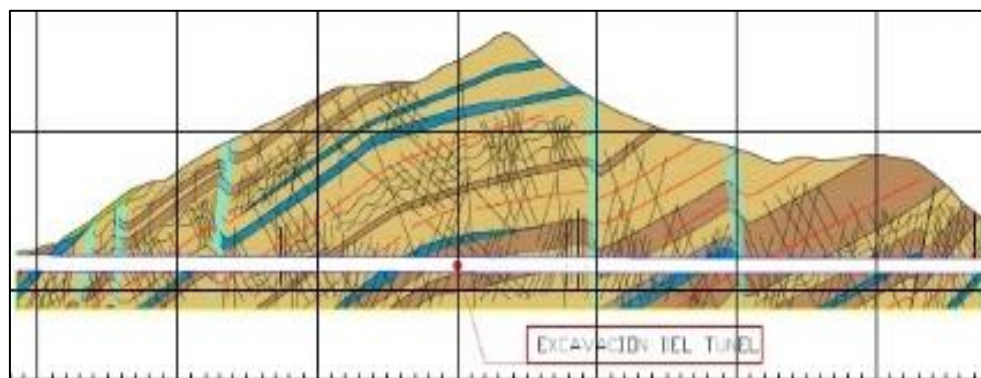
**Figura 17** Trazado del túnel



Nota. En esta imagen 17, se aprecia el terreno.

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 18** Excavación del túnel



Nota. En esta imagen 18, se aprecia el terreno.

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 12***Parámetros de orientación de las discontinuidades en el túnel*

<b>Orientación de las discontinuidades en el túnel</b>	
<b>Dirección perpendicular al eje del túnel</b>	
<b>Excavación a favor del buzamiento</b>	<b>Excavación en contra del buzamiento</b>
Buz. 45° - 90° / Buz. 20° - 45°	Buz. 45° - 90° / Buz. 20° - 45°
<b>Condición</b>	
Muy favorable / Favorable	Media / Desfavorable
<b>Dirección paralela al eje del túnel</b>	
Buz. 45° - 90° / Buz. 20° - 45°	
<b>Condición</b>	
Muy desfavorable / Media	
<b>Cualquier dirección de buzamiento del túnel</b>	
Buz. 0° - 20°	
<b>Condición</b>	
Desfavorable	

---

**Fuente:** Elaboración propia

## **12. Corrección del análisis de la orientación en el macizo rocoso**

En la clasificación geomecánica RMR de Bieniawski. Se realiza la corrección para diversas obras estructurales que tenemos que afrontar geotécnicamente. Ya sean obras de cimentaciones para edificaciones grandes, para estabilizaciones de taludes con múltiples confinamientos estructurales o en nuestro caso la de un túnel. Para ello, nos apoyaremos en la orientación de las discontinuidades en el túnel de roca lutita que se ha analizado.

**Tabla 13**

*Puntuación del macizo rocoso según la corrección por orientación de las discontinuidades*

<b>Corrección por orientación de las discontinuidades - Túneles</b>				
Muy favorable	Favorable	Media	Desfavorable	Muy desfavorable
<b>Puntuación</b>				
0	-2	-5	-10	-12

**Fuente:** Elaboración propia

### **13. Clasificación del macizo rocoso según RMR**

El valor del RMR geotécnico del macizo rocoso. Se tendrá en cuenta la sumatoria de los anteriores parámetros que son:

- Parámetro de clasificación
- Resistencia a la matriz rocosa
- RQD
- Separación entre diaclasas
- Estado de las discontinuidades
  - Persistencia
  - Abertura
  - Rugosidad
  - Relleno
  - Alteración
- Agua freática
- Sumatoria de valores

**Tabla 14:**  
Clasificación del macizo rocoso según el método RMR

Clasificación del macizo rocos según el RMR					
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	<20
Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Media 2 - 3	Mala	Muy Mala
Cohesión	>4 Kp/cm <sup>2</sup>	3 - 4 Kp/cm <sup>2</sup>	Kp/cm <sup>2</sup>	1 - 2 Kp/cm <sup>2</sup>	<1 Kp/cm <sup>2</sup>
Ángulo de rozamiento	>45°	35° - 45°	25° - 35°	15° - 25°	<15°
Tiempo de autosoporte y longitud sin sostener	10 años/ 15 m	6 meses/ 8 m	1 semana/ 5 m	10 horas/ 2.5 m	30 min. / 1m

Fuente: Elaboración propia

### 2.2.3. Mecánica de rocas

Esta ciencia se encarga de estudiar principalmente las propiedades mecánicas y comportamiento del macizo rocoso frente a las fuerzas que actúan sobre el con el objetivo de predecir el comportamiento mecánico del macizo rocoso ante las distintas fuerzas a las que es sometida.

Los problemas más que comunes que busca evitar la mecánica de rocas son:

- Fracturas en el macizo rocoso.
- Las rocas tienen una baja resistencia a la tensión.
- La presencia de agua subterránea reduce el esfuerzo normal efectivo entre las superficies de las rocas, reduciendo la resistencia al corte.
- El intemperismo, producido por el desgaste, destrucción y alteración física o química del macizo rocoso.

#### 2.2.3.1. Definición del tipo de roca

Existen los siguientes tipos de rocas:

##### 1. Rocas ígneas

Este tipo de rocas también son conocidas como magmáticas, debido a que se originan por el enfriamiento y solidificación de este material rocoso y caliente. En otras palabras, el cambio de temperatura hace que permute de un estado sólido a líquido.

Las rocas ígneas presentan variantes en su composición química, por ejemplo, tenemos al feldespato y la sílica que presentan

minerales ligeros, también están las máficas que están compuestas por hierro y magnesio.

Según su origen, las rocas ígneas se clasifican de la siguiente manera:

- **Rocas ígneas intrusivas o plutónicas**

Se forman por el enfriamiento del magma en el interior de la corteza terrestre, este fenómeno permite que los minerales formen cristales que son visibles debido a su tamaño. Las rocas ígneas intrusivas se pueden encontrar en las cordilleras, que cubren grandes áreas de la superficie terrestre.

El granito, gabro, etc. son algunos de los tipos de rocas ígneas intrusivas.

- **Rocas ígneas extrusivas o volcánicas**

Este tipo de rocas se originan producto de una erupción volcánica, el enfriamiento del magma entra en contacto con el océano o la atmósfera dando origen a las rocas ígneas extrusivas.

El enfriamiento del magma se produce de forma rápida, por lo cual se forman cristales pequeños que no pueden ser percibidos a simple vista.

El basalto, obsidiana, riolita, etc. son algunos ejemplos de rocas ígneas extrusivas.

La velocidad y el tipo de enfriamiento del magma son los que generan que las rocas ígneas presenten distintos tamaños de los cristales, se puede clasificar de la siguiente manera:

- **Faneríticas:** El magma se solidifica de forma lenta debido a que se produce en zonas profundas.
- **Afaníticas:** Estas rocas son de tamaño pequeño, perceptibles con lupa, producto del rápido enfriamiento del magma.
- **Porfídicas:** Son de tamaño variado porque la cristalización se da a diferentes temperaturas.



- **Piroclásticas:** No están formadas por cristales, porque las partículas son expulsadas de forma violenta en una erupción volcánica.
- **Vítrea:** El magma se enfría de forma rápida, se produce por erupciones volcánicas explosivas.
- **Vesicular:** Se encuentran en las partes altas, durante la solidificación del magma, se escapan burbujas de gas.

Según el grado de cristalinidad, las rocas ígneas se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Holovítreas:** Están formadas por un solo vítreo.
- **Hipocristalinas:** El material cristalino es el más predominante en la roca.
- **Holocristalinas:** Están formadas exclusivamente por material cristalino.
- **Hopovítreas:** Están conformadas por material vítreo.

## 2. Rocas metamórficas

Este tipo de rocas se originan por el cambio de temperatura, cambio de presión geológica y otras transformaciones que sufren las rocas ígneas o sedimentarias. Estos cambios se dan en zonas sometidas a altas temperaturas, así como también en zonas de gran profundidad.

Estas rocas sufren metamorfosis en su estructura dando lugar a rocas con mayor resistencia, dureza y con una estructura cristalina reorientada.

La filita, esquisto, gneis, mármol y cuarcita son algunos tipos de rocas metamórficas.

Las rocas metamórficas presentan la siguiente clasificación:

- **Metamorfismo de contacto:**  
Se produce cuando el magma se introduce en rocas preexistentes, este suceso genera un aumento de temperatura desencadenando que los minerales se re cristalicen, deshidratación y reajustes mineralógicos.

- **Metamorfismo regional:**

Los cambios de temperatura y la presión actúan sobre masas de rocas ubicadas en zonas de gran profundidad por un largo periodo de tiempo. Esta exposición provoca que los minerales cambien sin que la roca se derrita por completo. La evolución es gradual por lo que puede clasificarse en metamorfismo de grado bajo medio o alto.

- **Metamorfismo de impacto o de choque:**

Se genera presión y mucha energía producto del impacto que sufren por la colisión de cráteres meteóricos o explosiones, los principales efectos son la trituración y recristalización de la roca.

- **Metamorfismo de presión o dislocación:**

Se forman producto de una fuerte presión, pero sin impacto, causando cambios en la textura. Se producen en zonas ubicadas cerca a grandes fracturas en las que ha existido un desplazamiento importante entre los bloques.

Según su forma las rocas metamórficas se clasifican en:

- **Rocas metamórficas foliadas:** La presión genera que tengan formas alineadas, presencia de placas u ondas minerales.
- **Rocas metamórficas no foliadas:** Este tipo de rocas no presentan placas y tienen formas cristalinas por la ausencia de presión.

### 3. Rocas sedimentarias

Con el paso del tiempo, las rocas preexistentes se ven expuestas a agentes físicos, químicos y biológicos que la deterioran y provocan su fragmentación, luego intervienen factores como el viento o el agua, que transportan estas partículas y las van acumulando. A través del tiempo, estas partículas se van compactando hasta consolidarse en rocas duras conocidas como rocas sedimentarias.

Este tipo de rocas es de las más abundantes en el mundo y se forman en la superficie terrestre mediante procesos de erosión, transporte, meteorización, diagénesis y sedimentación.

Según su formación, las rocas sedimentarias se clasifican en:

- **Rocas detríticas:**

La erosión de grandes formaciones rocosas o montañas, provocan la acumulación de sedimentos que por efecto de la gravedad se han ido formando a lo largo del tiempo.

Según el tamaño de los clastos, se clasifican en conglomerados (superior a 2 mm), arenitas (1/16 mm – 2 mm) y arcillosas (menor a 1/16 mm)

- **Rocas organógenas:** Son rocas sedimentarias formadas con restos de seres vivos y pueden ser formadas por procesos de biomineralización de esqueletos o a partir de rocas orgánicas.

- **Rocas químicas:** Este tipo de rocas se forman a partir de la deposición y aglomeración de sustancias disueltas por procesos químicos como por ejemplo la evaporación del mar, residuos de sal y otros minerales.

- **Margas:** Esta formada por sedimentos de detríticas y químicas, en este tipo de rocas predomina la presencia de calcita lo cual la pigmentación blanquecina.

#### 2.2.3.2. Características geológicas

- **Color:** Las rocas toman el color de los minerales que la conforman por ejemplo cuando hay presencia de hierro asume un color rojizo, la presencia de feldespatos potásicos le da un tono rosado, la clorita le da un tono verdoso.

- **Dureza:** Este parámetro hace mención a la resistencia que tiene la roca al ser rayado o cortado por otro material, la dureza de cada material rocoso depende de los minerales que la componen. La resistencia de este material se determina con un valor numérico según la escala de Mohs, basándose en la fractura o deformación que sufre el

material rocoso y a su vez ayudando a diferenciar materiales similares por el grado de dureza que tienen.

- **Textura:** Esta característica es un indicador que nos permite diferenciar a la variedad existente de rocas. Por ejemplo, las rocas ígneas tienen una textura porfídica, fanerítica y afanítica. Las rocas volcánicas tienen una textura piroclástica y las rocas sedimentarias son de textura plástica y bioclástica. Finalmente, las rocas metamórficas tienen textura lepidoblástica, nematoblástica y porfidoblástica.
- **Composición química de las rocas:** Es una característica que nos ayuda a determinar el tipo de roca y esta relacionada a la composición mineral y el origen de dicho material rocoso. La cantidad porcentual de sílice es el principal indicador para determinar la clasificación química de la roca y pueden ser: rocas ultramáficas (menos de 43% de sílice), rocas máficas (45% - 52% de sílice), rocas intermedias (52% - 63% de sílice) y rocas félsicas (superior al 63% de sílice).

### 2.2.3.3. Propiedades físicas

- **Densidad:** Es la relación entre la masa del material rocoso, y el volumen que ocupa. Primero se calcula la densidad del material de forma natural y se resta con la densidad en estado seco, luego de haber puesto la muestra expuesta a una temperatura de 110 °C.

$$P = \frac{m}{v}$$

P= Densidad

m= Masa

v= Volumen

- **Humedad:** Es el valor porcentual del cociente de la masa natural sobre la masa de la muestra en estado seco.

$$H = \frac{mh}{ms} \times 100$$

H= Humedad

Mh= Masa en estado natural

MS= Masa en estado seco

- **Porosidad:** Es un valor porcentual que expresa el volumen de los poros en la muestra.

$$N = \frac{Vp}{V} \times 100$$

N= Porosidad

Vp= Volumen de porosidad

V= Volumen de la muestra

- **Grado de saturación:** Es el valor porcentual que representa la cantidad de poros ocupados por agua.

$$Sr = \frac{Vh}{Vp} \times 100$$

Sr= Grado de saturación

Vh= Volumen ocupado por agua

Vp= Volumen de poros

#### 2.2.3.4. Características geomecánicas

- **Meteorización de las rocas**

La presencia de agentes atmosféricos modifica la composición de la roca causando cambios en sus propiedades físicas y mecánicas del macizo rocoso.

La meteorización física se basa en la descomposición del material rocoso permite el ingreso de agua en su interior, produciendo la descomposición del mismo mediante cambios químicos en las rocas.

La meteorización química es la reacción por consecuencia de reactivos como el agua, oxígeno, ácidos orgánicos y otros.

- **Estructura del macizo rocoso**

El macizo rocoso está conformado por un grupo de rocas en las cuales también podemos encontrar juntas, pliegues, fallas y otros caracteres geológicos.

Los macizos rocosos se encuentran separados por discontinuidades, son heterogéneos y anisotrópicos.

- **Caracteres geomecánicos de las discontinuidades**

- ✓ **Orientación:** Nos permite definir la dirección del buzamiento y la pendiente que forma el plano con respecto a la horizontal, se utiliza una brújula para la toma de datos.
- ✓ **Espaciado:** Es la distancia que hay entre discontinuidades paralelas, permite determinar el tamaño de los bloques que componen al macizo rocoso.
- ✓ **Rugosidad:** Este factor influye en la resistencia al corte, dependiendo de la apertura y espesor del relleno. Las ondulaciones (son de gran tamaño y provocan una fuerte expansión de la discontinuidad) y la aspereza (son pequeñas y desaparecen durante el desplazamiento de la discontinuidad) son dos factores que caracterizan la rugosidad de una discontinuidad.
- ✓ **Apertura:** Existen tres tipos de apertura: cerrada (no hay distancia entre los labios de la discontinuidad), abierta (hay una distancia entre los labios de la discontinuidad) y rellena (presencia de un material de relleno en los labios de la discontinuidad).
- ✓ **Relleno:** Es el material que se encuentra entre los labios de la discontinuidad, se recomienda medir los espesores máximos y mínimos para poder determinar el espesor de relleno.

- **Agua en las discontinuidades**

La circulación de agua en el macizo rocoso se da a lo largo de las discontinuidades a excepción de las rocas sedimentarias, en este caso el agua circula a través de los poros del material rocoso.

En el caso de discontinuidades cerradas, se denomina impermeable debido a que no permite la circulación de agua.

En discontinuidades abiertas o con presencia de relleno, se denomina húmeda porque el agua circula en mínimas cantidades.

Cuando el agua tiene mayor fluidez se le otorga el término de goteo.

- **Familia de discontinuidades**

En un macizo rocoso se pueden encontrar diversas familias de discontinuidades las cuales influyen en su comportamiento, teniendo en cuenta que mientras más familias existan será mayor la inestabilidad del macizo rocoso. Para hallar el número de familias se trazarán los polos usando la red polar equiareal mediante proyección estereográfica.

### **2.2.3.5. Estabilidad de la roca**

La inestabilidad de los taludes está influenciada por las características geomecánicas del macizo rocoso, el estado de conservación del talud y las condiciones de flujo del agua.

Los análisis de estabilidad de taludes tienen como finalidad identificar y estimar las posibilidades de que ocurra una falla en el macizo rocoso y a la vez crear mecanismo que puedan contener los derrumbes evitando que ocurran sucesos devastadores en las zonas cercanas al talud.

La estabilidad de un talud se ve afectada por la erosión, la saturación de los suelos, variaciones en la resistencia al esfuerzo

cortante, cargas externas y otras actividades realizadas en el pie o corona del talud.

Dentro de los tipos de falla más comunes tenemos:

- **Falla planar:** Este tipo de fallas se basa en derrumbes de masas rocosas a lo largo de la cara del talud, esto es observable en las carreteras
- **Falla en cuña:** Este tipo de deslizamientos de masas rocosas se da a lo largo de dos o más discontinuidades



## 2.3. Marco conceptual

### **Análisis estereográfico**

Representación bidimensional de las discontinuidades o planos discontinuos determinados a través de la toma de datos estructurales en el afloramiento rocoso, donde cada dato obedece a una orientación e inclinación (Ortega, 2018, pág. 57).

### **Dips**

Es el software de Rocscience que permite realizar la representación estereográfica a partir de los datos estructurales tomados en campo; además, nos ayuda con el análisis cinemático para ver si hay posibilidad de rotura en el afloramiento (Ortega, 2018, pág. 58).

### **Discontinuidad**

Es cualquier plano de origen mecánico o sedimentario que independiza o separa los bloques de matriz rocosa en un macizo rocoso (Mamani, 2022, pág. 24).

### **Gálibo**

Altura libre mínima entre el punto más alto de la calzada y el punto más bajo de la bóveda (o de los equipos situados bajo ella) que debe mantenerse permanentemente para permitir el paso del tráfico autorizado (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016, pág. 31).

### **Geotecnia**

La geotecnia se ocupa de la aplicación de principios geológicos y de ingeniería al comportamiento de suelos rocas y aguas subterráneas además del estudio de las propiedades mecánicas, hidráulicas y de ingeniería de los materiales del suelo y rocas para diseñar los cimientos de estructuras y obras geotécnicas y civiles como túneles, edificios, puentes entre otros (Mamani, 2022, pág. 27).

### **Índice Is (50)**

Es el resultado de realizar ensayos a muestras de roca de geometría irregular, corregidos al diámetro de 50 milímetros, con el fin de correlacionar el valor con la resistencia a la compresión simple (Ortega, 2018, pág. 58).

### **Macizo rocoso**

Es un medio discontinuo, anisótropo y heterogéneo conformado en conjunto tanto por bloques de matriz rocosa y distintos tipos de

discontinuidades que afectan al medio rocoso (Mamani, 2022, pág. 24).

**Persistencia:** Es la extensión en longitud o tamaño de una discontinuidad. Cuanto menor sea la persistencia, la masa rocosa será más estable y cuanto mayor sea esta, será menos estable (Mamani, 2022, pág. 25).

### **RQD**

El índice RQD (Rock Quality Designation) desarrollado por Deere entre 1963 y 1967, se define como la sumatoria de los porcentajes de recuperación de testigos de más de 10 cm de longitud sobre la longitud total de perforación (Ortega, 2018, pág. 57).

### **Resistencia a compresión simple**

Es un ensayo destructivo realizado en laboratorio, para determinar la carga aplicada en la superficie de una muestra cilíndrica. Esto me indica el esfuerzo máximo que podría soportar cada muestra de roca (Ortega, 2018, pág. 58).

### **Rocscience**

Es un paquete computacional afín a la geotecnia y análisis de las rocas y suelos. Entre sus programas comunes tiene el de análisis de estabilidad de taludes, análisis estereográfico, modelamiento por elementos finitos, entre otros (Ortega, 2018, pág. 57).

### **Túnel**

Los túneles son obras de carácter singular respecto al resto del trazo de la red de la cual forman parte. Se trata de obras en que el espacio está limitado a la sección transversal, su acceso no es posible desde cualquier punto y tienen unas características físicas diferentes al resto del trazo. Los túneles son obras que no pueden tener un proyecto tipo, sino que cada uno de ellos es un caso particular que debe estudiarse separadamente. La implantación en el terreno, características geométricas de planta y perfil, la sección transversal y los métodos de construcción están estrechamente ligados a la geología, tipos de terreno, volumen de tráfico, zona rural o urbana, etcétera (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016, pág. 31).

## 2.4. Sistema de hipótesis

Es posible que la geotecnia del terreno permita una adecuada realización del diseño geotécnico un túnel en kilómetro 61 de la carretera Trujillo – Otuzco.

## 2.5. Variables e indicadores

### 2.5.1. Variable dependiente

Método RMR

### 2.5.2. Variable independiente

Diseño geotécnico de un túnel

**Tabla 15:**

*Tabla de operacionalización de variable independiente*

<b>Operacionalización De Variables</b>			
<b>Variable independiente</b>			
<b>Definición Conceptual</b>	<b>Dimensión(es)</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Técnicas e instrumentos</b>
<p>“El diseño geotécnico de un túnel, es un texto que aplica las técnicas desarrolladas de mecánica de suelos, roca y construcción de túneles. Con los conocimientos básicos de la ingeniería geotecnia” (Diseño geotécnico de túneles, 1997, p.1).</p>	<p>Clasificación geotécnica</p> <p>Geomecánica de rocas</p>	<p>Tipo de roca</p> <p>Resistencia de rocas</p>	<p>Observación</p> <p>Imágenes satelitales</p>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 16:***Tabla de operacionalización de variable dependiente*

<b>Variable dependiente</b>			
<b>Definición Conceptual</b>	<b>Dimensión(es)</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Técnicas e instrumentos</b>
Para el diseño de un túnel geotécnico se requiere de técnicas, geotécnicas como el método RMR; el método consiste en criterios con valores acumulativos para determinar el factor de diseño geotécnico al obtener las muestras de rocas (Tópicos de ingeniería de túneles,2002, p.124).	Diseños de túneles geotécnicos en carreteras  Diseños de túneles geotécnicos en vías urbanas  Diseño de túneles geotécnicos en minería.	Sostenimiento geotécnico	Toma de datos  Características de los macizos rocosos.

**Fuente:** Elaboración propia

### III. METODOLOGÍA EMPLEADA

#### 3.1. Tipo y nivel de investigación

##### 3.1.1. De acuerdo a la orientación o finalidad

Según su orientación es una investigación **aplicada** porque mediante los estudios geotécnicos realizados buscamos determinar la viabilidad para realizar un adecuado diseño de un túnel que beneficiará a la población del sector y mejorará la infraestructura vial de la región.

##### 3.1.2. De acuerdo a la técnica de contrastación

Según su técnica de contrastación, esta investigación es **descriptiva** porque mediante la observación analizamos la geomecánica del macizo rocoso de la zona de estudio.

#### 3.2. Población y muestra de estudio

##### 3.2.1. Población

La población a considerar para esta investigación es la carretera de Trujillo a Otuzco, departamento de La Libertad.

##### 3.2.2. Muestra

La muestra a considerar será un macizo rocoso que está en el kilómetro 61 de la carretera Trujillo – Otuzco de la zona de estudio.

#### 3.3. Diseño de investigación

Según su orientación es una investigación aplicada porque mediante los estudios geotécnicos realizados buscamos determinar la viabilidad para realizar un adecuado diseño de un túnel que beneficiará a la población del sector y mejorará la infraestructura vial de la región.

Según su técnica de contrastación, esta investigación es descriptiva porque mediante la observación analizamos la geomecánica del macizo rocoso de la zona de estudio.

Según el tipo de datos, esta investigación es cuantitativa porque recolectamos información mediante los ensayos de laboratorio, toma de datos en campo y análisis de muestras del macizo rocoso.

Además, según el tipo de manipulación de las variables, es una investigación pre experimental, porque mediante los ensayos geotécnicos realizados podemos determinar la viabilidad para el diseño estructural de un túnel.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de investigación

**Tabla 17:** Tabla de técnicas e instrumentos de investigación

Técnicas	Instrumentos	Descripción
Levantamiento topográfico	Software ArcGis	Mediante el software ArcGis logramos conocer la orografía del terreno, cotas y curvas de nivel.
Mecánica de rocas	Laboratorio de suelos y geotecnia	Se realizará la extracción de diamantina en rocas para someterla a ensayos de propiedades físicas, compresión simple y carga puntual.
Orientación de las discontinuidades	Software Rocscience disp	Mediante el software Rocscience disp calculamos la orientación de las discontinuidades para determinar si la excavación es a favor o en contra del buzamiento.

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.5. Procesamiento y análisis de datos

- Mediante el uso del software ArcGis, se realizó un levantamiento topográfico de la zona de estudio para poder realizar un plano topográfico con la finalidad de conocer la orografía del terreno sobre el cual se desarrollará el diseño geotécnico de un túnel.
- En campo, se desarrolló la extracción de diamantina en rocas en cinco puntos establecidos a lo largo del recorrido planteado para el diseño del túnel.
- Para el diseño geotécnico del túnel, se utilizó los testigos para ser sometidos a los ensayos de carga puntual, compresión simple y propiedades físicas de la roca en estudio.
- En campo, se recolectaron datos como la abertura, persistencia, relleno y alteración del macizo rocoso en cada punto del RMR en mención.
- Se utilizó el software Rocscience disp. para determinar si la excavación

será a favor o en contra del buzamiento y de esta forma calificar si es muy favorable, favorable, media desfavorable, desfavorable o muy desfavorable.

- Con los resultados obtenidos se procederá a realizar el Método RMR para determinar la calidad del macizo rocoso según el método en mención.
- Se realizó una identificación geológica del macizo rocoso, donde se analiza su calidad.

## **IV. PRESENTACION DE RESULTADOS**

### **4.1. Propuesta de investigación**

Anteponiendo nuestro objetivo principal de realizar un diseño geotécnico de un túnel en el tramo del kilómetro 61 de la carretera Trujillo – Otuzco, mediante la metodología RMR, se realizaron ensayos de mecánicas de rocas (extracción de diamantina, compresión simple y carga puntual) y propiedades físicas para conocer el comportamiento del macizo rocoso y así poder realizar un correcto diseño geotécnico empleando el método RMR.

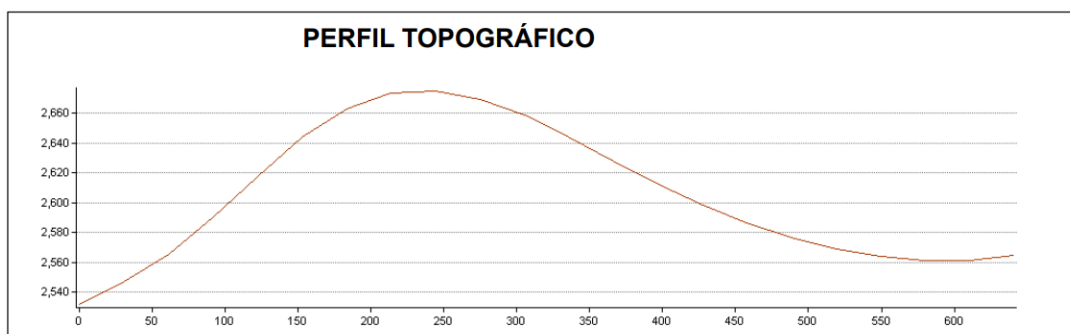
### **4.2. Análisis e interpretación de resultados**

#### **4.2.1. Topografía de la zona de estudio**

La presente investigación tiene como zona de estudio el kilómetro 61 de la carretera Trujillo – Otuzco, en el cuál planteamos un diseño geotécnico, mediante el método RMR, para la construcción de un túnel, para ello es necesario conocer la topografía de la zona en mención. Para ello se realizó un levantamiento topográfico haciendo uso del software ArcGis con la principal finalidad de conocer la orografía del terreno, tomando como sistema de proyección el Universal Transversal de Mercator (U.T.M – WGS 84).

Luego de realizar el levantamiento topografico, conocimos que en el tramo en evaluación se tiene una altura minima de 2410 m.s.n.m. y una altura maxima aproximada de 2660 m.s.n.m. lo cual se pudo constatar en campo mediante el uso de GPS.



**Figura 19 Perfil topográfico**

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.1. Diseño Geotécnico

##### RMR 1

- Resistencia de la matriz rocosa

**Tabla 18**

Resistencia de la matriz rocosa – RMR 1

RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA (MPA)						
Ensayo de carga puntual (MPA)						
> 100	100 - 40	40 - 20	20 - 10			
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>						
Muestra de la extracción: 42.5 MPA						
Compresión simple (MPA)						
> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>						
Muestra de la extracción: 27.2 MPA						
PUNTUACIÓN						
15	12	7	4	2	1	0

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 19**  
**Ensayo de carga puntual – RMR 1**

RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA (MPA) - MUESTRA (1)					
ENSAYO DE CARGA PUNTUAL (MPa)					
N°	DE^2	PRESIÓN HIDRÁULICA PFALL (KN)	PRESIÓN CORREGIDA PFALL (KN)	IS CALCULADO (MPA)	FACTOR DE CORRECCIÓN (F)
1	2304	8.32	8.29	3.6	0.98

N°	IS (60) CORREGIDO (MPA)	α0 CALCULADO (MPA)	CLASIFICACIÓN	TIPO DE ROTURA	I (INDICE DE RESISTENCIA)
1	3.5	85	R4	A	42.5

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 20**  
**Ensayo de compresión simple – RMR 1**

COMPRESIÓN SIMPLE (MPA) - MUESTRA (1)					
ENSAYO DE CARGA PUNTUAL (MPa)					
IDENTIFICACIÓN	FECHA DE EXTRACCIÓN	FECHA DE ROTURA	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	PESO (KG)
MUESTRA I	11/11/2022	12/11/2022	4.8	10	0.479

PUC (KG/M3)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIAMETRO	FUERZA MÁXIMA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	ESFUERZO (MPA)
2647	3	2.08	4800	272	27.2


**Fuente:** Elaboración propia

Se obtiene un valor de carga puntual de 85 MPA, que equivale a 2Is (índice de resistencia a la carga puntual). Por lo tanto, el valor de Is es 42.5 MPA. Por otro lado, en el ensayo de compresión simple se obtiene un valor de 27.2 MPA.

En el primer ítem, la resistencia de la matriz rocosa está determinada por el valor de la carga puntual el cual está comprendido en el rango de 100 – 40 obteniendo una puntuación de “12”.

- RQD

**Tabla 21**  
Cálculo del RQD – RMR 1

CÁLCULO DEL RQD - MUESTRA (1)					
LONGITUD DE LA MUESTRA RECUPERADA (CENTIMETROS)	MUESTRA		RECUPERACIÓN MODIFICADA (CENTIMETROS)		
18.2			18.2		
1.6			1.6		
12.4			12.4		
Σ	32.2	LONGITUD TOTAL (CM)	Σ	30.6	
		33			
RECUPERACION PORCENTAJE	97.6	%	RQD PORCENTAJE	<b>92.7</b>	%

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 22**  
Puntuación del RQD – RMR 1

PUNTUACIÓN DEL RQD				
RQD				
100 - 90 %	90 - 75 %	75 - 50 %	50 - 25 %	< 25 %
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>				
Muestra de la extracción: 92.7 %				
PUNTUACIÓN				
20	17	13	6	3

**Fuente:** Elaboración propia

El RQD de la muestra tomada es de 92.7 %, lo que nos indica en la tabla número 4 que nos enfrentamos a una roca de condición excelente. Ahora mediante la tabla 5 determinamos que le corresponde una puntuación de “20”.

- **Separación de discontinuidades**

**Tabla 23**

*Separación de discontinuidades – RMR 1*

SEPARACION DE DISCONTINUIDADES - MUESTRA (1)				
TOMA DE PUNTO I	19.4	CENTIMETROS (CM)	0.19	METROS (M)
TOMA DE PUNTO II	25.2	CENTIMETROS (CM)	0.25	METROS (M)
TOMA DE PUNTO III	35.7	CENTIMETROS (CM)	0.36	METROS (M)
TOMA DE PUNTO IV	18.6	CENTIMETROS (CM)	0.19	METROS (M)
TOMA DE PUNTO V	15.3	CENTIMETROS (CM)	0.15	METROS (M)
TOMA DE PUNTO VI	25.1	CENTIMETROS (CM)	0.25	METROS (M)
TOMA DE PUNTO VII	37.3	CENTIMETROS (CM)	0.37	METROS (M)
TOMA DE PUNTO VIII	39.5	CENTIMETROS (CM)	0.40	METROS (M)
TOMA DE PUNTO IX	48.9	CENTIMETROS (CM)	0.49	METROS (M)
TOMA DE PUNTO X	44.7	CENTIMETROS (CM)	0.45	METROS (M)
SUMATORIA PROMEDIO ( $\Sigma$ )	30.97	CENTIMETROS (CM)	0.31	METROS (M)

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 24**

*Puntuación de la separación de discontinuidades – RMR 1*

PUNTUACIÓN DE LA SEPARACIÓN DE DISCONTINUIDADES				
SEPARACIÓN DE DISCONTINUIDADES				
> 2 M	2 - 0.6 M	0.6 - 0.2 M	0.2 - 0.06 M	< 0.06 M
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>				
Muestra de la extracción: 0.31 M				
PUNTUACIÓN				
20	15	10	8	5

**Fuente:** Elaboración propia

Luego de tomar 10 valores en la muestra 1, se obtuvo un promedio de 0.31 m. este valor obtenido, según la tabla 6, se ubica en el rango de 0.6 – 0.2 M, obteniendo una puntuación de “10”.

- **Estado de las discontinuidades**

**Tabla 25**

*Persistencia – RMR 1*

PERSISTENCIA - MUESTRA (1)				
TOMA DE PUNTO I	49.7	CENTIMETROS (CM)	0.50	METROS (M)
TOMA DE PUNTO II	35.3	CENTIMETROS (CM)	0.35	METROS (M)
TOMA DE PUNTO III	34.8	CENTIMETROS (CM)	0.35	METROS (M)
TOMA DE PUNTO IV	24.7	CENTIMETROS (CM)	0.25	METROS (M)
TOMA DE PUNTO V	25.2	CENTIMETROS (CM)	0.25	METROS (M)
TOMA DE PUNTO VI	50.1	CENTIMETROS (CM)	0.50	METROS (M)
TOMA DE PUNTO VII	25.4	CENTIMETROS (CM)	0.25	METROS (M)
TOMA DE PUNTO VIII	19.6	CENTIMETROS (CM)	0.20	METROS (M)
TOMA DE PUNTO IX	18.8	CENTIMETROS (CM)	0.19	METROS (M)
TOMA DE PUNTO X	14.7	CENTIMETROS (CM)	0.15	METROS (M)
SUMATORIA PROMEDIO ( $\Sigma$ )	29.83	CENTIMETROS (CM)	<b>0.30</b>	METROS (M)

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 26**  
Abertura – RMR 1

ABERTURA - MUESTRA (1)		
TOMA DE PUNTO I	0.27	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO II	0.28	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO III	0.19	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO IV	0.08	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO V	0.07	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO VI	0.12	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO VII	0.07	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO VIII	0.22	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO IX	0.92	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO X	0.19	MILIMETROS (MM)
SUMATORIA PROMEDIO ( $\Sigma$ )	0.24	MILIMETROS (MM)

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 27**  
Rugosidad – RMR 1

RUGOSIDAD - MUESTRA (1)			
TOMA DE PUNTO I	RUGOSO		5
TOMA DE PUNTO II	MUY RUGOSO		6
TOMA DE PUNTO III	ONDULADO	VALORES	1
TOMA DE PUNTO IV	MUY RUGOSO	OTORGADOS	6
TOMA DE PUNTO V	ONDULADO	POR LOS	1
TOMA DE PUNTO VI	RUGOSO	PARÁMETROS	5
TOMA DE PUNTO VII	RUGOSO	DE	5
TOMA DE PUNTO VIII	RUGOSO	CLASIFICACIÓN	5
		RMR	
TOMA DE PUNTO IX	MUY RUGOSO		6
TOMA DE PUNTO X	MUY RUGOSO		6
SUMATORIA PROMEDIO ( $\Sigma$ )	RUGOSO		5

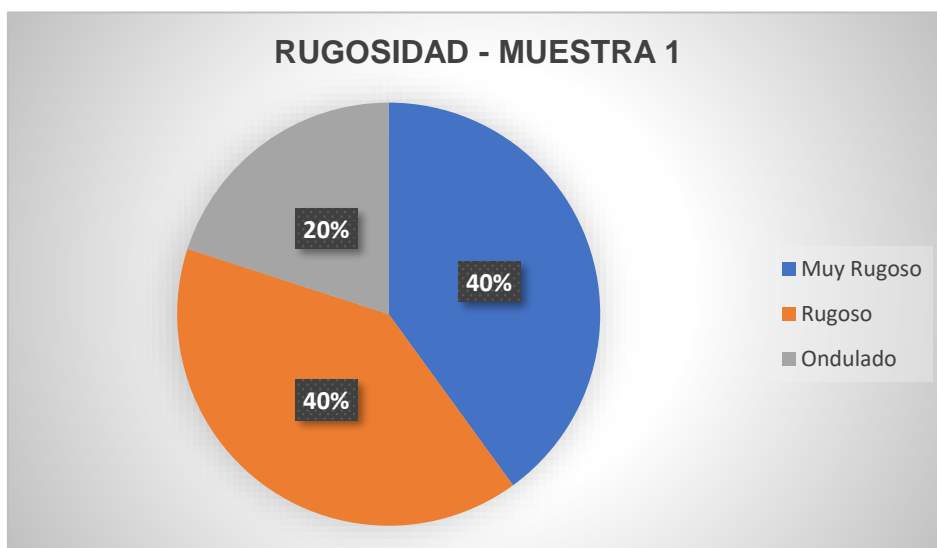
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 28**  
Leyenda de valores de rugosidad – RMR 1

RUGOSIDAD	
SUAVE	0
ONDULADO	1
LIGERAMENTE RUGOSO	3
RUGOSO	5
MUY RUGOSO	6

Fuente: Elaboración propia

**Figura 20**  
Gráfico estadístico de rugosidad - muestra 1



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 29**  
Relleno – RMR 1

RELLENO - MUESTRA (1)			
TOMA DE PUNTO I	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO	1
TOMA DE PUNTO II	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO	1
TOMA DE PUNTO III	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO	1
TOMA DE PUNTO IV	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO	1
TOMA DE PUNTO V	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO	1
TOMA DE PUNTO VI	NINGUNO		6
TOMA DE PUNTO VII	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO	1
TOMA DE PUNTO VIII	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO	1
TOMA DE PUNTO IX	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO	1
TOMA DE PUNTO X	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO	1
SUMATORIA PROMEDIO ( $\Sigma$ )	RELLENO SUAVE < 5 mm		1

VALORES OTORGADOS POR LOS PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN RMR

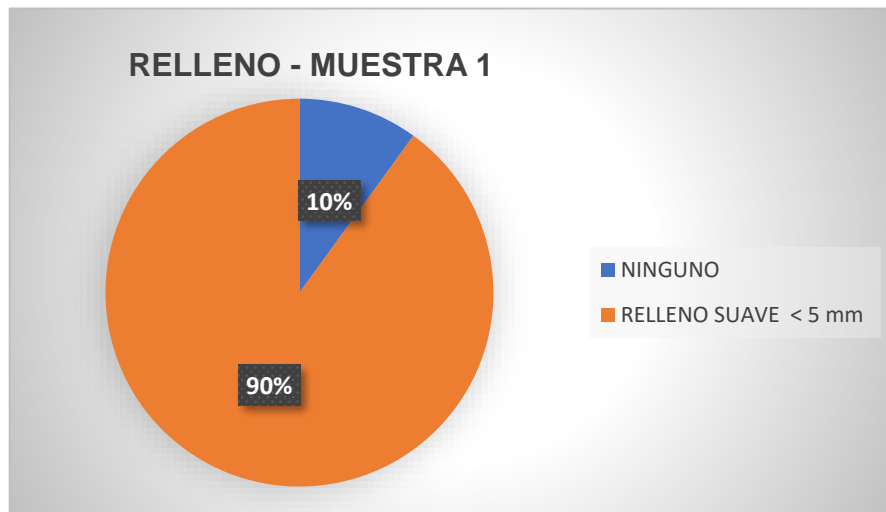
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 30**  
Leyenda de valores de relleno – RMR 1

RELLENO	
NINGUNO	6
RELLENO DURO < 5 mm	4
RELLENO DURO > 5 mm	2
RELLENO SUAVE < 5 mm	1
RELLENO SUAVE > 5 mm	0

Fuente: Elaboración propia

**Figura 21**  
Gráfico estadístico de relleno



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 31**  
Alteración – RMR 1

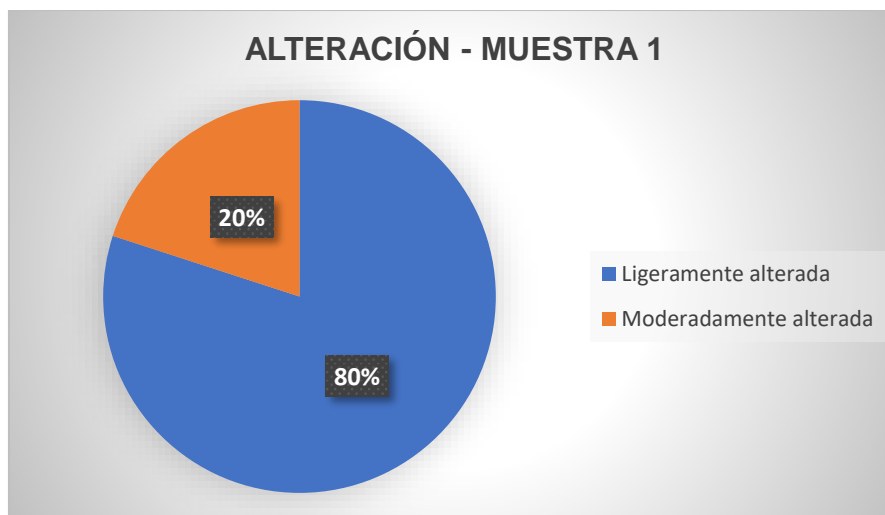
ALTERACIÓN - MUESTRA (1)			
TOMA DE PUNTO I	LIGERAMENTE ALTERADA		5
TOMA DE PUNTO II	LIGERAMENTE ALTERADA		5
TOMA DE PUNTO III	LIGERAMENTE ALTERADA	VALORES	5
TOMA DE PUNTO IV	LIGERAMENTE ALTERADA	OTORGADOS	5
TOMA DE PUNTO V	LIGERAMENTE ALTERADA	POR LOS	5
TOMA DE PUNTO VI	MODERADAMENTE ALTERADA	PARÁMETROS	3
TOMA DE PUNTO VII	LIGERAMENTE ALTERADA	DE	5
TOMA DE PUNTO VIII	LIGERAMENTE ALTERADA	CLASIFICACIÓN	5
TOMA DE PUNTO IX	MODERADAMENTE ALTERADA	RMR	3
TOMA DE PUNTO X	LIGERAMENTE ALTERADA		5
SUMATORIA PROMEDIO ( $\Sigma$ )	LIGERAMENTE ALTERADA		5

Fuente: Elaboración propia



**Tabla 32***Leyenda de valores de alteración – RMR 1*

ALTERACIÓN	
INALTERADA	6
LIGERAMENTE ALTERADA	5
MODERADAMENTE ALTERADA	3
MUY ALTERADA	1
DESCOMPUESTA	0

**Fuente:** Elaboración propia**Figura 22***Gráfico estadístico de alteración – muestra 1***Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 33**  
**Puntuación del estado de las discontinuidades – RMR 1**

PUNTUACIÓN DEL ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES				
PERSISTENCIA				
< 1 M	1 - 3 M	3 - 10 M	10 - 20 M	> 20 M
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>				
Muestra de la extracción: 0.30 M				
PUNTUACIÓN				
6	4	2	1	0
ABERTURA				
CERRADA	< 0.1 MM	0.1 - 1 MM	1 - 5 MM	> 5 MM
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>				
Muestra de la extracción: 0.24 MM				
PUNTUACIÓN				
6	5	3	1	0
RUGOSIDAD				
MUY RUGOSO	RUGOSO	LIGERAMENTE RUGOSO	ONDULADO	SUAVE
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>				
Muestra de la extracción: RUGOSO				
PUNTUACIÓN				
6	5	3	1	0
RELLENO				
MUY RUGOSO	RELLENO DURO < 5 MM	RELLENO DURO > 5 MM	RELLENO SUAVE < 5 MM	RELLENO SUAVE > 5 MM
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>				
Muestra de la extracción: RELLENO SUAVE < 5 MM				
PUNTUACIÓN				
6	4	2	1	0
ALTERACIÓN				
INALTERADA	LIGERAMENTE ALTERADA	MODERADAMENTE ALTERADA	MUY ALTERADA	DESCOMPUESTA
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>				
Muestra de la extracción: LIGERAMENTE ALTERADA				
PUNTUACIÓN				
6	5	3	1	0

**Fuente:** Elaboración propia

La separación de las continuidades abarca los siguientes campos:

- Persistencia: Se obtuvo un promedio de 0.30 M el cuál se ubica en el rango <1M con una puntuación de “6”.
- Abertura: Se obtuvo un promedio de 0.24 mm, con lo cual se ubica en el rango 0.1 – 1 mm con una puntuación “3”.

- Rugosidad: La muestra obtenida se considera como rugosa, por lo cual obtiene una puntuación de “5”.
- Relleno: El promedio obtenido nos da un valor de relleno suave < 5mm con una puntuación de “1”.
- Alteración: El promedio de los datos tomados en campo, nos determina que la muestra es ligeramente alterada con una puntuación de “5”.

- **Agua freática**

**Tabla 34**

*Puntuación según el agua freática – RMR 1*

PUNTUACIÓN SEGÚN EL AGUA FREÁTICA				
CAUDAL POR 10 M DE TUNEL				
NULO	< 10 LIT./MIN	10 - 25 LIT./MIN	25 - 125 LIT./MIN.	> 125 LIT./MIN.
RELACIÓN PRESIÓN DE AGUA/TENSIÓN PRINCIPAL MAYOR				
0	0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5
ESTADO GENERAL				
SECO	LIGERAMENTE HÚMEDO	HÚMEDO	GOTEADO	AGUA FLUYENDO
Muestra de la extracción: LIGERAMENTE HÚMEDO				
PUNTUACIÓN				
6	5	3	1	0

**Fuente:** Elaboración propia

En el RMR 1, asumimos el valor de ligeramente húmedo debido a que en su interior existe una red de flujo a una determinada profundidad. Por tal motivo, en esta muestra 1 se obtiene una puntuación de “5”.

- **Orientación de las discontinuidades**

**Tabla 35***Orientación de las discontinuidades – RMR 1*

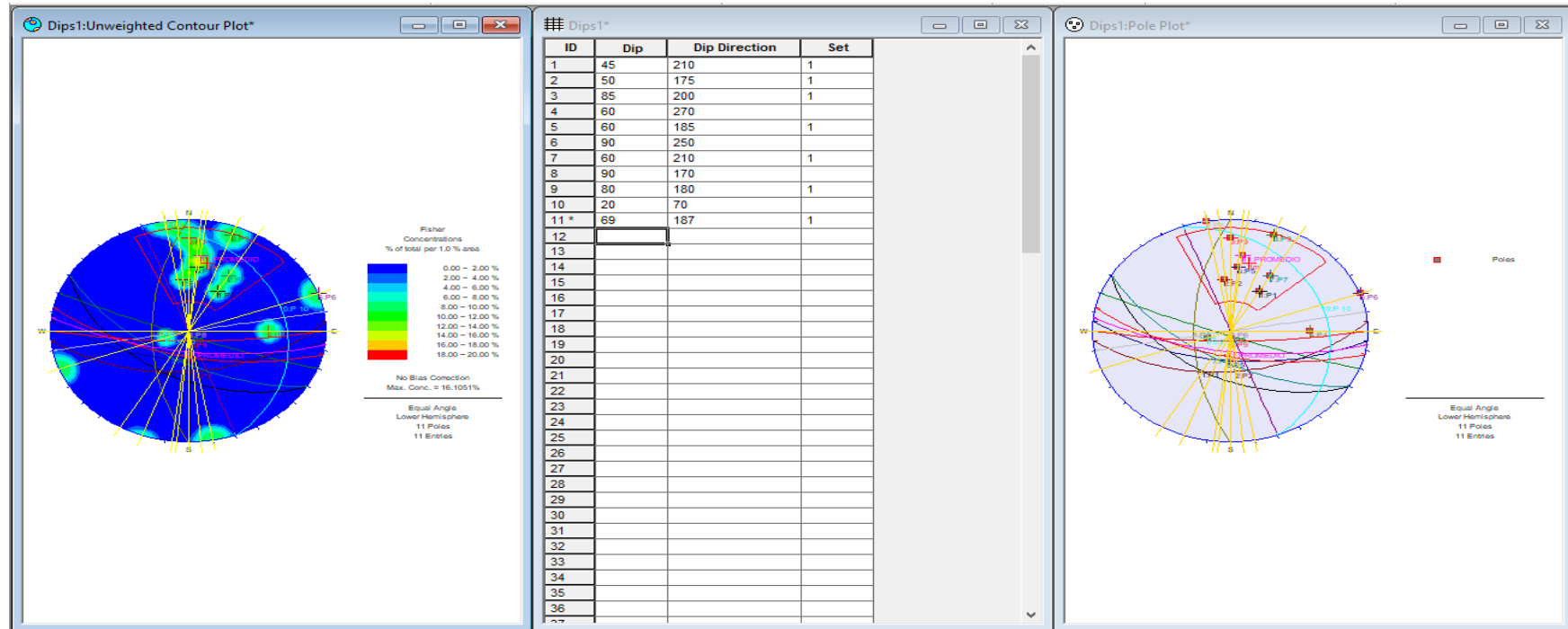
ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - MUESTRA (1)					
PUNTOS	PUNTOS DISP			°	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
	DIP	DIRECCIÓN DIP	DIP + 90		
TOMA DE PUNTO I	45	210	135	(GRADOS)	A FAVOR DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO II	50	175	140	(GRADOS)	A FAVOR DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO III	85	200	175	(GRADOS)	A FAVOR DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO IV	60	270	150	(GRADOS)	A FAVOR DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO V	60	185	150	(GRADOS)	A FAVOR DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO VI	90	250	180	(GRADOS)	A FAVOR DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO VII	60	210	150	(GRADOS)	A FAVOR DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO VIII	90	170	180	(GRADOS)	A FAVOR DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO IX	80	180	170	(GRADOS)	A FAVOR DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO X	70	20	160	(GRADOS)	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO
PROMEDIO DE PUNTOS	69	187	159	(GRADOS)	A FAVOR DEL BUZAMIENTO

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 23***Gráfico estadístico de la dirección perpendicular al eje del túnel – muestra 1*

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 24**  
Plano estratigráfico de la muestra 1



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 36**  
Dirección perpendicular al eje del túnel – RMR 1

DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL	
EXCAVACIÓN A FAVOR DEL BUZAMIENTO	
BUZAMIENTO 45° - 90° MUY FAVORABLE	BUZAMIENTO 20° - 45° FAVORABLE
EXCAVACIÓN EN CONTRA DEL BUZAMIENTO	
BUZAMIENTO 45° - 90° MEDIA	BUZAMIENTO 20° - 45° DESFAVORABLE
DIRECCIÓN PARALELA AL EJE DEL TUNEL	
BUZAMIENTO 45° - 90° MUY DESFAVORABLE	BUZAMIENTO 20° - 45° MEDIA
CUALQUIER DIRECCIÓN AL EJE DEL TUNEL	
BUZAMIENTO 0° - 20°	MUY FAVORABLE
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>	
DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL	69 A FAVOR DEL BUZAMIENTO

**Fuente:** Elaboración propia

En la muestra 1, según la excavación a favor del buzamiento, se obtuvo un valor de buzamiento de 69° ubicado en el rango de 45° - 90° por lo cual se le considera una condición de muy favorable.

- **Corrección por orientación de las discontinuidades**

**Tabla 37**  
Corrección por orientación de las discontinuidades – RMR 1

CORRECCIÓN POR ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES					
DIRECCIÓN Y BUZAMIENTO	MUY FAVORABLE	FAVORABLE	MEDIA	DESFAVORABLE	MUY DESFAVORABLE
TÚNEL	0	-2	-5	-10	-12
PUNTACIÓN CIMENTACIONES	0	-2	-7	-15	-25
TALUDES	0	-5	-25	-50	-60

**Fuente:** Elaboración propia

En la muestra 1, se determinó que la orientación de las discontinuidades en el túnel es muy favorable, por lo tanto, recibe un valor de "0" en la corrección por orientación de las discontinuidades.

- Clasificación del macizo rocoso

**Tabla 38***Clasificación geomecánica RMR 1*

		CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR (1)							
REFERENCIA:		KILOMETRO 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO							
COORDENADAS GEOGRÁFICAS		U:	17M0740792	UTM:	9173586	H:	2419		
		PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN							
1	RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA (MPA)	ENSAYO DE CARGA PUNTUAL (MPA)	> 100	100 - 40	40 - 20	20 - 10			
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"							
		Muestra de la extracción N°(1):	42.5		MPA				
		COMPRESIÓN SIMPLE (MPA)	> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"							
		Muestra de la extracción N°(1):	27.2		MPA				
		PUNTUACIÓN	15	12	7	4	2	1	0
			100 - 90 %	90 - 75 %	75 - 50 %	50 - 25 %	< 25 %		
2	RQD	DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"							
		Muestra de la extracción N°(1):	92.7		%				
		PUNTUACIÓN	20	17	13	6	3		
3	SEPARACION DE DISCONTINUIDADES	> 2 M	2 - 0.6 M	0.6 - 0.2 M	0.2 - 0.06 M	< 0.06 M			
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"							
		Muestra de la extracción N°(1):	0.31		M				
		PUNTUACIÓN	20	15	10	8	5		
4	ESTADO DE LAS DISCOS	PERSISTENCIA	< 1 M	1 - 3 M	3 - 10 M	10 - 20 M	> 20 M		
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"							

		Muestra de la extracción N°(1):			0.30	m
PUNTUACIÓN	6	4	2	1	0	
ABERTURA	CERRADA	< 0.1 MM	0.1 - 1 MM	1 - 5 MM	> 5 MM	
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"				
		Muestra de la extracción N°(1):			0.24	MM
PUNTUACIÓN	6	5	3	1	0	
RUGOSIDAD	MUY RUGOSO	RUGOSO	LIGERAMENTE RUGOSO	ONDULADO	SUAVE	
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"				
		Muestra de la extracción N°(1):			RUGOSO	
PUNTUACIÓN	6	5	3	1	0	
RELLENO	NINGUNO	RELLENO DURO < 5 MM	RELLENO DURO > 5 MM	RELLENO SUAVE < 5 MM	RELLENO SUAVE > 5 MM	
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"				
		Muestra de la extracción N°(1):			RELLENO SUAVE < 5 mm	
PUNTUACIÓN	6	4	2	1	0	
ALTERACIÓN	INALTERADA	LIGERAMENTE ALTERADA	MODERADAMENTE ALTERADA	MUY ALTERADA	DESCOMPUESTA	
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"				
		Muestra de la extracción N°(1):			LIGERAMENTE ALTERADA	
PUNTUACIÓN	6	5	3	1	0	
CAUDAL POR 10 m DE TÚNEL	NULO	< 10 LIT./MIN.	10 - 25 LIT./MIN.	25 - 125 LIT./MIN.	> 125 LIT./MIN.	
RELACIÓN PRESIÓN DE AGUA/ TENSIÓN	0	0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5	

5

AGUA  
FREÁTICA



PRINCIPAL MAYOR		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"				
ESTADO GENERAL	SECO	LIGERAMENTE HÚMEDO	HÚMEDO	GOTEADO	AGUA FLUYENDO	
	Muestra de la extracción N°(1):					
PUNTUACIÓN	6	5	3	1	0	
ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL						
DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL						
EXCAVACIÓN A FAVOR DEL BUZAMIENTO			ENCAVACIÓN EN CONTRA DEL BUZAMIENTO			
BUZAMIENTO 45° - 90°	MUY FAVORABLE		BUZAMIENTO 45° - 90°	MEDIA		
BUZAMIENTO 20° - 45°	FAVORABLE		BUZAMIENTO 20° - 45°	DESFAVORABLE		
DIRECCIÓN PARALELA AL EJE DEL TÚNEL			CUALQUIER DIRECCIÓN AL EJE DEL TÚNEL			
BUZAMIENTO 45° - 90°	MUY DESVORABLE		BUZAMIENTO 0° - 20°	MUY FAVORABLE		
BUZAMIENTO 20° - 45°	MEDIA					
DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"			DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL		69	A FAVOR DEL BUZAMIENTO
CORRECIÓN POR ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES						
DIRECCIÓN Y BUZAMIENTO		MUY FAVORABLE	FAVORABLE	MEDIA	DESFAVORABLE	MUY DESFAVORABLE
PUNTACIÓN	TÚNEL	0	-2	-5	-10	-12
	CIMENTACIONES	0	-2	-7	-15	-25
	TALUDES	0	-5	-25	-50	-60
CLASIFICACIÓN DEL MACIZO ROCOSO SEGÚN EL RMR						
VALOR DEL RMR CALCULADO				67		
RMR	100 - 81		80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
CLASE	I		II	III	IV	V
CALIDAD	MUY BUENA		BUENA	MEDIA	MALA	MUY MALA
COHESIÓN	> 4 KP / CM2		3 - 4 KP / CM2	2 - 3 KP / CM2	1 - 2 KP / CM2	< 1 KP / CM2
ÁNGULO DE ROZAMIENTO	> 45°		35° - 45°	25° - 35°	15° - 25°	< 15°

TIEMPO DE AUTOSOORTE Y LONGITUD SIN SOSTENER	10 AÑOS	6 MESES	1 SEMANA	10 HORAS	30 MIN.
	15 M.	8 M.	5 M.	2.5 M.	1M.

---

**Fuente:** Elaboración propia

Para clasificar la calidad del macizo rocoso se suman los valores obtenidos previamente, en este caso la sumatoria nos da un valor de 67. Es decir, el macizo rocoso es de calidad buena, clase II con una cohesión de 3 – 4 kp/cm<sup>2</sup>, ángulo de rozamiento entre 35° - 45° y 6 meses de autosoporte con una longitud sin sostener de 8m.

**RMR 2**

- Resistencia de la matriz rocosa

**Tabla 39***Resistencia de la matriz rocosa - RMR 2*

RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA (MPA)						
Ensayo de carga puntual (MPa)						
> 100	100 - 40	40 - 20	20 - 10			
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>						
Muestra de la extracción: 106 MPA						
Compresión simple (MPa)						
> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>						
Muestra de la extracción: 50.8 MPA						
PUNTUACIÓN						
15	12	7	4	2	1	0

**Fuente:** Elaboración propia**Tabla 40***Ensayo de carga puntual - RMR 2*

RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA (MPa) - MUESTRA (2)					
ENSAYO DE CARGA PUNTUAL (MPa)					
N°	DE <sup>2</sup>	PRESIÓN HIDRÁULICA PFALL (KN)	PRESIÓN CORREGIDA PFALL (KN)	IS CALCULADO (MPa)	FACTOR DE CORRECCIÓN (F)
1	2304	20.82	20.74	9	0.98
N°	IS (60) CORREGIDO (MPa)	α0 CALCULADO (MPa)	CLASIFICACIÓN	TIPO DE ROTURA	I (INDICE DE RESISTENCIA)
1	8.8	212	R5	A	106

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 41**  
*Ensayo de compresión simple - RMR 2*

COMPRESIÓN SIMPLE (MPa) - MUESTRA (2)					
ENSAYO DE CARGA PUNTUAL (MPa)					
IDENTIFICACIÓN	FECHA DE EXTRACCIÓN	FECHA DE ROTURA	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	PESO (KG)
MUESTRA II	11/11/2022	12/11/2022	4.8	10	0.49
PUC (KG/M3)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIAMETRO	FUERZA MÁXIMA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	ESFUERZO (MPa)
2708	2	2.08	8970	508.3	50.83


**Fuente:** Elaboración propia

Se obtiene un valor de carga puntual de 212 MPA, que equivale a 2Is (índice de resistencia a la carga puntual). Por lo tanto, el valor de Is es 106 MPA. Por otro lado, en el ensayo de compresión simple se obtiene un valor de 50.83 MPA.

En el primer ítem, la resistencia de la matriz rocosa está determinada por el valor de la carga puntual el cual está comprendido en el rango de > 100 obteniendo una puntuación de “15”.

- RQD

**Tabla 42**  
Cálculo del RQD – RMR 2

CÁLCULO DEL RQD - MUESTRA (2)				
LONGITUD DE LA MUESTRA RECUPERADA (CENTIMETROS)		MUESTRA		RECUPERACIÓN MODIFICADA (CENTIMETROS)
0.5				
34.5				34.5
$\Sigma$	35	LONGITUD TOTAL (CM)	35	$\Sigma$ 34.5
RECUPERACION				RQD
PORCENTAJE	100 %			PORCENTAJE 98.6 %

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 43**  
Puntuación del RQD – RMR 2

PUNTUACIÓN DEL RQD				
RQD				
100 - 90 %	90 - 75 %	75 - 50 %	50 - 25 %	< 25 %
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>				
Muestra de la extracción: 98.6 %				
PUNTUACIÓN				
20	17	13	6	3

**Fuente:** Elaboración propia

El RQD de la muestra tomada es de 98.6 %, lo que nos indica en la tabla número 4 que nos enfrentamos a una roca de condición excelente. Ahora mediante la tabla 5 determinamos que le corresponde una puntuación de “20”.

- **Separación de discontinuidades**

**Tabla 44**

*Separación de discontinuidades – RMR 2*

SEPARACION DE DISCONTINUIDADES - MUESTRA (2)				
TOMA DE PUNTO I	75.6	CENTIMETROS (CM)	0.76	METROS (M)
TOMA DE PUNTO II	78.2	CENTIMETROS (CM)	0.78	METROS (M)
TOMA DE PUNTO III	76.3	CENTIMETROS (CM)	0.76	METROS (M)
TOMA DE PUNTO IV	68.7	CENTIMETROS (CM)	0.69	METROS (M)
TOMA DE PUNTO V	75.1	CENTIMETROS (CM)	0.75	METROS (M)
TOMA DE PUNTO VI	68.6	CENTIMETROS (CM)	0.69	METROS (M)
TOMA DE PUNTO VII	87.9	CENTIMETROS (CM)	0.88	METROS (M)
TOMA DE PUNTO VIII	80.7	CENTIMETROS (CM)	0.81	METROS (M)
TOMA DE PUNTO IX	81.9	CENTIMETROS (CM)	0.82	METROS (M)
TOMA DE PUNTO X	76.8	CENTIMETROS (CM)	0.77	METROS (M)
SUMATORIA PROMEDIO ( $\Sigma$ )	76.98	CENTIMETROS (CM)	0.77	METROS (M)

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 45**

*Puntuación de separación de discontinuidades – RMR 2*

PUNTUACIÓN DE LA SEPARACIÓN DE DISCONTINUIDADES				
SEPARACIÓN DE DISCONTINUIDADES				
> 2 M	2 - 0.6 M	0.6 - 0.2 M	0.2 - 0.06 M	< 0.06 M
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>				
Muestra de la extracción: 0.77 M				
PUNTUACIÓN				
20	15	10	8	5

**Fuente:** Elaboración propia

Luego de tomar 10 valores en la muestra 2, se obtuvo un promedio de 0.77 m. este valor obtenido, según la tabla 6, se ubica en el rango de 2 - 0.6 M, obteniendo una puntuación de “15”.

- Estado de las discontinuidades

**Tabla 46***Puntuación de la separación de discontinuidades – RMR 2*

PERSISTENCIA - MUESTRA (2)				
TOMA DE PUNTO I	21.2	CENTIMETROS (CM)	0.21	METROS (M)
TOMA DE PUNTO II	24.8	CENTIMETROS (CM)	0.25	METROS (M)
TOMA DE PUNTO III	27.4	CENTIMETROS (CM)	0.27	METROS (M)
TOMA DE PUNTO IV	22.6	CENTIMETROS (CM)	0.23	METROS (M)
TOMA DE PUNTO V	21.7	CENTIMETROS (CM)	0.22	METROS (M)
TOMA DE PUNTO VI	29.4	CENTIMETROS (CM)	0.29	METROS (M)
TOMA DE PUNTO VII	31.6	CENTIMETROS (CM)	0.32	METROS (M)
TOMA DE PUNTO VIII	23.5	CENTIMETROS (CM)	0.24	METROS (M)
TOMA DE PUNTO IX	27.8	CENTIMETROS (CM)	0.28	METROS (M)
TOMA DE PUNTO X	23.2	CENTIMETROS (CM)	0.23	METROS (M)
SUMATORIA PROMEDIO ( $\Sigma$ )	25.32	CENTIMETROS (CM)	0.25	METROS (M)

**Fuente:** Elaboración propia**Tabla 47***Abertura – RMR 2*

ABERTURA - MUESTRA (2)		
TOMA DE PUNTO I	0.09	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO II	0.08	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO III	0.03	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO IV	0.03	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO V	0.11	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO VI	0.05	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO VII	0.03	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO VIII	0.07	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO IX	0.05	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO X	0.13	MILIMETROS (MM)
SUMATORIA PROMEDIO ( $\Sigma$ )	0.07	MILIMETROS (MM)

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 48**  
Rugosidad – RMR 2

RUGOSIDAD - MUESTRA (2)			
TOMA DE PUNTO I	RUGOSO		5
TOMA DE PUNTO II	RUGOSO		5
TOMA DE PUNTO III	MUY RUGOSO	VALORES	6
TOMA DE PUNTO IV	MUY RUGOSO	OTORGADOS	6
TOMA DE PUNTO V	RUGOSO	POR LOS	5
TOMA DE PUNTO VI	RUGOSO	PARÁMETROS	5
TOMA DE PUNTO VII	RUGOSO	DE	5
TOMA DE PUNTO VIII	MUY RUGOSO	CLASIFICACIÓN	6
TOMA DE PUNTO IX	MUY RUGOSO	RMR	6
TOMA DE PUNTO X	MUY RUGOSO		6
SUMATORIA PROMEDIO ( $\Sigma$ )	RUGOSO		5

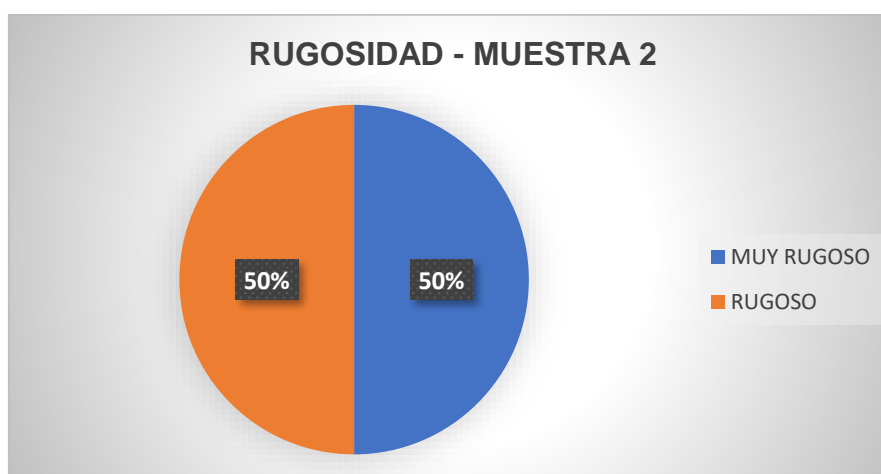
**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 49**  
Leyenda de valores de rugosidad – RMR 2

RUGOSIDAD	
SUAVE	0
ONDULADO	1
LIGERAMENTE RUGOSO	3
RUGOSO	5
MUY RUGOSO	6

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 25**  
Gráfico estadístico de rugosidad - muestra 2



**Fuente:** Elaboración propia



**Tabla 50**  
Relleno – RMR 2

RELLENO - MUESTRA (2)				
TOMA DE PUNTO I	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO		1
TOMA DE PUNTO II	NINGUNO	-		6
TOMA DE PUNTO III	NINGUNO	-		6
TOMA DE PUNTO IV	NINGUNO	-	VALORES OTORGADOS	6
TOMA DE PUNTO V	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO	POR LOS	1
TOMA DE PUNTO VI	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO	PARÁMETROS	1
TOMA DE PUNTO VII	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO	DE	1
TOMA DE PUNTO VIII	NINGUNO	-	CLASIFICACIÓN	6
TOMA DE PUNTO IX	NINGUNO	-	RMR	6
TOMA DE PUNTO X	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO		1
SUMATORIA				
PROMEDIO ( $\Sigma$ )	RELLENO SUAVE < 5 mm			1

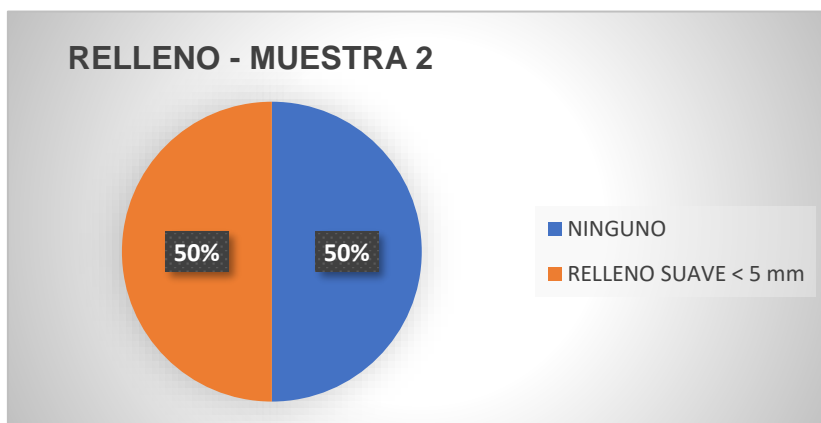
**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 51**  
Leyenda de valores de relleno – RMR 2

RELLENO	
NINGUNO	6
RELLENO DURO < 5 mm	4
RELLENO DURO > 5 mm	2
RELLENO SUAVE < 5 mm	1
RELLENO SUAVE > 5 mm	0

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 26**  
Gráfico estadístico de relleno - muestra 2



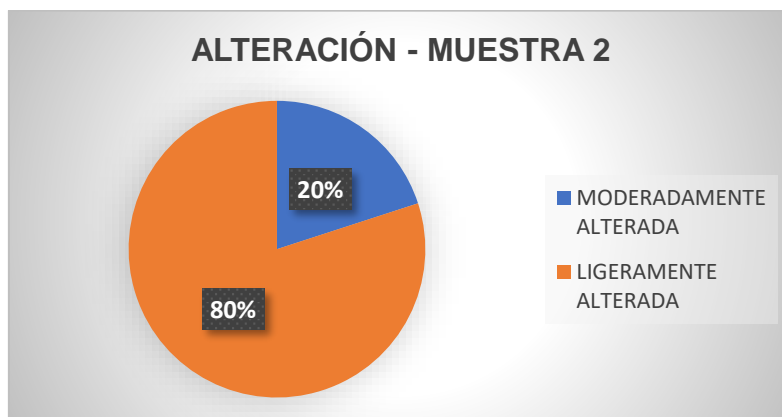
**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 52***Alteración – RMR 2*

ALTERACIÓN - MUESTRA (2)			
TOMA DE PUNTO I	LIGERAMENTE ALTERADA		5
TOMA DE PUNTO II	LIGERAMENTE ALTERADA		5
TOMA DE PUNTO III	LIGERAMENTE ALTERADA	VALORES	5
TOMA DE PUNTO IV	LIGERAMENTE ALTERADA	OTORGADOS	5
TOMA DE PUNTO V	LIGERAMENTE ALTERADA	POR LOS	5
TOMA DE PUNTO VI	LIGERAMENTE ALTERADA	PARÁMETROS	5
TOMA DE PUNTO VII	LIGERAMENTE ALTERADA	DE	5
TOMA DE PUNTO VIII	MODERADAMENTE ALTERADA	CLASIFICACIÓN	3
TOMA DE PUNTO IX	MODERADAMENTE ALTERADA	RMR	3
TOMA DE PUNTO X	LIGERAMENTE ALTERADA		5
SUMATORIA PROMEDIO ( $\Sigma$ )	LIGERAMENTE ALTERADA		5

**Fuente:** Elaboración propia**Tabla 53***Leyenda de valores de alteración – RMR 2*

ALTERACIÓN	
INALTERADA	6
LIGERAMENTE ALTERADA	5
MODERADAMENTE ALTERADA	3
MUY ALTERADA	1
DESCOMPUESTA	0

**Fuente:** Elaboración propia**Figura 27***Gráfico estadístico de alteración – muestra 2***Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 54**  
**Puntuación del estado de las discontinuidades – RMR 2**

PUNTUACIÓN DEL ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES				
PERSISTENCIA				
< 1 M	1 - 3 M	3 - 10 M	10 - 20 M	> 20 M
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>				
Muestra de la extracción: 0.25 M				
PUNTUACIÓN				
6	4	2	1	0
ABERTURA				
CERRADA	< 0.1 MM	0.1 - 1 MM	1 - 5 MM	> 5 MM
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>				
Muestra de la extracción: 0.07 MM				
PUNTUACIÓN				
6	5	3	1	0
RUGOSIDAD				
MUY RUGOSO	RUGOSO	LIGERAMENTE RUGOSO	ONDULADO	SUAVE
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>				
Muestra de la extracción: RUGOSO				
PUNTUACIÓN				
6	5	3	1	0
RELLENO				
MUY RUGOSO	RELLENO DURO < 5 MM	RELLENO DURO > 5 MM	RELLENO SUAVE < 5 MM	RELLENO SUAVE > 5 MM
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>				
Muestra de la extracción: RELLENO SUAVE < 5 MM				
PUNTUACIÓN				
6	4	2	1	0
ALTERACIÓN				
INALTERADA	LIGERAMENTE ALTERADA	MODERADAMENTE ALTERADA	MUY ALTERADA	DESCOMPUESTA
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>				
Muestra de la extracción: LIGERAMENTE ALTERADA				
PUNTUACIÓN				
6	5	3	1	0

**Fuente:** Elaboración propia

La separación de las continuidades abarca los siguientes campos:

- Persistencia: Se obtuvo un promedio de 0.25 M el cuál se ubica en el rango <1M con una puntuación de “6”.
- Abertura: Se obtuvo un promedio de 0.07 mm, con lo cual se ubica en el rango <0.1 mm con una puntuación “5”.
- Rugosidad: La muestra obtenida se considera como rugoso, por lo cual obtiene una puntuación de “5”.
- Relleno: Se obtiene como promedio relleno suave < 5 mm, por lo cual se califica con una puntuación de “1”.
- Alteración: El promedio de los datos tomados en campo, nos determina que la muestra es ligeramente alterada con una puntuación de “5”.

- **Agua freática**

**Tabla 55**

*Puntuación según el agua freática – RMR 2*

PUNTUACIÓN SEGÚN EL AGUA FREÁTICA				
CAUDAL POR 10 M DE TUNEL				
NULO	< 10 LIT./MIN	10 - 25 LIT./MIN	25 - 125 LIT./MIN.	> 125 LIT./MIN.
RELACIÓN PRESIÓN DE AGUA/TENSIÓN PRINCIPAL MAYOR				
0	0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5
ESTADO GENERAL				
SECO	LIGERAMENTE HÚMEDO	HÚMEDO	GOTEADO	AGUA FLUYENDO
Muestra de la extracción: LIGERAMENTE HÚMEDO				
PUNTUACIÓN				
6	5	3	1	0

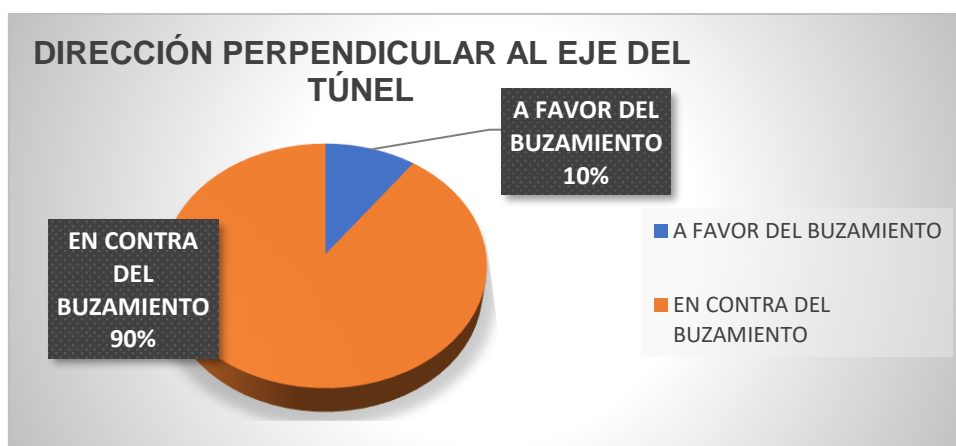
**Fuente:** Elaboración propia

En el RMR 2, asumimos el valor de ligeramente húmedo debido a que en su interior existe una red de flujo a una determinada profundidad. Por tal motivo, en esta muestra 2 se obtiene una puntuación de “5”.

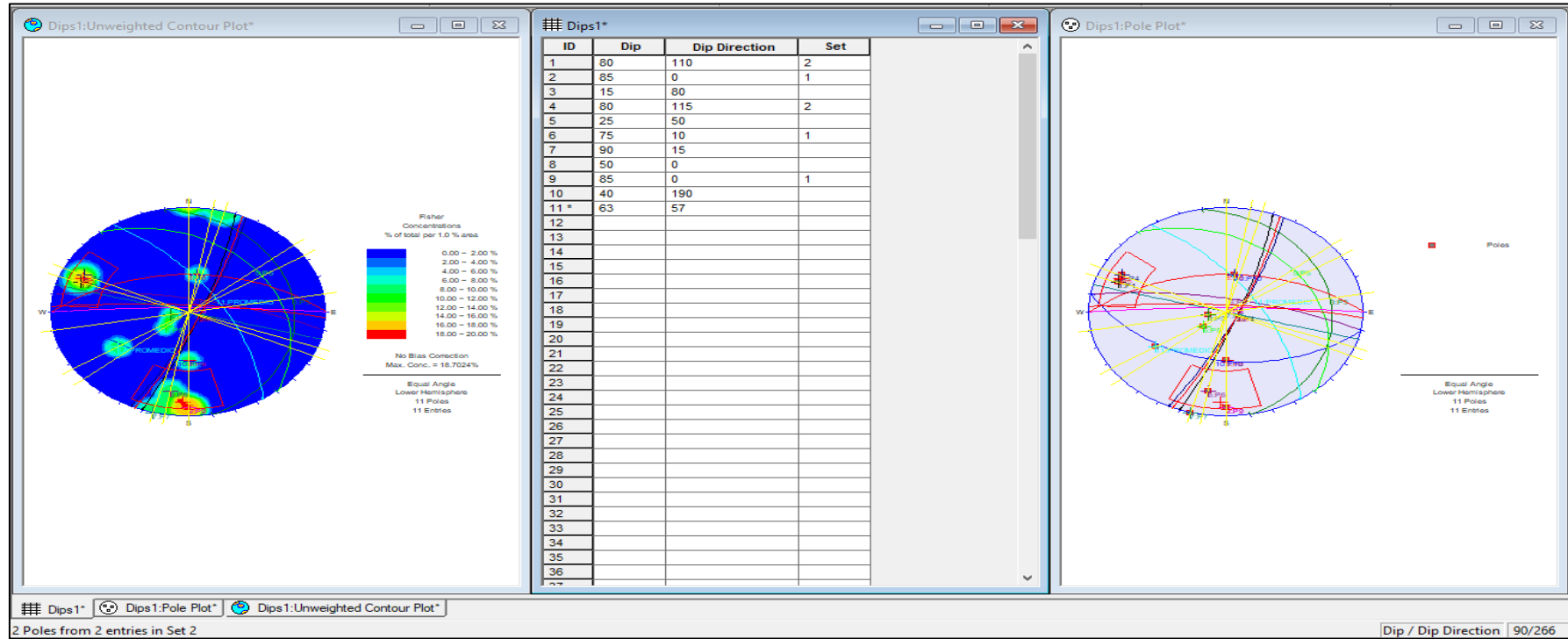
- **Orientación de las discontinuidades**

**Tabla 56***Orientación de las discontinuidades – RMR 2*

ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL					
PUNTOS	PUNTOS DISP			°	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
	DIP	DIRECCIÓN DIP	DIP + 90		
TOMA DE PUNTO I	80	110	170	(GRADOS)	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO II	85	0	175	(GRADOS)	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO III	15	80	105	(GRADOS)	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO IV	80	115	170	(GRADOS)	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO V	25	50	115	(GRADOS)	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO VI	75	10	165	(GRADOS)	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO VII	90	15	180	(GRADOS)	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO VIII	50	0	140	(GRADOS)	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO IX	85	0	175	(GRADOS)	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO X	40	190	130	(GRADOS)	A FAVOR DEL BUZAMIENTO
PROMEDIO DE PUNTOS	63	57	153	(GRADOS)	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO

**Fuente:** Elaboración propia**Figura 28***Gráfico estadístico de la dirección perpendicular al eje del túnel – muestra 2***Fuente:** Elaboración propia

**Figura 29**  
Plano estratigráfico de la muestra 2



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 57**  
**Dirección perpendicular al eje del túnel – RMR 2**

DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL	
EXCAVACIÓN A FAVOR DEL BUZAMIENTO	
BUZAMIENTO 45° - 90° MUY FAVORABLE	BUZAMIENTO 20° - 45° FAVORABLE
EXCAVACIÓN EN CONTRA DEL BUZAMIENTO	
BUZAMIENTO 45° - 90° MEDIA	BUZAMIENTO 20° - 45° DESFAVORABLE
DIRECCIÓN PARALELA AL EJE DEL TUNEL	
BUZAMIENTO 45° - 90° MUY DESFAVORABLE	BUZAMIENTO 20° - 45° MEDIA
CUALQUIER DIRECCIÓN AL EJE DEL TUNEL	
BUZAMIENTO 0° - 20°	MUY FAVORABLE
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>	
DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL	63 EN CONTRA DEL BUZAMIENTO

**Fuente:** Elaboración propia

En la muestra 2, según la excavación en contra del buzamiento, se obtuvo un valor de buzamiento de 63° ubicado en el rango de 45° - 90° por lo cual se le considera de una condición media.

- **Corrección por orientación de las discontinuidades**

**Tabla 58**  
**Corrección por orientación de las discontinuidades – RMR 2**

CORRECIÓN POR ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES					
DIRECCIÓN Y BUZAMIENTO	MUY FAVORABLE	FAVORABLE	MEDIA	DESFAVORABLE	MUY DESFAVORABLE
TÚNEL	0	-2	-5	-10	-12
PUNTAJÓN CIMENTACIONES	0	-2	-7	-15	-25
TALUDES	0	-5	-25	-50	-60

**Fuente:** Elaboración propia

En la muestra 2, se determinó que la orientación de las discontinuidades en el túnel es media, por lo tanto, recibe un valor de “-5” en la corrección por orientación de las discontinuidades.

- Clasificación del macizo rocoso

**Tabla 59***Clasificación geomecánica RMR 2*

REFERENCIA:		CLASIFICACIÓN GEOMECAÁNICA RMR (2)							
A: COORDENADAS GEOGRÁFICAS		KILOMETRO 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO							
U:		17M076771 6	UTM:		9123295	H:		2592	
		PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN							
1	RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA (MPA)	ENSAYO DE CARGA PUNTUAL (MPA)	> 100	100 - 40	40 - 20	20 - 10			
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"							
	COMPRESIÓN SIMPLE (MPA)	Muestra de la extracción N°(1):			106	MPA			
		> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1	
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"							
		Muestra de la extracción N°(1):			50.8	MPA			
		PUNTUACIÓN	15	12	7	4	2	1	0
2	RQD		100 - 90 %	90 - 75 %	75 - 50 %	50 - 25 %	< 25 %		
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"							
		Muestra de la extracción N°(1):			98.6	%			
		PUNTUACIÓN	20	17	13	6	3		
3	SEPARACION DE DISCONTINUIDADES		> 2 M	2 - 0.6 M	0.6 - 0.2 M	0.2 - 0.06 M	< 0.06 M		
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"							
		Muestra de la extracción N°(1):			0.77	M			
		PUNTUACIÓN	20	15	10	8	5		
4	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES		< 1 M	1 - 3 M	3 - 10 M	10 - 20 M	> 20 M		
		PERSISTENCIA	DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"						
		Muestra de la extracción N°(1):			0.25	M			
		PUNTUACIÓN	6	4	2	1	0		
		ABERTURA	CERRADA	< 0.1 MM	0.1 - 1 MM	1 - 5 MM	> 5 MM		



DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"					
Muestra de la extracción N°(1):					
PUNTUACIÓN	6	5	3	1	0
RUGOSIDAD	MUY RUGOSO	RUGOSO	LIGERAMENTE RUGOSO	ONDULADO	SUAVE
DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"					
Muestra de la extracción N°(1):					
PUNTUACIÓN	6	5	3	1	0
RELLENO	NINGUNO	RELLENO DURO < 5 MM	RELLENO DURO > 5 MM	RELLENO SUAVE < 5 MM	RELLENO SUAVE > 5 MM
DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"					
Muestra de la extracción N°(1):					
PUNTUACIÓN	6	4	2	1	0
ALTERACIÓN	INALTERADA	LIGERAMENTE ALTERADA	MODERADAMENTE ALTERADA	MUY ALTERADA	DESCOMPOSTA
DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"					
Muestra de la extracción N°(1):					
PUNTUACIÓN	6	5	3	1	0
CAUDAL POR 10 m DE TÚNEL	NULO	< 10 LIT./MIN.	10 - 25 LIT./MIN.	25 - 125 LIT./MIN.	> 125 LIT./MIN.
RELACIÓN PRESIÓN DE AGUA/ TENSIÓN PRINCIPAL MAYOR	0	0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5
ESTADO GENERAL	SECO	LIGERAMENTE HÚMEDO	HÚMEDO	GOTEADO	AGUA FLUYENDO
DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"					
Muestra de la extracción N°(1):					
PUNTUACIÓN	6	5	3	1	0
ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL					
DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL					
EXCAVACIÓN A FAVOR DEL BUZAMIENTO			ENCAVACIÓN EN CONTRA DEL BUZAMIENTO		
BUZAMIENTO 45° - 90°	MUY FAVORABLE		BUZAMIENTO 45° - 90°	MEDIA	
BUZAMIENTO 20° - 45°	FAVORABLE		BUZAMIENTO 20° - 45°	DESFAVORABLE	
DIRECCIÓN PARALELA AL EJE DEL TÚNEL			CUALQUIER DIRECCIÓN AL EJE DEL TÚNEL		

5

**AGUA FREÁTICA**

BUZAMIENTO 45° - 90° BUZAMIENTO 20° - 45°		MUY DESVORABLE MEDIA	BUZAMIENTO 0° - 20°		MUY FAVORABLE		
DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"			DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL		63	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO	
CORRECIÓN POR ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES							
PUNTACIÓN	DIRECCIÓN Y BUZAMIENTO		MUY FAVORABLE	FAVORABLE	MEDIA	DESFAVORABLE	MUY DESFAVORABLE
	TÚNEL		0	-2	-5	-10	-12
	CIMENTACIONES		0	-2	-7	-15	-25
	TALUDES		0	-5	-25	-50	-60
CLASIFICACIÓN DEL MACIZO ROCOSO SEGÚN EL RMR							
VALOR DEL RMR CALCULADO			72				
RMR			100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
CLASE			I	II	III	IV	V
CALIDAD			MUY BUENA	BUENA	MEDIA	MALA	MUY MALA
COHESIÓN			> 4 KP / CM2	3 - 4 KP / CM2	2 - 3 KP / CM2	1 - 2 KP / CM2	< 1 KP / CM2
ÁNGULO DE ROZAMIENTO			> 45°	35° - 45°	25° - 35°	15° - 25°	< 15°
TIEMPO DE AUTOSOPORTE Y LONGITUD SIN SOSTENER			10 AÑOS	6 MESES	1 SEMANA	10 HORAS	30 MIN.
			15 M.	8 M.	5 M.	2.5 M.	1M.

**Fuente:** Elaboración propia

Para clasificar la calidad del macizo rocoso se suman los valores obtenidos previamente, en este caso la sumatoria nos da un valor de 72. Es decir, el macizo rocoso es de calidad buena, clase II con una cohesión comprendida entre 3 - 4 kp/cm<sup>2</sup>, ángulo de rozamiento entre 35° - 45° y 6 meses de autosoporte con una longitud sin sostener de 8 m.

### RMR 3

- Resistencia de la matriz rocosa

**Tabla 60**

Resistencia a la matriz rocosa - RMR 3

RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA (MPA)						
Ensayo de carga puntual (MPa)						
> 100	100 - 40	40 - 20	20 - 10			
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>						
Muestra de la extracción: 16 MPA						
Compresión simple (MPa)						
> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>						
Muestra de la extracción: 24.9 MPA						
PUNTUACIÓN						
15	12	7	4	2	1	0

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 61**

Ensayo de carga puntual – RMR 3

RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA (MPa) - MUESTRA (3)					
ENSAYO DE CARGA PUNTUAL (MPa)					
N°	DE <sup>2</sup>	PRESIÓN HIDRÁULICA PFALL (KN)	PRESIÓN CORREGIDA PFALL (KN)	IS CALCULADO (MPa)	FACTOR DE CORRECCIÓN (F)
1	2304	3.13	3.12	1.4	0.98
N°	IS (60) CORREGIDO (MPa)	$\alpha_0$ CALCULADO (MPa)	CLASIFICACIÓN	TIPO DE ROTURA	I (INDICE DE RESISTENCIA)
1	1.3	32	R3	A	16

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 62**  
**Ensayo de compresión simple – RMR 3**

COMPRESIÓN SIMPLE (MPa) - MUESTRA (3)					
ENSAYO DE CARGA PUNTUAL (MPa)					
IDENTIFICACIÓN	FECHA DE EXTRACCIÓN	FECHA DE ROTURA	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	PESO (KG)
MUESTRA III	11/11/2022	12/11/2022	4.8	7	0.352
PUC (KG/M3)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIAMETRO	FUERZA MÁXIMA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	ESFUERZO (MPa)
2779	3	1.46	4720	249.4	24.94


**Fuente:** Elaboración propia

Se obtiene un valor de carga puntual de 32 MPA, que equivale a 2Is (índice de resistencia a la carga puntual). Por lo tanto, el valor de Is es 16 MPA. Por otro lado, en el ensayo de compresión simple se obtiene un valor de 24.94 MPA.

En el primer ítem, la resistencia de la matriz rocosa está determinada por el valor de la carga puntual el cual está comprendido en el rango de 10 – 20 obteniendo una puntuación de “4”.

- RQD

**Tabla 63**  
Cálculo del RQD – RMR 3

CÁLCULO DEL RQD - MUESTRA (3)				
LONGITUD DE LA MUESTRA RECUPERADA (CENTIMETROS)		MUESTRA		RECUPERACIÓN MODIFICADA (CENTIMETROS)
3.8				
0.8				
8.7				
0.2				
1.2				
1.4				
1				
4.3				
1				
1				
0.6				
6				
Σ	30	LONGITUD TOTAL (CM)	30	Σ
RECUPERACION			RQD	--
PORCENTAJE	100 %		PORCENTAJE	<b>15 %</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 64**  
Puntuación del RQD – RMR 3

PUNTUACIÓN DEL RQD				
RQD				
100 - 90 %	90 - 75 %	75 - 50 %	50 - 25 %	< 25 %
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>				
Muestra de la extracción: 61.7 %				
PUNTUACIÓN				
20	17	13	6	3

**Fuente:** Elaboración propia

En la muestra 3, los fragmentos del testigo son menores a 10 centímetros por lo cual no pueden ser tomadas en cuenta en el RQD. Por lo tanto, asumimos que, en una perforación de testigo de 1 metro, se obtendría un 15% de RQD.

En la tabla número 4, calificamos esta muestra con un puntaje de “3”, teniendo en cuenta que el RQD es menor al 25%:

- **Separación de discontinuidades**

**Tabla 65**

*Separación de discontinuidades – RMR 3*

SEPARACION DE DISCONTINUIDADES - MUESTRA (3)				
TOMA DE PUNTO I	58.7	CENTIMETROS (CM)	0.59	METROS (M)
TOMA DE PUNTO II	61.4	CENTIMETROS (CM)	0.61	METROS (M)
TOMA DE PUNTO III	56.7	CENTIMETROS (CM)	0.57	METROS (M)
TOMA DE PUNTO IV	35.9	CENTIMETROS (CM)	0.36	METROS (M)
TOMA DE PUNTO V	66.8	CENTIMETROS (CM)	0.67	METROS (M)
TOMA DE PUNTO VI	52.7	CENTIMETROS (CM)	0.53	METROS (M)
TOMA DE PUNTO VII	69.9	CENTIMETROS (CM)	0.70	METROS (M)
TOMA DE PUNTO VIII	73.9	CENTIMETROS (CM)	0.74	METROS (M)
TOMA DE PUNTO IX	76.4	CENTIMETROS (CM)	0.76	METROS (M)
TOMA DE PUNTO X	57.6	CENTIMETROS (CM)	0.58	METROS (M)
SUMATORIA PROMEDIO ( $\Sigma$ )	61	CENTIMETROS (CM)	0.61	METROS (M)

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 66***Puntuación de la separación de discontinuidades – RMR 3*

PUNTUACIÓN DE LA SEPARACIÓN DE DISCONTINUIDADES				
SEPARACIÓN DE DISCONTINUIDADES				
> 2 M	2 - 0.6 M	0.6 - 0.2 M	0.2 - 0.06 M	< 0.06 M
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>				
Muestra de la extracción: 0.61 M				
PUNTUACIÓN				
20	15	10	8	5

**Fuente:** Elaboración propia

Luego de tomar 10 valores en la muestra 3, se obtuvo un promedio de 0.61 m. este valor obtenido, según la tabla 6, se ubica en el rango de 2 – 0.6 M, obteniendo una puntuación de “15”.

- **Estado de las discontinuidades**

**Tabla 67***Persistencia – RMR 3*

PERSISTENCIA - MUESTRA (3)				
TOMA DE PUNTO I	109.8	CENTIMETROS (CM)	1.10	METROS (M)
TOMA DE PUNTO II	115.6	CENTIMETROS (CM)	1.16	METROS (M)
TOMA DE PUNTO III	99.3	CENTIMETROS (CM)	0.99	METROS (M)
TOMA DE PUNTO IV	110.7	CENTIMETROS (CM)	1.11	METROS (M)
TOMA DE PUNTO V	99.7	CENTIMETROS (CM)	1.00	METROS (M)
TOMA DE PUNTO VI	96.9	CENTIMETROS (CM)	0.97	METROS (M)
TOMA DE PUNTO VII	94.8	CENTIMETROS (CM)	0.95	METROS (M)
TOMA DE PUNTO VIII	97.7	CENTIMETROS (CM)	0.98	METROS (M)
TOMA DE PUNTO IX	96.9	CENTIMETROS (CM)	0.97	METROS (M)
TOMA DE PUNTO X	97.1	CENTIMETROS (CM)	0.97	METROS (M)
SUMATORIA PROMEDIO ( $\Sigma$ )	101.85	CENTIMETROS (CM)	1.02	METROS (M)

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 68**  
Abertura – RMR 3

ABERTURA - MUESTRA (3)		
TOMA DE PUNTO I	0.04	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO II	0.07	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO III	0.14	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO IV	0.06	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO V	0.31	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO VI	0.08	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO VII	0.02	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO VIII	0.06	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO IX	0.06	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO X	0.05	MILIMETROS (MM)
SUMATORIA PROMEDIO ( $\Sigma$ )	0.09	MILIMETROS (MM)

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 69**  
Rugosidad – RMR 3

RUGOSIDAD - MUESTRA (3)			
TOMA DE PUNTO I	ONDULADO		1
TOMA DE PUNTO II	RUGOSO		5
TOMA DE PUNTO III	MUY RUGOSO	VALORES	6
TOMA DE PUNTO IV	ONDULADO	OTORGADOS	1
TOMA DE PUNTO V	ONDULADO	POR LOS	1
TOMA DE PUNTO VI	ONDULADO	PARÁMETROS	1
TOMA DE PUNTO VII	ONDULADO	DE	1
TOMA DE PUNTO VIII	SUAVE	CLASIFICACIÓN	0
		RMR	
TOMA DE PUNTO IX	RUGOSO		5
TOMA DE PUNTO X	RUGOSO		5
SUMATORIA PROMEDIO ( $\Sigma$ )	ONDULADO		1

**Fuente:** Elaboración propia



**Tabla 70**

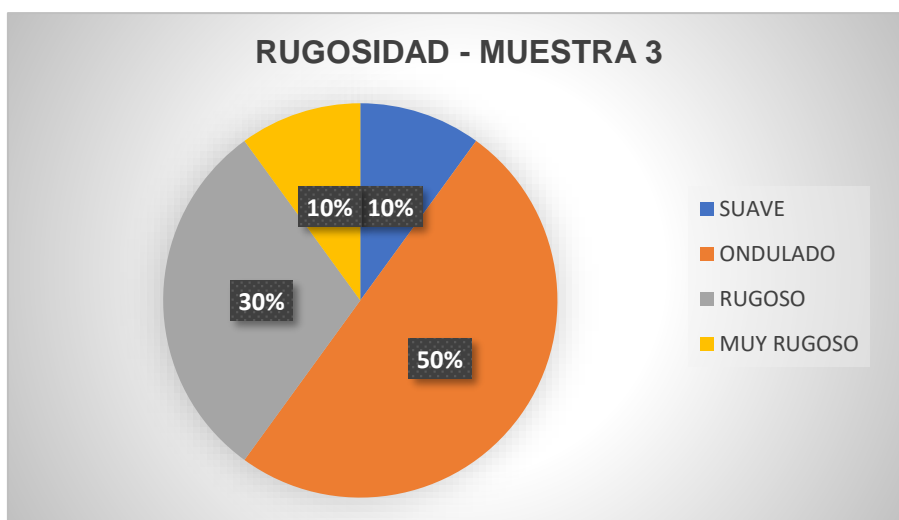
Leyenda de valores de rugosidad – RMR 3

RUGOSIDAD	
SUAVE	0
ONDULADO	1
LIGERAMENTE RUGOSO	3
RUGOSO	5
MUY RUGOSO	6

Fuente: Elaboración propia

**Figura 30**

Gráfico estadístico de rugosidad – muestra 3



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 71**  
Leyenda de valores de relleno – RMR 3

RELLENO - MUESTRA (3)				
TOMA DE PUNTO I	NINGUNO	-		6
TOMA DE PUNTO II	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO		1
TOMA DE PUNTO III	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO	VALORES	1
TOMA DE PUNTO IV	NINGUNO	-	OTORGADOS	6
TOMA DE PUNTO V	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO	POR LOS	1
TOMA DE PUNTO VI	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO	PARÁMETROS	1
TOMA DE PUNTO VII	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO	DE	1
TOMA DE PUNTO VIII	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO	CLASIFICACIÓN	1
TOMA DE PUNTO IX	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO	RMR	1
TOMA DE PUNTO X	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO		1
SUMATORIA PROMEDIO ( $\Sigma$ )	RELLENO SUAVE < 5 mm			1

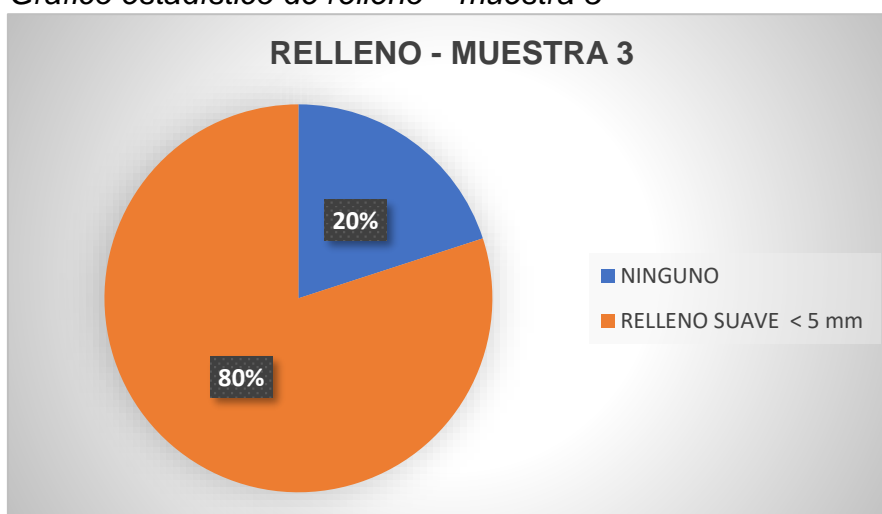
**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 72**  
Leyenda de valores de relleno – RMR 3

RELLENO	
NINGUNO	6
RELLENO DURO < 5 mm	4
RELLENO DURO > 5 mm	2
RELLENO SUAVE < 5 mm	1
RELLENO SUAVE > 5 mm	0

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 31**  
Gráfico estadístico de relleno – muestra 3



**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 73**  
Alteración – RMR 3

ALTERACIÓN - MUESTRA (3)			
TOMA DE PUNTO I	MODERADAMENTE ALTERADA		3
TOMA DE PUNTO II	MODERADAMENTE ALTERADA		3
TOMA DE PUNTO III	LIGERAMENTE ALTERADA	VALORES	5
TOMA DE PUNTO IV	LIGERAMENTE ALTERADA	OTORGADOS	5
TOMA DE PUNTO V	LIGERAMENTE ALTERADA	POR LOS	5
TOMA DE PUNTO VI	LIGERAMENTE ALTERADA	PARÁMETROS	5
TOMA DE PUNTO VII	LIGERAMENTE ALTERADA	DE	5
TOMA DE PUNTO VIII	LIGERAMENTE ALTERADA	CLASIFICACIÓN	5
TOMA DE PUNTO IX	LIGERAMENTE ALTERADA	RMR	5
TOMA DE PUNTO X	LIGERAMENTE ALTERADA		5
SUMATORIA PROMEDIO ( $\Sigma$ )	LIGERAMENTE ALTERADA		5

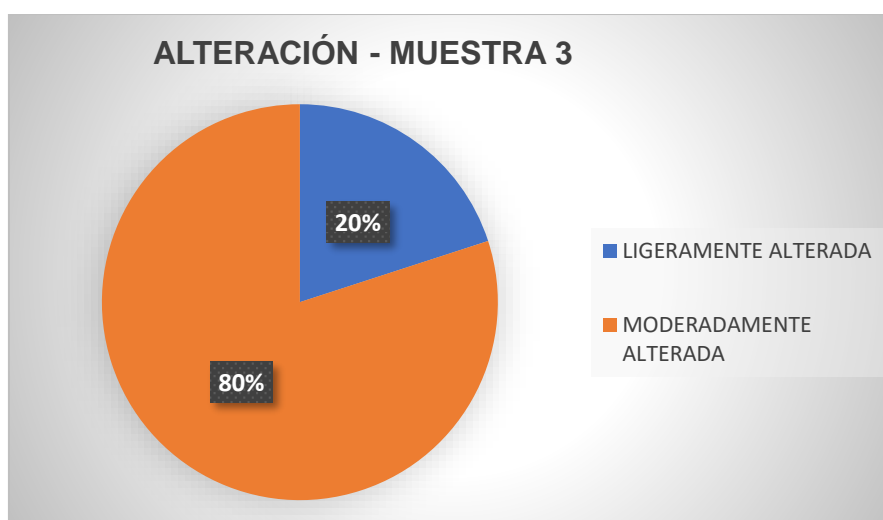
**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 74**  
Leyenda de valores de alteración – RMR 3

ALTERACIÓN	
INALTERADA	6
LIGERAMENTE ALTERADA	5
MODERADAMENTE ALTERADA	3
MUY ALTERADA	1
DESCOMPUESTA	0

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 32**  
Gráfico estadístico de alteración – muestra 3



**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 75***Puntuación del estado de las discontinuidades – RMR 3*

<b>PUNTUACIÓN DEL ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES</b>				
PERSISTENCIA				
< 1 M	1 - 3 M	3 - 10 M	10 - 20 M	> 20 M
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>				
Muestra de la extracción: 1.02 M				
PUNTUACIÓN				
6	4	2	1	0
ABERTURA				
CERRADA	< 0.1 MM	0.1 - 1 MM	1 - 5 MM	> 5 MM
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>				
Muestra de la extracción: 0.09 MM				
PUNTUACIÓN				
6	5	3	1	0
RUGOSIDAD				
MUY RUGOSO	RUGOSO	LIGERAMENTE RUGOSO	ONDULADO	SUAVE
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>				
Muestra de la extracción: ONDULADO				
PUNTUACIÓN				
6	5	3	1	0
RELLENO				
MUY RUGOSO	RELLENO DURO < 5 MM	RELLENO DURO > 5 MM	RELLENO SUAVE < 5 MM	RELLENO SUAVE > 5 MM
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>				
Muestra de la extracción: RELLENO SUAVE < 5 MM				
PUNTUACIÓN				
6	4	2	1	0
ALTERACIÓN				
INALTERADA	LIGERAMENTE ALTERADA	MODERADAMENTE ALTERADA	MUY ALTERADA	DESCOMPUESTA
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>				
Muestra de la extracción: LIGERAMENTE ALTERADA				
PUNTUACIÓN				
6	5	3	1	0

**Fuente:** Elaboración propia

La separación de las continuidades abarca los siguientes campos:

- Persistencia: Se obtuvo un promedio de 1.02 M el cuál se ubica en el rango 1 – 3 M con una puntuación de “4”.
- Abertura: Se obtuvo un promedio de 0.09 mm, con lo cual se ubica en el rango < 0.1 MM con una puntuación “5”.
- Rugosidad: La muestra obtenida se considera como ondulado, por lo cual obtiene una puntuación de “1”.
- Relleno: El promedio obtenido nos da un valor de relleno suave < 5mm con una puntuación de “1”.
- Alteración: El promedio de los datos tomados en campo, nos determina que la muestra es ligeramente alterada con una puntuación de “5”.

- **Agua freática**

**Tabla 76**

*Puntuación según el agua freática – RMR 3*

PUNTUACIÓN SEGÚN EL AGUA FREÁTICA				
CAUDAL POR 10 M DE TUNEL				
NULO	< 10 LIT./MIN	10 - 25 LIT./MIN	25 - 125 LIT./MIN.	> 125 LIT./MIN.
RELACIÓN PRESIÓN DE AGUA/TENSIÓN PRINCIPAL MAYOR				
0	0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5
ESTADO GENERAL				
SECO	LIGERAMENTE HÚMEDO	HÚMEDO	GOTEADO	AGUA FLUYENDO
Muestra de la extracción: LIGERAMENTE HÚMEDO				
PUNTUACIÓN				
6	5	3	1	0

**Fuente:** Elaboración propia

En el RMR 3, asumimos el valor de ligeramente húmedo debido a que en su interior existe una red de flujo a una determinada profundidad. Por tal motivo, en esta muestra 3 se obtiene una puntuación de “5”.

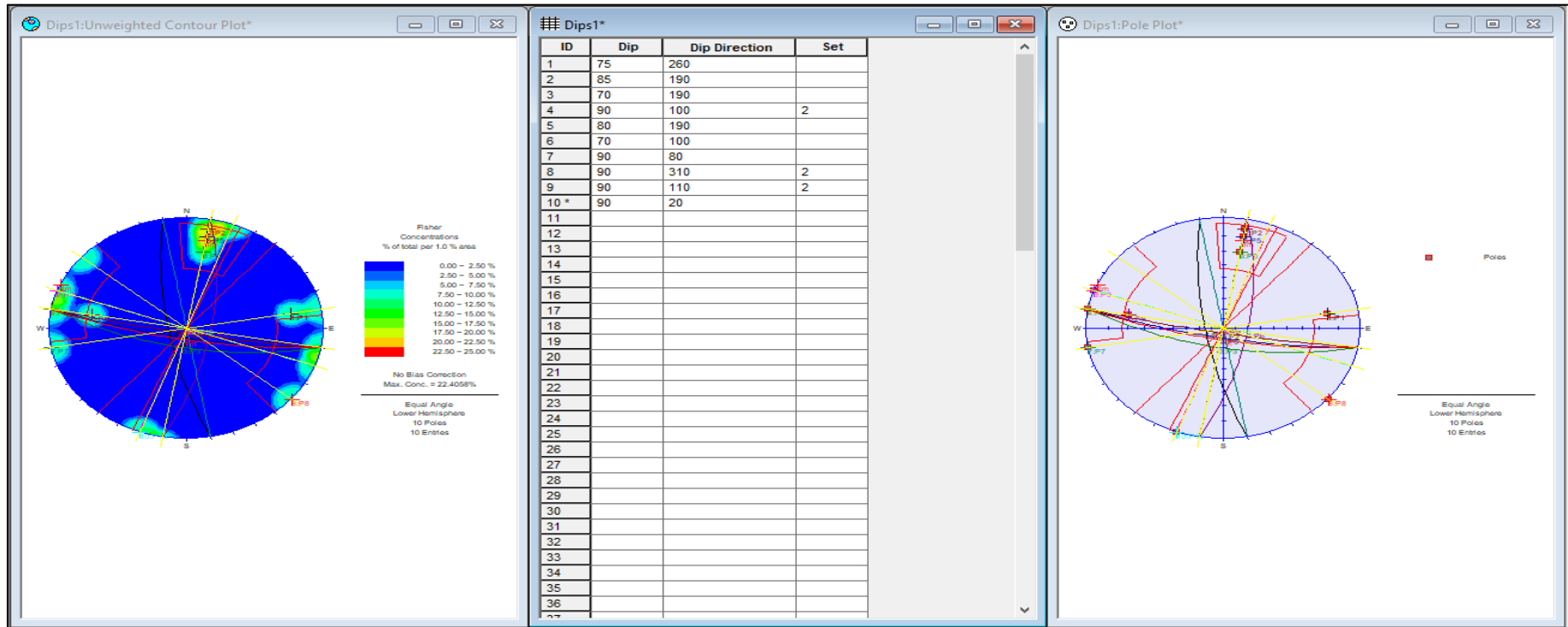
- **Orientación de las discontinuidades**

**Tabla 77***Orientación de las discontinuidades – RMR 3*

ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL					
PUNTOS	PUNTOS DISP			°	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
	DIP	DIRECCIÓN DIP	DIP + 90		
TOMA DE PUNTO I	75	260	165	(GRADOS)	A FAVOR DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO II	85	190	175	(GRADOS)	A FAVOR DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO III	70	190	160	(GRADOS)	A FAVOR DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO IV	90	100	180	(GRADOS)	A FAVOR DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO V	80	190	170	(GRADOS)	A FAVOR DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO VI	70	100	160	(GRADOS)	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO VII	90	80	180	(GRADOS)	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO VIII	90	310	180	(GRADOS)	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO IX	90	110	180	(GRADOS)	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO X	90	20	180	(GRADOS)	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO
PROMEDIO DE PUNTOS	83	155	173	(GRADOS)	A FAVOR DEL BUZAMIENTO

**Fuente:** Elaboración propia**Figura 33***Gráfico estadístico de la dirección perpendicular al eje del túnel – muestra 3***Fuente:** Elaboración propia

**Figura 34**  
 Plano estratigráfico de la muestra 3



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 78**  
**Dirección perpendicular al eje del túnel – RMR 3**

DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL	
EXCAVACIÓN A FAVOR DEL BUZAMIENTO	
BUZAMIENTO 45° - 90°	BUZAMIENTO 20° - 45°
MUY FAVORABLE	FAVORABLE
EXCAVACIÓN EN CONTRA DEL BUZAMIENTO	
BUZAMIENTO 45° - 90°	BUZAMIENTO 20° - 45°
MEDIA	DESFAVORABLE
DIRECCIÓN PARALELA AL EJE DEL TUNEL	
BUZAMIENTO 45° - 90°	BUZAMIENTO 20° - 45°
MUY DESFAVORABLE	MEDIA
CUALQUIER DIRECCIÓN AL EJE DEL TUNEL	
BUZAMIENTO 0° - 20°	MUY FAVORABLE
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>	
DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL	83 A FAVOR DEL BUZAMIENTO

**Fuente:** Elaboración propia

En la muestra 3, según la excavación a favor del buzamiento, se obtuvo un valor de buzamiento de 83° ubicado en el rango de 45° - 90° por lo cual se le considera de una condición muy favorable.

- **Corrección por orientación de las discontinuidades**

**Tabla 79**  
**Corrección por orientación de las discontinuidades – RMR 3**

CORRECIÓN POR ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES						
DIRECCIÓN Y BUZAMIENTO		MUY FAVORABLE	FAVORABLE	MEDIA	DESFAVORABLE	MUY DESFAVORABLE
PUNTA C N	TÚNEL	0	-2	-5	-10	-12
	CIMENTACIONES	0	-2	-7	-15	-25
	TALUDES	0	-5	-25	-50	-60

**Fuente:** Elaboración propia

En la muestra 3, se determinó que la orientación de las discontinuidades en el túnel es muy favorable, por lo tanto, recibe un valor de "0" en la corrección por orientación de las discontinuidades.



• Clasificación del macizo rocoso

**Tabla 80**

*Clasificación geomecánica RMR 3*

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR (3)									
REFERENCIA		KILOMETRO 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO							
: COORDENADAS GEOGRÁFICAS		U:	17N0767765 1	UTM:	9123369	H:	2578		
PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN									
1	RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA (MPA)	ENSAYO DE CARGA PUNTUAL (MPA)	> 100	100 - 40	40 - 20	20 - 10			
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"							
		Muestra de la extracción N°(1):		16	MPA				
		COMPRESIÓN SIMPLE (MPA)	> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"							
		Muestra de la extracción N°(1):		24.9	MPA				
	PUNTUACIÓN	15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD		100 - 90 %	90 - 75 %	75 - 50 %	50 - 25 %	< 25 %		
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"							
		Muestra de la extracción N°(1):		15%	%				
	PUNTUACIÓN	20	17	13	6	3			
3	SEPARACION DE DISCONTINUIDADES		> 2 M	2 - 0.6 M	0.6 - 0.2 M	0.2 - 0.06 M	< 0.06 M		
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"							
		Muestra de la extracción N°(1):		0.61	M				
	PUNTUACIÓN	20	15	10	8	5			
4	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	PERSISTENCIA	< 1 M	1 - 3 M	3 - 10 M	10 - 20 M	> 20 M		
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"							
		Muestra de la extracción N°(1):		1.02	M				
	PUNTUACIÓN	6	4	2	1	0			

		CERRADA	< 0.1 MM	0.1 - 1 MM	1 - 5 MM	> 5 MM
	ABERTURA	DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"				
		Muestra de la extracción N°(1):				
	PUNTUACIÓN	6	5	3	1	0
	RUGOSIDAD	MUY RUGOSO	RUGOSO	LIGERAMENTE RUGOSO	ONDULADO	SUAVE
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"				
		Muestra de la extracción N°(1):				
	PUNTUACIÓN	6	5	3	1	0
	RELLENO	NINGUNO	RELLENO DURO < 5 MM	RELLENO DURO > 5 MM	RELLENO SUAVE < 5 MM	RELLENO SUAVE > 5 MM
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"				
		Muestra de la extracción N°(1):				
	PUNTUACIÓN	6	4	2	1	0
	ALTERACIÓN	INALTERADA	LIGERAMENTE ALTERADA	MODERADAMENTE ALTERADA	MUY ALTERADA	DESCOMPUESTA
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"				
		Muestra de la extracción N°(1):				
	PUNTUACIÓN	6	5	3	1	0
5	CAUDAL POR 10 m DE TÚNEL	NULO	< 10 LIT./MIN.	10 - 25 LIT./MIN.	25 - 125 LIT./MIN.	> 125 LIT./MIN.
	RELACIÓN PRESIÓN DE AGUA/ TENSIÓN PRINCIPAL MAYOR	0	0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5
	ESTADO GENERAL	SECO	LIGERAMENTE HÚMEDO	HÚMEDO	GOTEADO	AGUA FLUYENDO
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"				
		Muestra de la extracción N°(1):				
	PUNTUACIÓN	6	5	3	1	0
ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL						

DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL						
EXCAVACIÓN A FAVOR DEL BUZAMIENTO			ENCAVACIÓN EN CONTRA DEL BUZAMIENTO			
BUZAMIENTO 45° - 90°	MUY FAVORABLE		BUZAMIENTO 45° - 90°		MEDIA	
BUZAMIENTO 20° - 45°	FAVORABLE		BUZAMIENTO 20° - 45°		DESFAVORABLE	
DIRECCIÓN PARALELA AL EJE DEL TÚNEL			CUALQUIER DIRECCIÓN AL EJE DEL TÚNEL			
BUZAMIENTO 45° - 90°	MUY DESVORABLE		BUZAMIENTO 0° - 20°		MUY FAVORABLE	
BUZAMIENTO 20° - 45°	MEDIA					
DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"			DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL	83	A FAVOR DEL BUZAMIENTO	
CORRECIÓN POR ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES						
	DIRECCIÓN Y BUZAMIENTO	MUY FAVORABLE	FAVORABLE	MEDIA	DESFAVORABLE	MUY DESFAVORABLE
	TÚNEL	0	-2	-5	-10	-12
PUNTACIÓN	CIMENTACIONES	0	-2	-7	-15	-25
	TALUDES	0	-5	-25	-50	-60
CLASIFICACIÓN DEL MACIZO ROCOSO SEGÚN EL RMR						
VALOR DEL RMR CALCULADO		43				
	RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
	CLASE	I	II	III	IV	V
	CALIDAD	MUY BUENA	BUENA	MEDIA	MALA	MUY MALA
	COHESIÓN	> 4 KP / CM2	3 - 4 KP / CM2	2 - 3 KP / CM2	1 - 2 KP / CM2	< 1 KP / CM2
	ÁNGULO DE ROZAMIENTO	> 45°	35 ° - 45°	25° - 35°	15° - 25°	< 15°
TIEMPO DE AUTOSOORTE Y LONGITUD SIN SOSTENER		10 AÑOS	6 MESES	1 SEMANA	10 HORAS	30 MIN.
		15 M.	8 M.	5 M.	2.5 M.	1M.

**Fuente:** Elaboración propia

Para clasificar la calidad del macizo rocoso se suman los valores obtenidos previamente, en este caso la sumatoria nos da un valor de 43. Es decir, el macizo rocoso es de calidad media, clase III con una cohesión de 2 – 3 kp/cm<sup>2</sup>, ángulo de rozamiento entre 25° - 35° y 1 semana de autosORTE con una longitud sin sostener de 5 m.

## RMR 4

- Resistencia de la matriz rocosa

**Tabla 81**

*Resistencia de la matriz rocosa - RMR 4*

RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA (MPA)						
Ensayo de carga puntual (MPa)						
> 100	100 - 40	40 - 20	20 - 10			
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>						
Muestra de la extracción: 38 MPA						
Compresión simple (MPa)						
> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>						
Muestra de la extracción: 40.35 MPA						
PUNTUACIÓN						
15	12	7	4	2	1	0

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 82**

*Ensayo de carga puntual – RMR 4*

RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA (MPA) - MUESTRA (4)					
ENSAYO DE CARGA PUNTUAL (MPa)					
N°	DE <sup>2</sup>	PRESIÓN HIDRÁULICA PFALL (KN)	PRESIÓN CORREGIDA PFALL (KN)	IS CALCULADO (MPA)	FACTOR DE CORRECCIÓN (F)
1	2304	7.44	7.41	3.2	0.98
N°	IS (60) CORREGIDO (MPA)	α0 CALCULADO (MPA)	CLASIFICACIÓN	TIPO DE ROTURA	I (INDICE DE RESISTENCIA)
1	3.2	76	R4	A	38

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 83**  
**Ensayo de compresión simple – RMR 4**

COMPRESIÓN SIMPLE (MPa) - MUESTRA (4)					
ENSAYO DE CARGA PUNTUAL (MPa)					
IDENTIFICACIÓN	FECHA DE EXTRACCIÓN	FECHA DE ROTURA	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	PESO (KG)
MUESTRA IV	11/11/2022	12/11/2022	4.8	10	0.472
PUC (KG/M3)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIAMETRO	FUERZA MÁXIMA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	ESFUERZO (MPa)
2608	3	2.08	7120	403.5	40.35


**Fuente:** Elaboración propia

Se obtiene un valor de carga puntual de 76 MPa, que equivale a 2Is (índice de resistencia a la carga puntual). Por lo tanto, el valor de Is es 38 MPa. Por otro lado, en el ensayo de compresión simple se obtiene un valor de 40.35 MPa.

En el primer ítem, la resistencia de la matriz rocosa está determinada por el valor de la carga puntual el cual está comprendido en el rango de 40 – 20 obteniendo una puntuación de “7”.

- RQD

**Tabla 84**  
Cálculo del RQD – RMR 4

CÁLCULO DEL RQD - MUESTRA (4)					
LONGITUD DE LA MUESTRA RECUPERADA (CENTIMETROS)		MUESTRA		RECUPERACIÓN MODIFICADA (CENTIMETROS)	
4.6					
1.5					
4.2					
0.2					
2.3					
21.5					21.5
$\Sigma$	34.3	LONGITUD TOTAL (CM)	$\Sigma$	21.5	
		35			
RECUPERACION			RQD		
PORCENTAJE	98 %		PORCENTAJE	<b>61.4 %</b>	

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 85**  
Puntuación del RQD – RMR 4

PUNTUACIÓN DEL RQD				
RQD				
100 - 90 %	90 - 75 %	75 - 50 %	50 - 25 %	< 25 %
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>				
Muestra de la extracción: 61.4 %				
PUNTUACIÓN				
20	17	13	6	3

**Fuente:** Elaboración propia

El RQD de la muestra tomada es de 61.4 %, lo que nos indica en la tabla número 4 que nos enfrentamos a una roca de condición media. Ahora mediante la tabla 5 determinamos que le corresponde una puntuación de “13”.

- **Separación de discontinuidades**

**Tabla 86**

*Separación de discontinuidades – RMR 4*

SEPARACION DE DISCONTINUIDADES - MUESTRA (4)				
TOMA DE PUNTO I	50.4	CENTIMETROS (CM)	0.50	METROS (M)
TOMA DE PUNTO II	52.5	CENTIMETROS (CM)	0.53	METROS (M)
TOMA DE PUNTO III	56.8	CENTIMETROS (CM)	0.57	METROS (M)
TOMA DE PUNTO IV	75.2	CENTIMETROS (CM)	0.75	METROS (M)
TOMA DE PUNTO V	73.9	CENTIMETROS (CM)	0.74	METROS (M)
TOMA DE PUNTO VI	56.2	CENTIMETROS (CM)	0.56	METROS (M)
TOMA DE PUNTO VII	55.8	CENTIMETROS (CM)	0.56	METROS (M)
TOMA DE PUNTO VIII	65.4	CENTIMETROS (CM)	0.65	METROS (M)
TOMA DE PUNTO IX	45.9	CENTIMETROS (CM)	0.46	METROS (M)
TOMA DE PUNTO X	88.7	CENTIMETROS (CM)	0.89	METROS (M)
SUMATORIA PROMEDIO ( $\Sigma$ )	62.08	CENTIMETROS (CM)	0.62	METROS (M)

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 87***Puntuación de la separación de discontinuidades – RMR 4*

<b>PUNTUACIÓN DE LA SEPARACIÓN DE DISCONTINUIDADES</b>				
SEPARACIÓN DE DISCONTINUIDADES				
> 2 M	2 - 0.6 M	0.6 - 0.2 M	0.2 - 0.06 M	< 0.06 M
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>				
Muestra de la extracción: 0.62 M				
PUNTUACIÓN				
20	15	10	8	5

**Fuente:** Elaboración propia

Luego de tomar 10 valores en la muestra 4, se obtuvo un promedio de 0.62 m. este valor obtenido, según la tabla 6, se ubica en el rango de 2 – 0.6 M, obteniendo una puntuación de “15”.

- **Estado de las discontinuidades**

**Tabla 88***Persistencia – RMR 4*

<b>PERSISTENCIA - MUESTRA (4)</b>				
TOMA DE PUNTO I	45.1	CENTIMETROS (CM)	0.45	METROS (M)
TOMA DE PUNTO II	20.3	CENTIMETROS (CM)	0.20	METROS (M)
TOMA DE PUNTO III	34.5	CENTIMETROS (CM)	0.35	METROS (M)
TOMA DE PUNTO IV	42.1	CENTIMETROS (CM)	0.42	METROS (M)
TOMA DE PUNTO V	35.1	CENTIMETROS (CM)	0.35	METROS (M)
TOMA DE PUNTO VI	36.2	CENTIMETROS (CM)	0.36	METROS (M)
TOMA DE PUNTO VII	32.8	CENTIMETROS (CM)	0.33	METROS (M)
TOMA DE PUNTO VIII	27.3	CENTIMETROS (CM)	0.27	METROS (M)
TOMA DE PUNTO IX	24.1	CENTIMETROS (CM)	0.24	METROS (M)
TOMA DE PUNTO X	30.1	CENTIMETROS (CM)	0.30	METROS (M)
SUMATORIA PROMEDIO ( $\Sigma$ )	32.76	CENTIMETROS (CM)	0.33	METROS (M)

**Fuente:** Elaboración propia



**Tabla 89**  
Abertura – RMR 4

ABERTURA - MUESTRA (4)		
TOMA DE PUNTO I	0.3	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO II	0.03	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO III	0.05	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO IV	0.05	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO V	0.2	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO VI	0.03	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO VII	0.03	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO VIII	0.01	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO IX	0.01	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO X	0.05	MILIMETROS (MM)
SUMATORIA PROMEDIO ( $\Sigma$ )	0.08	MILIMETROS (MM)

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 90**  
Rugosidad – RMR 4

RUGOSIDAD - MUESTRA (4)			
TOMA DE PUNTO I	RUGOSO		5
TOMA DE PUNTO II	RUGOSO		5
TOMA DE PUNTO III	ONDULADO	VALORES	1
TOMA DE PUNTO IV	RUGOSO	OTORGADOS	5
TOMA DE PUNTO V	RUGOSO	POR LOS	5
TOMA DE PUNTO VI	MUY RUGOSO	PARÁMETROS	6
TOMA DE PUNTO VII	ONDULADO	DE	1
TOMA DE PUNTO VIII	MUY RUGOSO	CLASIFICACIÓN	6
		RMR	
TOMA DE PUNTO IX	MUY RUGOSO		6
TOMA DE PUNTO X	MUY RUGOSO		6
SUMATORIA PROMEDIO ( $\Sigma$ )	RUGOSO		5

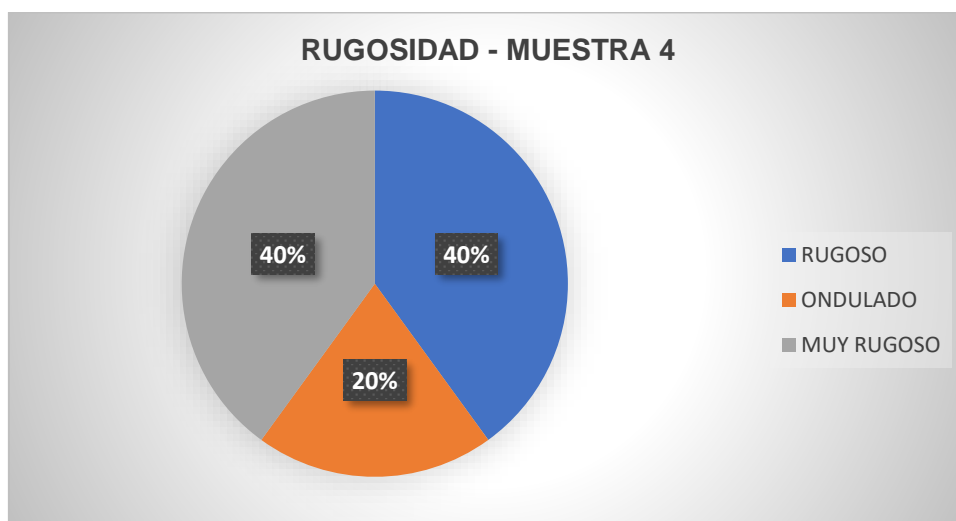
**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 91**  
Leyenda de valores de rugosidad – RMR 4

RUGOSIDAD	
SUAVE	0
ONDULADO	1
LIGERAMENTE RUGOSO	3
RUGOSO	5
MUY RUGOSO	6

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 35**  
Gráfico estadístico de rugosidad – muestra 4



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 92**  
Relleno – RMR 4

RELLENO - MUESTRA (4)			
TOMA DE PUNTO I	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO	1
TOMA DE PUNTO II	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO	1
TOMA DE PUNTO III	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO	1
TOMA DE PUNTO IV	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO	1
TOMA DE PUNTO V	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO	1
TOMA DE PUNTO VI	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO	1
TOMA DE PUNTO VII	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO	1
TOMA DE PUNTO VIII	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO	1
TOMA DE PUNTO IX	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO	1
TOMA DE PUNTO X	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO	1
<b>SUMATORIA PROMEDIO (<math>\Sigma</math>)</b>	<b>RELLENO SUAVE &lt; 5 mm</b>		<b>1</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 93**

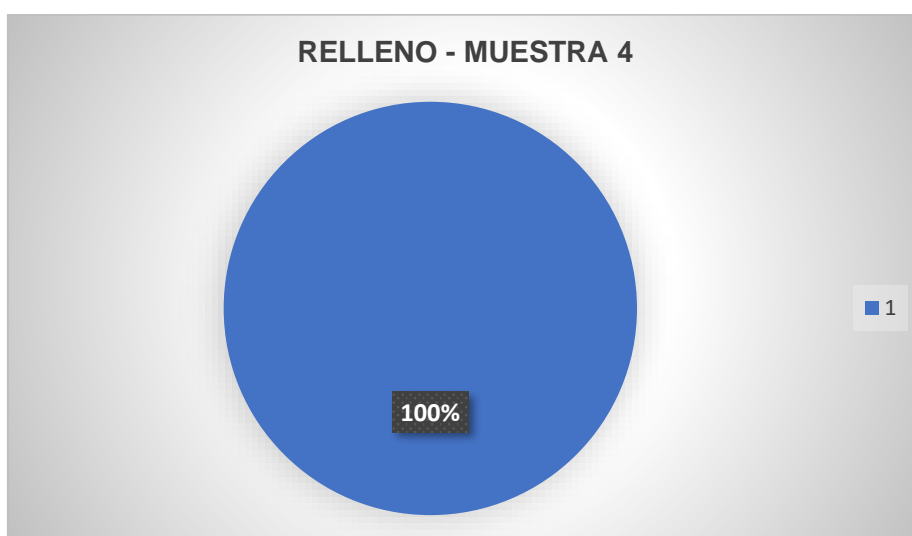
Leyenda de valores de relleno – RMR 4

RELLENO	
NINGUNO	6
RELLENO DURO < 5 mm	4
RELLENO DURO > 5 mm	2
RELLENO SUAVE < 5 mm	1
RELLENO SUAVE > 5 mm	0

Fuente: Elaboración propia

**Figura 36**

Gráfico estadístico de relleno – muestra 4



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 94**

Alteración – RMR 4

ALTERACIÓN - MUESTRA (4)		
TOMA DE PUNTO I	LIGERAMENTE ALTERADA	5
TOMA DE PUNTO II	LIGERAMENTE ALTERADA	5
TOMA DE PUNTO III	LIGERAMENTE ALTERADA	5
TOMA DE PUNTO IV	LIGERAMENTE ALTERADA	5
TOMA DE PUNTO V	LIGERAMENTE ALTERADA	5
TOMA DE PUNTO VI	MODERADAMENTE ALTERADA	3
TOMA DE PUNTO VII	MODERADAMENTE ALTERADA	3
TOMA DE PUNTO VIII	LIGERAMENTE ALTERADA	5
TOMA DE PUNTO IX	LIGERAMENTE ALTERADA	5
TOMA DE PUNTO X	LIGERAMENTE ALTERADA	5
SUMATORIA PROMEDIO ( $\Sigma$ )	LIGERAMENTE ALTERADA	5

VALORES OTORGADOS POR LOS PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN RMR

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 95**

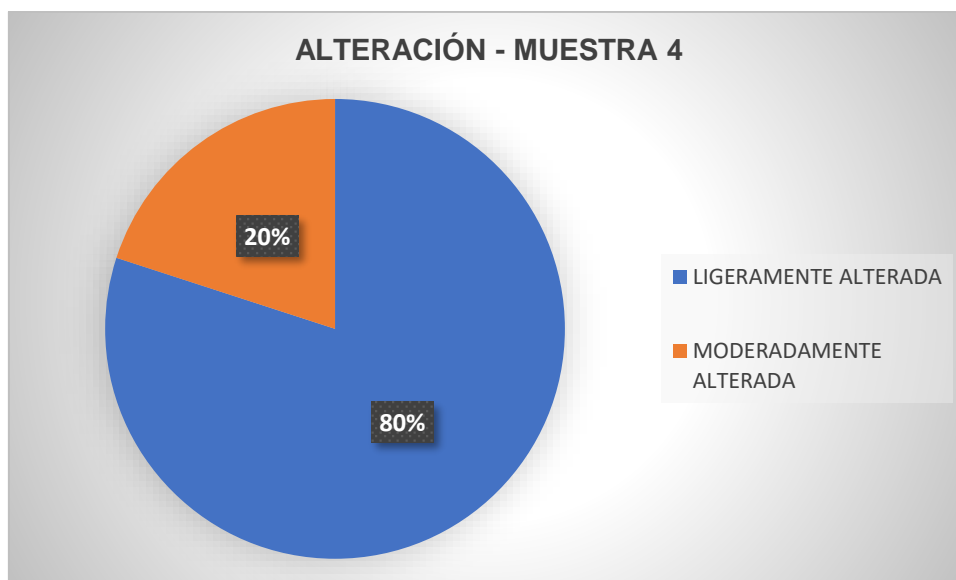
Leyenda de valores de alteración – RMR 4

ALTERACIÓN	
INALTERADA	6
LIGERAMENTE ALTERADA	5
MODERADAMENTE ALTERADA	3
MUY ALTERADA	1
DESCOMPUESTA	0

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 37**

Gráfico estadístico de alteración – muestra 4



**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 96**  
**Puntuación del estado de las discontinuidades – RMR 4**

PUNTUACIÓN DEL ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES				
PERSISTENCIA				
< 1 M	1 - 3 M	3 - 10 M	10 - 20 M	> 20 M
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>				
Muestra de la extracción: 0.33 M				
PUNTUACIÓN				
6	4	2	1	0
ABERTURA				
CERRADA	< 0.1 MM	0.1 - 1 MM	1 - 5 MM	> 5 MM
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>				
Muestra de la extracción: 0.08 MM				
PUNTUACIÓN				
6	5	3	1	0
RUGOSIDAD				
MUY RUGOSO	RUGOSO	LIGERAMENTE RUGOSO	ONDULADO	SUAVE
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>				
Muestra de la extracción: RUGOSO				
PUNTUACIÓN				
6	5	3	1	0
RELLENO				
MUY RUGOSO	RELLENO DURO < 5 MM	RELLENO DURO > 5 MM	RELLENO SUAVE < 5 MM	RELLENO SUAVE > 5 MM
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>				
Muestra de la extracción: RELLENO SUAVE < 5 MM				
PUNTUACIÓN				
6	4	2	1	0
ALTERACIÓN				
INALTERADA	LIGERAMENTE ALTERADA	MODERADAMENTE ALTERADA	MUY ALTERADA	DESCOMPUESTA
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>				
Muestra de la extracción: LIGERAMENTE ALTERADA				
PUNTUACIÓN				
6	5	3	1	0

**Fuente:** Elaboración propia

La separación de las continuidades abarca los siguientes campos:

- Persistencia: Se obtuvo un promedio de 0.33 M el cuál se ubica en el rango <1M con una puntuación de “6”.
- Abertura: Se obtuvo un promedio de 0.08 mm, con lo cual se ubica en el rango < 0.1 mm con una puntuación “5”.

- Rugosidad: La muestra obtenida se considera como rugoso, por lo cual obtiene una puntuación de “5”.
- Relleno: El promedio obtenido nos da un valor de relleno suave < 5mm con una puntuación de “1”.
- Alteración: El promedio de los datos tomados en campo, nos determina que la muestra es ligeramente alterada con una puntuación de “5”.

- **Agua freática**

**Tabla 97**  
Puntuación según el agua freática – RMR 4

PUNTUACIÓN SEGÚN EL AGUA FREÁTICA				
CAUDAL POR 10 M DE TUNEL				
NULO	< 10 LIT./MIN	10 - 25 LIT./MIN	25 - 125 LIT./MIN.	> 125 LIT./MIN.
RELACIÓN PRESIÓN DE AGUA/TENSIÓN PRINCIPAL MAYOR				
0	0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5
ESTADO GENERAL				
SECO	LIGERAMENTE HÚMEDO	HÚMEDO	GOTEADO	AGUA FLUYENDO
Muestra de la extracción: HÚMEDO				
PUNTUACIÓN				
6	5	3	1	0

**Fuente:** Elaboración propia

En el RMR 4, asumimos el valor de húmedo debido a que en su interior existe una red de flujo a una determinada profundidad y a la presencia de vegetación en los alrededores del macizo rocoso. Por tal motivo, en esta muestra 4 se obtiene una puntuación de “3”.

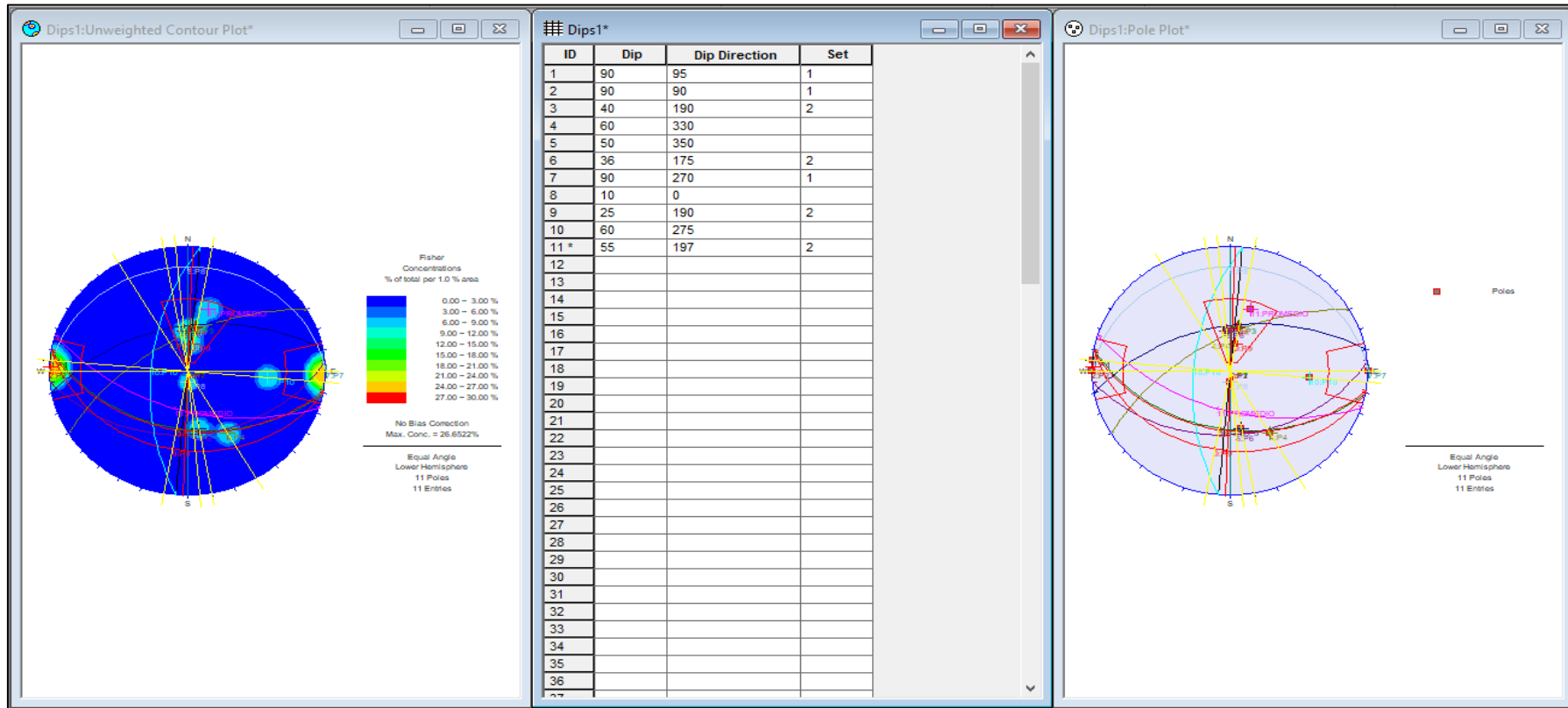
- **Orientación de las discontinuidades**

**Tabla 98***Orientación de las discontinuidades – RMR 4*

ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL					
PUNTOS	PUNTOS DISP			°	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
	DIP	DIRECCIÓN DIP	DIP + 90		
TOMA DE PUNTO I	90	95	180	(GRADOS)	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO II	90	90	180	(GRADOS)	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO III	40	190	130	(GRADOS)	A FAVOR DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO IV	60	330	150	(GRADOS)	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO V	50	350	140	(GRADOS)	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO VI	36	175	126	(GRADOS)	A FAVOR DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO VII	90	270	180	(GRADOS)	A FAVOR DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO VIII	10	0	100	(GRADOS)	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO IX	25	190	115	(GRADOS)	A FAVOR DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO X	60	275	150	(GRADOS)	A FAVOR DEL BUZAMIENTO
PROMEDIO DE PUNTOS	55	197	145	(GRADOS)	A FAVOR DEL BUZAMIENTO

**Fuente:** Elaboración propia**Figura 38***Gráfico estadístico de la dirección perpendicular al eje del túnel – muestra 4***Fuente:** Elaboración propia

**Figura 39**  
Plano estratigráfico de la muestra 4



Fuente: Elaboración propia



**Tabla 99**  
**Dirección perpendicular al eje del túnel – RMR 4**

DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL	
EXCAVACIÓN A FAVOR DEL BUZAMIENTO	
BUZAMIENTO 45° - 90°	BUZAMIENTO 20° - 45°
MUY FAVORABLE	FAVORABLE
EXCAVACIÓN EN CONTRA DEL BUZAMIENTO	
BUZAMIENTO 45° - 90°	BUZAMIENTO 20° - 45°
MEDIA	DESFAVORABLE
DIRECCIÓN PARALELA AL EJE DEL TUNEL	
BUZAMIENTO 45° - 90°	BUZAMIENTO 20° - 45°
MUY DESFAVORABLE	MEDIA
CUALQUIER DIRECCIÓN AL EJE DEL TUNEL	
BUZAMIENTO 0° - 20°	MUY FAVORABLE
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>	
DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL	55 A FAVOR DEL BUZAMIENTO

**Fuente:** Elaboración propia

En la muestra 4, según la excavación a favor del buzamiento, se obtuvo un valor de buzamiento de 55° ubicado en el rango de 45° - 90° por lo cual se le considera de una condición muy favorable.

- **Corrección por orientación de las discontinuidades**

**Tabla 100**  
**Corrección por orientación de las discontinuidades – RMR 4**

CORRECCIÓN POR ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES					
DIRECCIÓN Y BUZAMIENTO	MUY FAVORABLE	FAVORABLE	MEDIA	DESFAVORABLE	MUY DESFAVORABLE
TÚNEL	0	-2	-5	-10	-12
PUNTACIÓN CIMENTACIONES	0	-2	-7	-15	-25
TALUDES	0	-5	-25	-50	-60

**Fuente:** Elaboración propia

En la muestra 4, se determinó que la orientación de las discontinuidades en el túnel es muy favorable, por lo tanto, recibe un valor de "0" en la corrección por orientación de las discontinuidades.

- Clasificación del macizo rocoso

**Tabla 101***Clasificación geomecánica RMR 4*

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR (4)									
REFERENCIA:		KILOMETRO 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO							
COORDENADAS GEOGRÁFICAS		U:	17N0767597	UTM:	9123418	H:	2565		
PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN									
1	RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA (MPA)	ENSAYO DE CARGA PUNTUAL (MPA)	> 100	100 - 40	40 - 20	20 - 10			
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"							
		Muestra de la extracción N°(1):	38			MPA			
		COMPRESIÓN SIMPLE (MPA)	> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"							
		Muestra de la extracción N°(1):	40.35			MPA			
		PUNTUACIÓN	15	12	7	4	2	1	0
2	RQD		100 - 90 %	90 - 75 %	75 - 50 %	50 - 25 %	< 25 %		
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"							
		Muestra de la extracción N°(1):	61.4			%			
		PUNTUACIÓN	20	17	13	6	3		
3	SEPARACION DE DISCONTINUIDADES		> 2 M	2 - 0.6 M	0.6 - 0.2 M	0.2 - 0.06 M	< 0.06 M		
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"							
		Muestra de la extracción N°(1):	0.62			M			
		PUNTUACIÓN	20	15	10	8	5		
4	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES		< 1 M	1 - 3 M	3 - 10 M	10 - 20 M	> 20 M		
		PERSISTENCIA	DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"						
		Muestra de la extracción N°(1):	0.33			M			
		PUNTUACIÓN	6	4	2	1	0		
		ABERTURA	CERRADA	< 0.1 MM	0.1 - 1 MM	1 - 5 MM	> 5 MM		

		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"				
		Muestra de la extracción N°(1):			0.08	MM
PUNTUACIÓN		6	5	3	1	0
	RUGOSIDAD	MUY RUGOSO	RUGOSO	LIGERAMENTE RUGOSO	ONDULADO	SUAVE
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"				
		Muestra de la extracción N°(1):			RUGOSO	
PUNTUACIÓN		6	5	3	1	0
	RELLENO	NINGUNO	RELLENO DURO < 5 MM	RELLENO DURO > 5 MM	RELLENO SUAVE < 5 MM	RELLENO SUAVE > 5 MM
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"				
		Muestra de la extracción N°(1):			RELLENO SUAVE < 5 mm	
PUNTUACIÓN		6	4	2	1	0
	ALTERACIÓN	INALTERADA	LIGERAMENTE ALTERADA	MODERADAMENTE ALTERADA	MUY ALTERADA	DESCOMPUESTA
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"				
		Muestra de la extracción N°(1):			LIGERAMENTE ALTERADA	
PUNTUACIÓN		6	5	3	1	0
	CAUDAL POR 10 m DE TÚNEL	NULO	< 10 LIT./MIN.	10 - 25 LIT./MIN.	25 - 125 LIT./MIN.	> 125 LIT./MIN.
	RELACIÓN PRESIÓN DE AGUA/ TENSIÓN PRINCIPAL MAYOR	0	0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5
5	AGUA FREÁTICA	SECO	LIGERAMENTE HÚMEDO	HÚMEDO	GOTEADO	AGUA FLUYENDO
	ESTADO GENERAL					
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"				
		Muestra de la extracción N°(1):			HÚMEDO	
PUNTUACIÓN		6	5	3	1	0
ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL						
DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL						
EXCAVACIÓN A FAVOR DEL BUZAMIENTO			ENCAVACIÓN EN CONTRA DEL BUZAMIENTO			
	BUZAMIENTO 45° - 90°		MUY FAVORABLE		BUZAMIENTO 45° - 90°	MEDIA

BUZAMIENTO 20° - 45°	FAVORABLE	BUZAMIENTO 20° - 45°	DESFAVORABLE			
DIRECCIÓN PARALELA AL EJE DEL TÚNEL		CUALQUIER DIRECCIÓN AL EJE DEL TÚNEL				
BUZAMIENTO 45° - 90°	MUY DESFAVORABLE	BUZAMIENTO 0° - 20°	MUY FAVORABLE			
BUZAMIENTO 20° - 45°	MEDIA					
DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"		DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL	55	A FAVOR DEL BUZAMIENTO		
CORRECCIÓN POR ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES						
	DIRECCIÓN Y BUZAMIENTO	MUY FAVORABLE	FAVORABLE	MEDIA	DESFAVORABLE	MUY DESFAVORABLE
PUNTACIÓN	TÚNEL	0	-2	-5	-10	-12
	CIMENTACIONES	0	-2	-7	-15	-25
	TALUDES	0	-5	-25	-50	-60
CLASIFICACIÓN DEL MACIZO ROCOSO SEGÚN EL RMR						
	VALOR DEL RMR CALCULADO	60				
	RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
	CLASE	I	II	III	IV	V
	CALIDAD	MUY BUENA	BUENA	MEDIA	MALA	MUY MALA
	COHESIÓN	> 4 KP / CM2	3 - 4 KP / CM2	2 - 3 KP / CM2	1 - 2 KP / CM2	< 1 KP / CM2
	ÁNGULO DE ROZAMIENTO	> 45°	35 ° - 45°	25° - 35°	15° - 25°	< 15°
	TIEMPO DE AUTOSOORTE Y LONGITUD SIN SOSTENER	10 AÑOS	6 MESES	1 SEMANA	10 HORAS	30 MIN.
		15 M.	8 M.	5 M.	2.5 M.	1M.

**Fuente:** Elaboración propia

Para clasificar la calidad del macizo rocoso se suman los valores obtenidos previamente, en este caso la sumatoria nos da un valor de 60. Es decir, el macizo rocoso es de calidad media, clase III con una cohesión de 2 – 3 kp/cm<sup>2</sup>, ángulo de rozamiento entre 25° - 35° y 1 semana de autosORTE con una longitud sin sostener de 5m.

## RMR 5

- Resistencia de la matriz rocosa

**Tabla 102**

*Clasificación geomecánica RMR 5*

RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA (MPA)						
Ensayo de carga puntual (MPA)						
> 100	100 - 40	40 - 20	20 - 10			
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>						
Muestra de la extracción: 19 MPA						
Compresión simple (MPA)						
> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>						
Muestra de la extracción: 16.7 MPA						
PUNTUACIÓN						
15	12	7	4	2	1	0

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 103**

*Ensayo de carga puntual – RMR 5*

RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA (MPA) - MUESTRA (5)					
ENSAYO DE CARGA PUNTUAL (MPa)					
Nº	DE <sup>2</sup>	PRESIÓN HIDRÁULICA PFALL (KN)	PRESIÓN CORREGIDA PFALL (KN)	IS CALCULADO (MPA)	FACTOR DE CORRECCIÓN (F)
1	2304	3.7	3.69	1.6	0.98
Nº	IS (60) CORREGIDO (MPA)	α0 CALCULADO (MPA)	CLASIFICACIÓN	TIPO DE ROTURA	I (INDICE DE RESISTENCIA)
1	1.6	38	R4	A	19

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 104**  
**Ensayo de compresión simple – RMR 5**

COMPRESIÓN SIMPLE (MPA) - MUESTRA (5)					
ENSAYO DE CARGA PUNTUAL (MPa)					
IDENTIFICACIÓN	FECHA DE EXTRACCIÓN	FECHA DE ROTURA	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	PESO (KG)
MUESTRA V	11/11/2022	12/11/2022	4.8	6	0.303
PUC (KG/M3)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIAMETRO	FUERZA MÁXIMA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	ESFUERZO (MPA)
2791	3	1.25	250	167	16.7


**Fuente:** Elaboración propia

Se obtiene un valor de carga puntual de 38 MPA, que equivale a 2Is (índice de resistencia a la carga puntual). Por lo tanto, el valor de Is es 19 MPA. Por otro lado, en el ensayo de compresión simple se obtiene un valor de 16.7 MPA.

En el primer ítem, la resistencia de la matriz rocosa está determinada por el valor de la carga puntual el cual está comprendido en el rango de 20 – 10 obteniendo una puntuación de “4”.

- RQD

**Tabla 105**  
Cálculo del RQD – RMR 5

CÁLCULO DEL RQD - MUESTRA (5)					
LONGITUD DE LA MUESTRA RECUPERADA (CENTIMETROS)	MUESTRA		RECUPERACIÓN MODIFICADA (CENTIMETROS)		
8.7					
0.2					
2.9					
4.2					
3					
1.5					
3.5					
0.4					
3.3					
0.3					
7.2					
Σ	35.2	LONGITUD TOTAL (CM)	Σ	-	
		35			
RECUPERACION		RQD			
PORCENTAJE	100.6 %	PORCENTAJE	<b>15</b>	%	

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 106**  
Puntuación del RQD – RMR 5

PUNTUACIÓN DEL RQD				
RQD				
100 - 90 %	90 - 75 %	75 - 50 %	50 - 25 %	< 25 %
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>				
Muestra de la extracción: 15 %				
PUNTUACIÓN				
20	17	13	6	3

**Fuente:** Elaboración propia

En la muestra 5, los fragmentos del testigo son menores a 10 centímetros por lo cual no pueden ser tomadas en cuenta en el RQD. Por lo tanto, asumimos que, en una perforación de testigo de 1 metro, se obtendría un 15% de RQD.

En la tabla número 4, calificamos esta muestra con un puntaje de “3”, teniendo en cuenta que el RQD es menor al 25%:

- **Separación de discontinuidades**

**Tabla 107**

*Separación de discontinuidades – RMR 5*

SEPARACION DE DISCONTINUIDADES - MUESTRA (5)				
TOMA DE PUNTO I	25.4	CENTIMETROS (CM)	0.25	METROS (M)
TOMA DE PUNTO II	35.6	CENTIMETROS (CM)	0.36	METROS (M)
TOMA DE PUNTO III	28.7	CENTIMETROS (CM)	0.29	METROS (M)
TOMA DE PUNTO IV	32.1	CENTIMETROS (CM)	0.32	METROS (M)
TOMA DE PUNTO V	36.5	CENTIMETROS (CM)	0.37	METROS (M)
TOMA DE PUNTO VI	41.2	CENTIMETROS (CM)	0.41	METROS (M)
TOMA DE PUNTO VII	37.8	CENTIMETROS (CM)	0.38	METROS (M)
TOMA DE PUNTO VIII	34.9	CENTIMETROS (CM)	0.35	METROS (M)
TOMA DE PUNTO IX	40.8	CENTIMETROS (CM)	0.41	METROS (M)
TOMA DE PUNTO X	43.7	CENTIMETROS (CM)	0.44	METROS (M)
SUMATORIA PROMEDIO ( $\Sigma$ )	35.67	CENTIMETROS (CM)	0.36	METROS (M)

**Fuente:** Elaboración propia



**Tabla 108***Puntuación de la separación de discontinuidades – RMR 5*

<b>PUNTUACIÓN DE LA SEPARACIÓN DE DISCONTINUIDADES</b>				
SEPARACIÓN DE DISCONTINUIDADES				
> 2 M	2 - 0.6 M	0.6 - 0.2 M	0.2 - 0.06 M	< 0.06 M
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>				
Muestra de la extracción: 0.36 M				
PUNTUACIÓN				
20	15	10	8	5

**Fuente:** Elaboración propia

Luego de tomar 10 valores en la muestra 5, se obtuvo un promedio de 0.36 m. este valor obtenido, según la tabla 6, se ubica en el rango de 0.6 – 0.2 M, obteniendo una puntuación de “10”.

- **Estado de las discontinuidades**

**Tabla 109***Persistencia – RMR 5*

<b>PERSISTENCIA - MUESTRA (5)</b>				
TOMA DE PUNTO I	25.1	CENTIMETROS (CM)	0.25	METROS (M)
TOMA DE PUNTO II	20.4	CENTIMETROS (CM)	0.20	METROS (M)
TOMA DE PUNTO III	32.4	CENTIMETROS (CM)	0.32	METROS (M)
TOMA DE PUNTO IV	22.4	CENTIMETROS (CM)	0.22	METROS (M)
TOMA DE PUNTO V	21.8	CENTIMETROS (CM)	0.22	METROS (M)
TOMA DE PUNTO VI	20.9	CENTIMETROS (CM)	0.21	METROS (M)
TOMA DE PUNTO VII	22.4	CENTIMETROS (CM)	0.22	METROS (M)
TOMA DE PUNTO VIII	26.7	CENTIMETROS (CM)	0.27	METROS (M)
TOMA DE PUNTO IX	34.2	CENTIMETROS (CM)	0.34	METROS (M)
TOMA DE PUNTO X	26.8	CENTIMETROS (CM)	0.27	METROS (M)
SUMATORIA PROMEDIO ( $\Sigma$ )	25.31	CENTIMETROS (CM)	0.25	METROS (M)

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 110**  
Abertura – RMR 5

ABERTURA - MUESTRA (5)		
TOMA DE PUNTO I	0.1	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO II	0.05	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO III	0.12	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO IV	0.11	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO V	0.02	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO VI	0.06	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO VII	0.13	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO VIII	0.02	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO IX	0.05	MILIMETROS (MM)
TOMA DE PUNTO X	0.12	MILIMETROS (MM)
SUMATORIA PROMEDIO ( $\Sigma$ )	0.08	MILIMETROS (MM)

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 111**  
Rugosidad – RMR 5

RUGOSIDAD - MUESTRA (5)			
TOMA DE PUNTO I	ONDULADO		1
TOMA DE PUNTO II	MUY RUGOSO		6
TOMA DE PUNTO III	MUY RUGOSO		6
TOMA DE PUNTO IV	ONDULADO	VALORES	1
TOMA DE PUNTO V	MUY RUGOSO	OTORGADOS POR	6
TOMA DE PUNTO VI	MUY RUGOSO	LOS PARÁMETROS	6
TOMA DE PUNTO VII	MUY RUGOSO	DE CLASIFICACIÓN	6
TOMA DE PUNTO VIII	ONDULADO	RMR	6
TOMA DE PUNTO IX	MUY RUGOSO		6
TOMA DE PUNTO X	MUY RUGOSO		6
SUMATORIA PROMEDIO ( $\Sigma$ )	MUY RUGOSO		6

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 112**

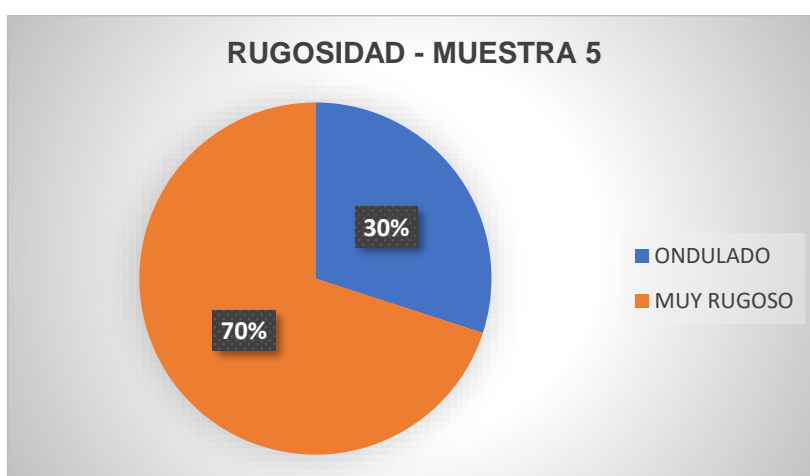
Leyenda de valores de rugosidad – RMR 5

RUGOSIDAD	
SUAVE	0
ONDULADO	1
LIGERAMENTE RUGOSO	3
RUGOSO	5
MUY RUGOSO	6

Fuente: Elaboración propia

**Figura 40**

Gráfico estadístico de rugosidad – muestra 5



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 113**

Relleno – RMR 5

RELLENO - MUESTRA (5)				
TOMA DE PUNTO I	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO		1
TOMA DE PUNTO II	NINGUNO	-		6
TOMA DE PUNTO III	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO		1
TOMA DE PUNTO IV	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO	VALORES	1
TOMA DE PUNTO V	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO	OTORGADOS	1
TOMA DE PUNTO VI	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO	POR LOS	1
TOMA DE PUNTO VII	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO	PARÁMETROS	1
TOMA DE PUNTO VIII	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO	DE	1
TOMA DE PUNTO IX	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO	CLASIFICACIÓN	1
TOMA DE PUNTO X	RELLENO SUAVE < 5 mm	ARENOSO	RMR	1
SUMATORIA PROMEDIO ( $\Sigma$ )	RELLENO SUAVE < 5 mm			1

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 114**

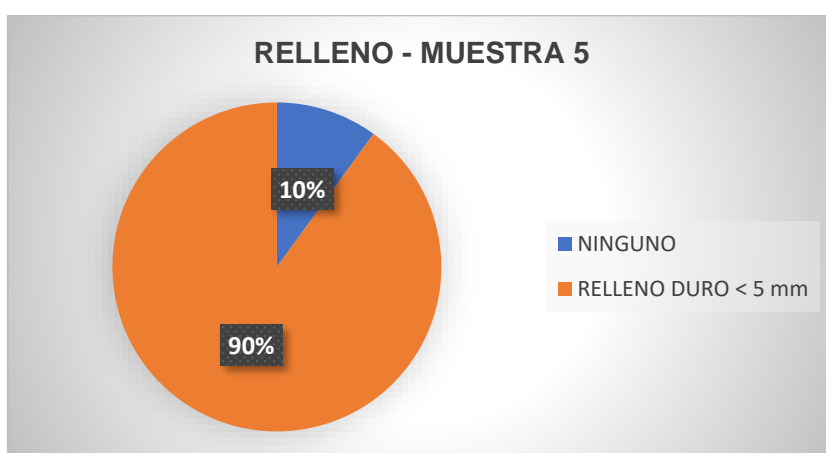
Leyenda de valores de relleno – RMR 5

RELLENO	
NINGUNO	6
RELLENO DURO < 5 mm	4
RELLENO DURO > 5 mm	2
RELLENO SUAVE < 5 mm	1
RELLENO SUAVE > 5 mm	0

Fuente: Elaboración propia

**Figura 41**

Gráfico estadístico de relleno – muestra 5



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 115**

Alteración – RMR 5

ALTERACIÓN - MUESTRA (5)			
TOMA DE PUNTO I	LIGERAMENTE ALTERADA		5
TOMA DE PUNTO II	LIGERAMENTE ALTERADA		5
TOMA DE PUNTO III	LIGERAMENTE ALTERADA	VALORES	5
TOMA DE PUNTO IV	LIGERAMENTE ALTERADA	OTORGADOS	5
TOMA DE PUNTO V	LIGERAMENTE ALTERADA	POR LOS	5
TOMA DE PUNTO VI	LIGERAMENTE ALTERADA	PARÁMETROS	5
TOMA DE PUNTO VII	LIGERAMENTE ALTERADA	DE	5
TOMA DE PUNTO VIII	LIGERAMENTE ALTERADA	CLASIFICACIÓN	5
TOMA DE PUNTO IX	LIGERAMENTE ALTERADA	RMR	5
TOMA DE PUNTO X	LIGERAMENTE ALTERADA		5
SUMATORIA PROMEDIO ( $\Sigma$ )	LIGERAMENTE ALTERADA		5

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 116**

Leyenda de valores de alteración – RMR 5

ALTERACIÓN	
INALTERADA	6
LIGERAMENTE ALTERADA	5
MODERADAMENTE ALTERADA	3
MUY ALTERADA	1
DESCOMPUESTA	0

Fuente: Elaboración propia

**Figura 42**

Gráfico estadístico de alteración – muestra 5



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 117**  
Puntuación del estado de las discontinuidades – RMR 5

PUNTUACIÓN DEL ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES				
PERSISTENCIA				
< 1 M	1 - 3 M	3 - 10 M	10 - 20 M	> 20 M
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>				
Muestra de la extracción: 0.25 M				
PUNTUACIÓN				
6	4	2	1	0
ABERTURA				
CERRADA	< 0.1 MM	0.1 - 1 MM	1 - 5 MM	> 5 MM
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>				
Muestra de la extracción: 0.08 MM				
PUNTUACIÓN				
6	5	3	1	0
RUGOSIDAD				
MUY RUGOSO	RUGOSO	LIGERAMENTE RUGOSO	ONDULADO	SUAVE
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>				
Muestra de la extracción: MUY RUGOSO				
PUNTUACIÓN				
6	5	3	1	0
RELLENO				
MUY RUGOSO	RELLENO DURO < 5 MM	RELLENO DURO > 5 MM	RELLENO SUAVE < 5 MM	RELLENO SUAVE > 5 MM
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>				
Muestra de la extracción: RELLENO SUAVE < 5 MM				
PUNTUACIÓN				
6	4	2	1	0
ALTERACIÓN				
INALTERADA	LIGERAMENTE ALTERADA	MODERADAMENTE ALTERADA	MUY ALTERADA	DESCOMPUESTA
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>				
Muestra de la extracción: LIGERAMENTE ALTERADA				
PUNTUACIÓN				
6	5	3	1	0

**Fuente:** Elaboración propia

La separación de las continuidades abarca los siguientes campos:

- Persistencia: Se obtuvo un promedio de 0.25 M el cuál se ubica en el rango <1M con una puntuación de “6”.
- Abertura: Se obtuvo un promedio de 0.08 mm, con lo cual se ubica en el rango <0.1 mm con una puntuación “5”.

- Rugosidad: La muestra obtenida se considera como muy rugoso, por lo cual obtiene una puntuación de “5”.
  - Relleno: El promedio obtenido nos da un valor de relleno suave < 5mm con una puntuación de “1”.
  - Alteración: El promedio de los datos tomados en campo, nos determina que la muestra es ligeramente alterada con una puntuación de “5”.
- **Agua freática**

**Tabla 118**  
Puntuación según el agua freática – RMR 5

PUNTUACIÓN SEGÚN EL AGUA FREÁTICA				
CAUDAL POR 10 M DE TUNEL				
NULO	< 10 LIT./MIN	10 - 25 LIT./MIN	25 - 125 LIT./MIN.	> 125 LIT./MIN.
RELACIÓN PRESIÓN DE AGUA/TENSIÓN PRINCIPAL MAYOR				
0	0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5
ESTADO GENERAL				
SECO	LIGERAMENTE HÚMEDO	HÚMEDO	GOTEADO	AGUA FLUYENDO
Muestra de la extracción: LIGERAMENTE HÚMEDO				
PUNTUACIÓN				
6	5	3	1	0

**Fuente:** Elaboración propia

En el RMR 5, asumimos el valor de ligeramente húmedo debido a que en su interior existe una red de flujo a una determinada profundidad. Por tal motivo, en esta muestra 5 se obtiene una puntuación de “5”.

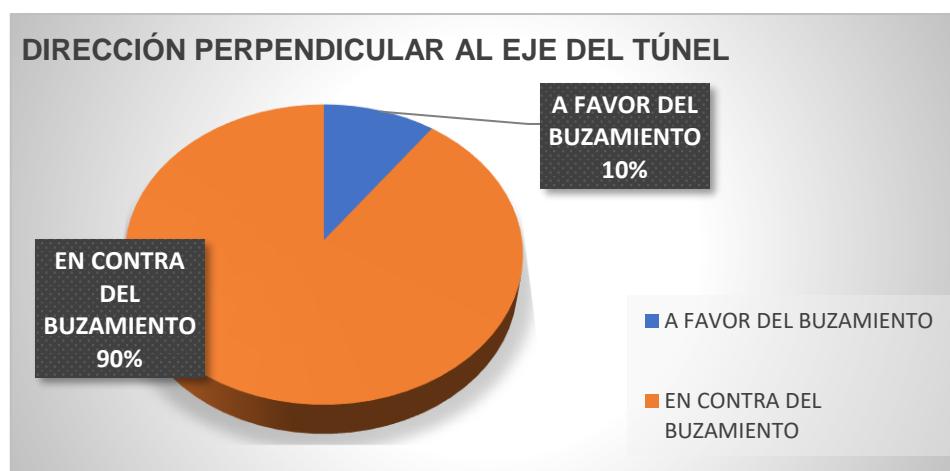
- **Orientación de las discontinuidades**

**Tabla 119***Orientación de las discontinuidades – RMR 5*

ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL					
PUNTOS	PUNTOS DISP			°	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
	DIP	DIRECCIÓN DIP	DIP + 90		
TOMA DE PUNTO I	80	10	170	(GRADOS)	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO II	80	0	170	(GRADOS)	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO III	45	350	135	(GRADOS)	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO IV	90	355	180	(GRADOS)	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO V	25	330	115	(GRADOS)	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO VI	70	20	160	(GRADOS)	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO VII	80	105	170	(GRADOS)	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO VIII	75	30	165	(GRADOS)	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO IX	75	40	165	(GRADOS)	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO
TOMA DE PUNTO X	80	130	170	(GRADOS)	A FAVOR DEL BUZAMIENTO
PROMEDIO DE PUNTOS	70	137	160	(GRADOS)	A FAVOR DEL BUZAMIENTO

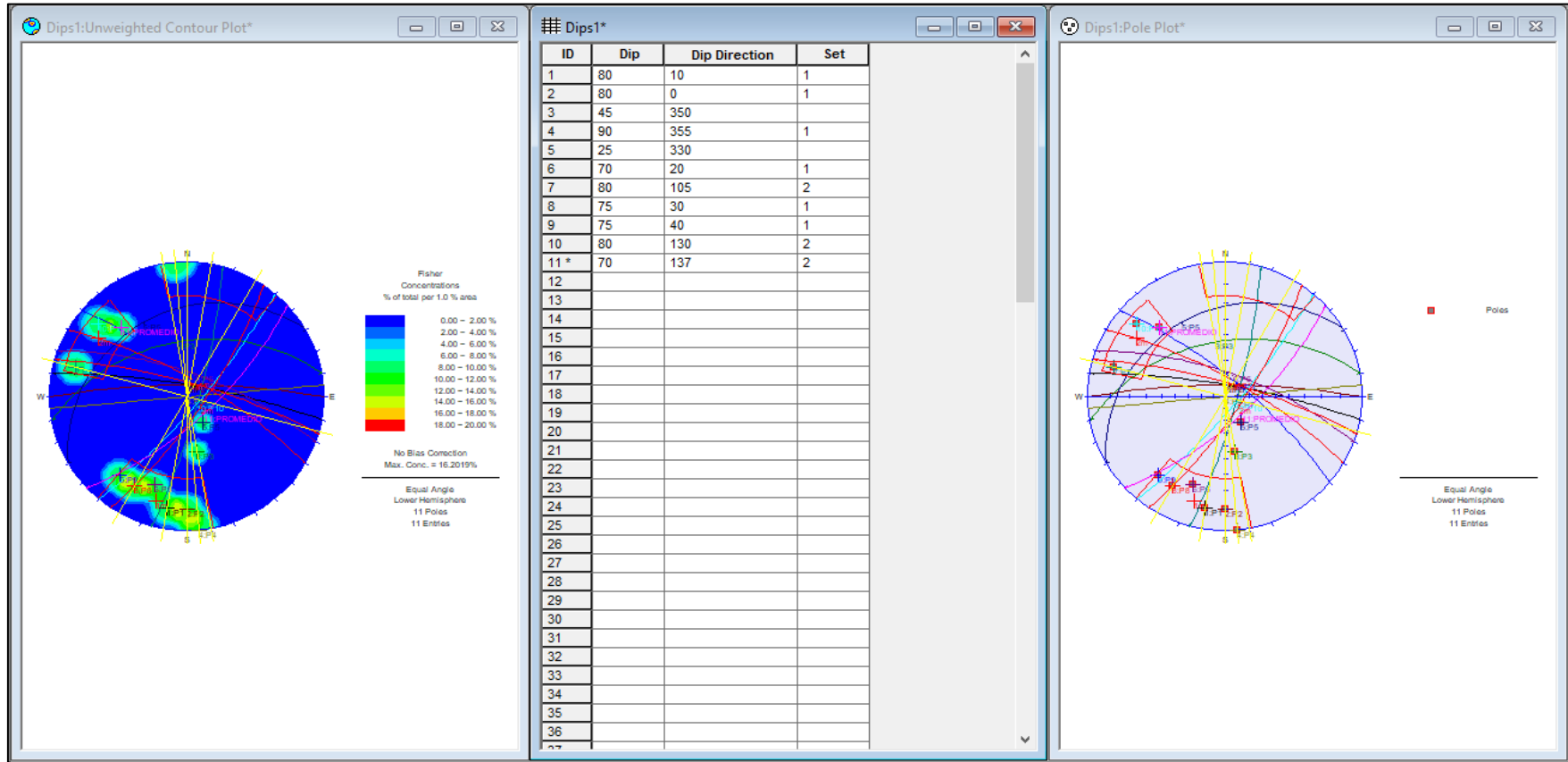
**Fuente:** Elaboración propia**Figura 43**

Gráfico estadístico de la dirección perpendicular al eje del túnel – muestra 5

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 44**  
*Plano estratigráfico de la muestra 5*



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 120**  
**Dirección perpendicular al eje del túnel – RMR 5**

DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL	
EXCAVACIÓN A FAVOR DEL BUZAMIENTO	
BUZAMIENTO 45° - 90°	BUZAMIENTO 20° - 45°
MUY FAVORABLE	FAVORABLE
EXCAVACIÓN EN CONTRA DEL BUZAMIENTO	
BUZAMIENTO 45° - 90°	BUZAMIENTO 20° - 45°
MEDIA	DESFAVORABLE
DIRECCIÓN PARALELA AL EJE DEL TUNEL	
BUZAMIENTO 45° - 90°	BUZAMIENTO 20° - 45°
MUY DESFAVORABLE	MEDIA
CUALQUIER DIRECCIÓN AL EJE DEL TUNEL	
BUZAMIENTO 0° - 20°	MUY FAVORABLE
<u>Datos reales obtenidos por el laboratorio "GECONSAC"</u>	
DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL	70 A FAVOR DEL BUZAMIENTO

**Fuente:** Elaboración propia

En la muestra 5, según la excavación a favor del buzamiento, se obtuvo un valor de buzamiento de 70° ubicado en el rango de 45° - 90° por lo cual se le considera una condición de muy favorable.

- **Corrección por orientación de las discontinuidades**

**Tabla 121**  
**Corrección por orientación de las discontinuidades – RMR 5**

CORRECIÓN POR ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES					
DIRECCIÓN Y BUZAMIENTO	MUY FAVORABLE	FAVORABLE	MEDIA	DESFAVORABLE	MUY DESFAVORABLE
TÚNEL	0	-2	-5	-10	-12
PUNTACIÓN CIMENTACIONES	0	-2	-7	-15	-25
TALUDES	0	-5	-25	-50	-60

**Fuente:** Elaboración propia

En la muestra 5, se determinó que la orientación de las discontinuidades en el túnel es muy favorable, por lo tanto, recibe un valor de "0" en la corrección por orientación de las discontinuidades.

- Clasificación del macizo rocoso

**Tabla 122****Clasificación geomecánica RMR 5**

		<b>CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR (5)</b>							
REFERENCIA:		KILOMETRO 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO							
A: COORDENADAS GEOGRÁFICAS		U:	17N0767557	UTM:	9123445	H:	2565		
		PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN							
1	RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA (MPA)	ENSAYO DE CARGA PUNTUAL (MPA)	> 100	100 - 40	40 - 20	20 - 10			
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"							
		Muestra de la extracción N°(1):	19			MPA			
		COMPRESIÓN SIMPLE (MPA)	> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"							
		Muestra de la extracción N°(1):	16.7			MPA			
		PUNTUACIÓN	15	12	7	4	2	1	0
2	RQD		100 - 90 %	90 - 75 %	75 - 50 %	50 - 25 %	< 25 %		
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"							
		Muestra de la extracción N°(1):	15			%			
		PUNTUACIÓN	20	17	13	6	3		
3	SEPARACION DE DISCONTINUIDADES		> 2 M	2 - 0.6 M	0.6 - 0.2 M	0.2 - 0.06 M	< 0.06 M		
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"							
		Muestra de la extracción N°(1):	0.36			M			
		PUNTUACIÓN	20	15	10	8	5		
4	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES		< 1 M	1 - 3 M	3 - 10 M	10 - 20 M	> 20 M		
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"							
		Muestra de la extracción N°(1):	0.25			m			
		PUNTUACIÓN	6	4	2	1	0		
				CERRADA	< 0.1 MM	0.1 - 1 MM	1 - 5 MM	> 5 MM	
		ABERTURA	DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"						
		Muestra de la extracción N°(1):	0.08			MM			
		PUNTUACIÓN	6	5	3	1	0		

		MUY RUGOSO	RUGOSO	LIGERAMENTE RUGOSO	ONDULADO	SUAVE
RUGOSIDAD		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"				
Puntuación		Muestra de la extracción N°(1):				
		6	5	3	1	0
RELLENO		NINGUNO	RELLENO DURO < 5 MM	RELLENO DURO > 5 MM	RELLENO SUAVE < 5 MM	RELLENO SUAVE > 5 MM
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"				
Puntuación		Muestra de la extracción N°(1):				
		6	4	2	1	0
ALTERACIÓN		INALTERADA	LIGERAMENTE ALTERADA	MODERADAMENTE ALTERADA	MUY ALTERADA	DESCOMPUERTA
		DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"				
Puntuación		Muestra de la extracción N°(1):				
		6	5	3	1	0
5	CAUDAL POR 10 m DE TÚNEL	NULO	< 10 LIT./MIN.	10 - 25 LIT./MIN.	25 - 125 LIT./MIN.	> 125 LIT./MIN.
	RELACIÓN PRESIÓN DE AGUA/ TENSIÓN PRINCIPAL MAYOR	0	0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5
	ESTADO GENERAL	SECO	LIGERAMENTE HÚMEDO	HÚMEDO	GOTEADO	AGUA FLUYENDO
	Puntuación	DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"				
		Muestra de la extracción N°(1):				
		6	5	3	1	0
ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL						
DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL						
EXCAVACIÓN A FAVOR DEL BUZAMIENTO			ENCAVACIÓN EN CONTRA DEL BUZAMIENTO			
BUZAMIENTO 45° - 90°		MUY FAVORABLE			BUZAMIENTO 45° - 90°	
BUZAMIENTO 20° - 45°		FAVORABLE			BUZAMIENTO 20° - 45°	
DIRECCIÓN PARALELA AL EJE DEL TÚNEL			CUALQUIER DIRECCIÓN AL EJE DEL TÚNEL			
BUZAMIENTO 45° - 90°		MUY DESFAVORABLE			BUZAMIENTO 0° - 20°	
BUZAMIENTO 20° - 45°		MEDIA			MUY FAVORABLE	
DATOS REALES OTORGADOS POR EL LABORATORIO "GECONSAC"				DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL		70
						A FAVOR DEL BUZAMIENTO

CORRECIÓN POR ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES						
	DIRECCIÓN Y BUZAMIENTO	MUY FAVORABLE	FAVORABLE	MEDIA	DESFAVORABLE	MUY DESFAVORABLE
PUNTACIÓN	TÚNEL	0	-2	-5	-10	-12
	CIMENTACIONES	0	-2	-7	-15	-25
	TALUDES	0	-5	-25	-50	-60
CLASIFICACIÓN DEL MACIZO ROCOSO SEGÚN EL RMR						
	VALOR DEL RMR CALCULADO			48		
	RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
	CLASE	I	II	III	IV	V
	CALIDAD	MUY BUENA	BUENA	MEDIA	MALA	MUY MALA
	COHESIÓN	> 4 KP / CM2	3 - 4 KP / CM2	2 - 3 KP / CM2	1 - 2 KP / CM2	< 1 KP / CM2
	ÁNGULO DE ROZAMIENTO	> 45°	35° - 45°	25° - 35°	15° - 25°	< 15°
	TIEMPO DE AUTOSOPORTE Y LONGITUD SIN SOSTENER	10 AÑOS	6 MESES	1 SEMANA	10 HORAS	30 MIN.
		15 M.	8 M.	5 M.	2.5 M.	1M.

**Fuente:** Elaboración propia

Para clasificar la calidad del macizo rocoso se suman los valores obtenidos previamente, en este caso la sumatoria nos da un valor de 48. Es decir, el macizo rocoso es de calidad media, clase III con una cohesión de 2 – 3 kp/cm<sup>2</sup>, ángulo de rozamiento entre 25° - 35° y 1 semana de autosoporte con una longitud sin sostener de 5m.

### 4.2.3. Identificación geológica

#### 4.2.3.1. GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO – DEFINICIÓN DEL TIPO DE ROCA

- **Origen de roca**

El origen del macizo rocoso, es debido un derrame volcánico proveniente del núcleo del estratovolcán erosionado Urpillao; las primeras etapas eruptivas del volcán son asignada al Oligoceno superior, por estar intruidas por un stock granodiorítico (Roca ígnea plutónica – intrusiva, originada de una gran intrusión de la corteza terrestre fundida, dando material ígneo). Es un magma extrusivo que fue producto de la solidificación del material interno terrestre fundido, ante el enfriamiento de este.

**Tabla 123**

*Origen del macizo rocoso*

---

**TABLA - ORIGEN**

---

RMR 1	Magma extrusivo, originado por derrames volcánicos desde el núcleo del volcán Urpillao. Primer evento eruptivo (Pe - Urp/1) sobre el batolito granítico.
RMR 2	Magma extrusivo, originado por derrames volcánicos andesíticos del Urpillao. Segundo evento eruptivo (Pe - Urp/2) sobre el (Pe - Urp/1).
RMR 3	Magma extrusivo, originado por derrames volcánicos desde el núcleo del volcán Urpillao. Segundo evento eruptivo (Pe - Urp/2) hacia el río Otuzco.
RMR 4	Magma extrusivo, originado por derrames volcánicos desde el núcleo del volcán Urpillao. Segundo evento eruptivo (Pe - Urp/2) derrame hacia el río Otuzco.
RMR 5	Magma extrusivo, originado por derrames volcánicos desde el núcleo del volcán Urpillao. Segundo evento eruptivo (Pe - Urp/2) derrame hacia el río Otuzco.

---

**Fuente:** Elaboración propia

- **Tipo de roca**

Es una Andesita (Roca ígnea extrusiva / volcánica), de granulación fina y de coloración gris claro a oscuro. Presenta una composición subvolcánica mineralógica intermedia entre basalto y granito, además su formación química intermedia está entre un 52 a 63 % de sílice (Silicio y oxígeno).

**Tabla 124**  
Tipos de rocas

---

**TABLA - TIPO DE ROCA**

---

RMR 1	Andesita en bancos de 0.3 a 1 metros, plegado al noreste.
RMR 2	Andesita en bancos de 1 a 1.5 metros, buzamiento al noreste (Pe - Urp/1).
RMR 3	Andesita en bancos de 1 a 1.5 metros, buzamiento al noreste.
RMR 4	Andesita en bancos de 0.3 a 3.5 metros, buzamiento al noreste.
RMR 5	Andesita en bancos de 0.1 a 2.5 metros, buzamiento al noreste.

---

**Fuente:** Elaboración propia

- **Clasificación de roca**

Roca magmática o ígnea andesítica, formado tras el enfriamiento del flujo lávico y sedimentación de este. Tras una erupción volcánica, el magma se enfría en la superficie y forman rocas con presencia de cristales tras la exposición al oxígeno, teniendo la denominación de roca ígnea efusiva, volcánica o extrusiva.

**Tabla 125**  
*Clasificación de las rocas*

---

**TABLA - CLASIFICACIÓN DE ROCA**

---

RMR 1	Roca ígnea, volcánico gabro andesítico competente dura.
RMR 2	Roca ígnea, volcánico andesítico competente dura.
RMR 3	Roca ígnea, volcánico andesítico masivo duro.
RMR 4	Roca ígnea, volcánico andesítico masivo duro.
RMR 5	Roca ígnea, volcánico andesítico en capas delgadas, núcleo duro.

---

**Fuente:** Elaboración propia

- **Textura de rocas**

Roca ígnea volcánica, con denominación porfirítico, a causa de que los porfiroides cuando el magma se enfría pausadamente en áreas profundas de la corteza terrestre, produciendo cristales equigranulares (Tamaño del grano regularmente homogéneo) y a su vez cuando magma se enfría

aceleradamente en poca profundidad tras una erupción, procreando granulación extremadamente fina, ocasionando una formación mineralógica indeterminada. Presencia de xenolito, tras la erupción volcánica ocasionando fragmentos de roca alojados en el interior de las rocas ígneas efusivas. También en toda el área magmática, como un material ligero en las paredes de un conducto lávico en actividad volcánica.

**Tabla 126**

*Textura de rocas*

---

**TABLA - TEXTURA DE ROCA**

---

RMR 1	Porfirítico con adición de xenolitos graníticos, matriz afanítica.
RMR 2	Porfirítico con graníticos equigranular, matriz afanítica.
RMR 3	Porfirítico equigranular granítico, matriz afanítica.
RMR 4	Porfirítico equigranular granítico, matriz afanítica.
RMR 5	Porfirítico equigranular granítico, matriz afanítica.

---

**Fuente:** Elaboración propia

**4.2.3.2. GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO – CARACTERÍSTICAS DE ROCA**

- **Composición mineralógica**

Es una roca ígnea, conformado por piroxenos pertenecientes al grupo de los inosilicatos, olivino y una matriz rica en feldespatos verdosos con una cristalización plana blanquecina; la cristalización es debido a la adsorción del oxígeno ya que está expuesta a la intemperie. Por sus características de andesitas es micro granular en Hornblenda, pertenecientes a los minerales anfíboles de color negro a verde oscuro pertenecientes a la clase de silicatos compuestos de silicio y oxígeno. Es una roca básica variando a acidez media.



**Tabla 127**  
*Composición mineralógica*

---

**TABLA - COMPOSICIÓN MINERALÓGICA**

---

RMR 1	Cristalización plana en feldespatos, micro granular en hornblenda. Piroxenos, olivino, sin cuarzo, 15% de minerales oscuros.
RMR 2	Cristalización plana en feldespatos, micro granular en hornblenda. Piroxenos, olivino, 5% cuarzo, 15% de minerales oscuros.
RMR 3	Cristalización plana en feldespatos, micro granular en hornblenda. Piroxenos, olivino, 5% cuarzo, 15% de minerales oscuros.
RMR 4	Cristalización plana en feldespatos, micro granular en hornblenda. Piroxenos, olivino, 5% cuarzo, 15% de minerales oscuros.
RMR 5	Cristalización plana en feldespatos, micro granular en hornblenda. Piroxenos, olivino, 5% cuarzo, 15% de minerales oscuros.

---

**Fuente:** Elaboración propia

- **Composición y rangos químicos**

Ante la erupción del volcán, los flujos lávicos con rocas ígneas extrusiva transportan basalto, andesita con piroxenos, gabro, entre otros minerales pesados, estos son ricos en hierro, magnesio, sílice y calcio.

**Tabla 128**  
*Composición y rangos químicos*

---

**TABLA - COMPOSICIÓN Y RANGOS QUÍMICOS**

---

RMR 1	Roca básica variando acidez media.
RMR 2	Roca de acidez media de color gris verdoso.
RMR 3	Roca de acidez media de color gris verdoso.
RMR 4	Roca de acidez media de color gris verdoso.
RMR 5	Roca de acidez media de color gris verdoso.

---

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.2.3.3. GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO – PROPIEDADES FÍSICAS

- **Isotropía y anisotropía**

En la superficie del macizo rocoso, se observa una anisotropía tectónica al noreste, pero con isotropía en la parte interior de la roca sana.

**Tabla 129**

*Isotropía y anisotropía*

---

**TABLA - ISOTROPÍA Y ANISOTROPÍA**

---

RMR 1	Isotrópico en roca sana, anisotropía tectónica al noreste.
RMR 2	Isotrópico en roca sana, anisotropía tectónica al noreste.
RMR 3	Isotrópico en roca masiva, anisotropía tectónica al noreste.
RMR 4	Isotrópico en roca masiva, anisotropía tectónica al noreste.
RMR 5	Isotrópico en roca masiva, anisotropía tectónica al noreste.

---

**Fuente:** Elaboración propia

- **Densidad y peso específico**

Respecto a la densidad en rocas ígneas, es variable debido a la dependencia principal en su composición mineralógica que la constituye, puede oscilar en un rango de 2.6 a 3.4 gr/cm<sup>3</sup>. Por otro lado, el peso específico de una roca es la división entre el peso de la misma roca entre su volumen.

**Tabla 130**

*Densidad y peso específico*

---

**TABLA - DENSIDAD Y PESO ESPECÍFICO**

---

RMR 1	2.65 - 2.7 gr / cm <sup>3</sup>
RMR 2	2.7 - 2.9 gr / cm <sup>4</sup>
RMR 3	2.7 - 2.9 gr / cm <sup>5</sup>
RMR 4	2.7 - 2.9 gr / cm <sup>6</sup>
RMR 5	2.7 - 2.9 gr / cm <sup>7</sup>

---

**Fuente:** Elaboración propia

- **Porosidad**

Es el volumen de vacíos dentro del volumen total de la roca, en rocas ígneas, la porosidad concernientemente es bajo, por lo que, de no presentar meteorización ante el intemperismo oscila la porosidad en el

rango de 1 a 2%; sin embargo, en caso de una meteorización mayor puede presentar 10 % a más.

**Tabla 131**  
*Porosidad*

---

**TABLA - POROSIDAD**

---

RMR 1	Máximo de 10% en andesita con grano fino de 0.12%
RMR 2	Máximo de 10% en andesita con grano fino de 0.12%
RMR 3	Máximo de 10% en andesita con grano fino de 0.12%
RMR 4	Máximo de 10% en andesita con grano fino de 0.12%
RMR 5	Máximo de 10% en andesita con grano fino de 0.12%

---

**Fuente:** Elaboración propia

- **Adsorción y absorción de agua**

La absorción, es la asimilación de fluidos alojados en el interior de cualquier variedad de macizo rocoso. Respecto a la roca ígnea volcánica, tiene cierta tendencia a ser impermeable en un estado de roca sana (Permeabilidad absoluta "K"), si presenta un estado de meteorización, tiene tendencia a tener poros abiertos lo que facilitan incorporar líquidos en su interior. Por su parte, la adsorción es la adhesión de fluidos, como también gases en el macizo rocoso.

**Tabla 132**  
*Adsorción y absorción de agua*

---

**TABLA - ADSORCIÓN Y ABSORCIÓN DE AGUA**

---

RMR 1	Tendencia impermeable en roca sana con "K" entre 0.5 a $2^{-6}$
RMR 2	Tendencia impermeable en roca sana con "K" entre 0.5 a $2^{-6}$
RMR 3	Tendencia impermeable en roca sana con "K" entre 0.5 a $2^{-6}$
RMR 4	Tendencia impermeable en roca sana con "K" entre 0.5 a $2^{-6}$
RMR 5	Tendencia impermeable en roca sana con "K" entre 0.5 a $2^{-6}$

---

**Fuente:** Elaboración propia

- **Desorción de agua**

El macizo rocoso, expuesto al intemperismo tiene contacto con el aire lo que es una retención de humedad, pues está relacionado a las condiciones ambientales, ya sea lluvias, temperaturas altas y bajas,

entre otras. La zona de estudio, no presenta en sus cercanías acuíferos, pero producto de las lluvias y la meteorización, puede presentar una ligera humedad, sin embargo, también está expuesta a la radiación solar, lo que genera una evaporación o pérdida de humedad favoreciendo la desorción en el macizo rocoso en estudio.

**Tabla 133**

*Desorción de agua*

---

**TABLA - DESORCIÓN DE AGUA**

---

RMR 1	La andesita no es soluble al agua, solo a los sulfuros.
RMR 2	La andesita no es soluble al agua, solo a los sulfuros.
RMR 3	La andesita no es soluble al agua, solo a los sulfuros.
RMR 4	La andesita no es soluble al agua, solo a los sulfuros.
RMR 5	La andesita no es soluble al agua, solo a los sulfuros.

---

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.2.3.4. GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO – PROPIEDADES MECÁNICAS

- **Resistencia a la compresión uniaxial**

Se somete a un esfuerzo al núcleo del macizo rocos, es decir a la muestra extruida IN SITU, para determinar los parámetros de rotura y su conducta geomecánica. Este ensayo, es realizado en un laboratorio de mecánica de rocas.

**Tabla 134**

*Valor de la Resistencia a la compresión simple*

---

**TABLA - RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

---

RMR 1	27.20 MPA
RMR 2	50.83 MPA
RMR 3	24.94 MPA
RMR 4	40.35 MPA
RMR 5	16.70 MPA

---

**Fuente:** Elaboración propia

- **Dureza**

La roca en estudio (Roca ígnea volcánica), presenta una dureza en su composición mineralogía al ser rayado, por ello, tiene una oscilación en un rango de 5 a 6 en la escala de Mohr.

**Tabla 135**

Dureza

---

**TABLA - DUREZA**

---

RMR 1	Hasta 6 según el rango de Mohr
RMR 2	Hasta 6 según el rango de Mohr
RMR 3	Hasta 6 según el rango de Mohr
RMR 4	Hasta 6 según el rango de Mohr
RMR 5	Hasta 6 según el rango de Mohr

---

**Fuente:** Elaboración propia

#### **4.2.3.5. GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO – EXPANSIÓN TÉRMICA**

El flujo lávico andesítico, es rico en agua, pero al erupcionar se evapora por las altas temperaturas. Debido a las altas temperaturas, tiende la roca a expandirse incrementando su volumen, por la energía térmica asimilada. En la andesita, se da la expansión en estado líquido y sólido piroclásticamente, debido a lluvias de lávicas y de agua caliente en un estado de fluido y como macizo compacto, depende de su grado de acidez o por la proporción de anhídrido silícico en su contenido (Regulador de actividad volcánica). Estos son fragmentos emanados tras la erupción de forma líquida y sólida.

**Tabla 136**  
*Expansión térmica*

---

**TABLA - EXPANSIÓN TERMICA**

---

RMR 1,2,3,4,5	Las rocas ígneas o volcánicas son resistentes a altas temperaturas y presentan disgregación superficial por meteorización y/o sales. El fenómeno de expansión, se da en depósitos piroclásticos por alteración montmorillonita y/o anhidrita higroscópica.
------------------	--

---

**Fuente:** Elaboración propia

**4.2.3.6. GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO – EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DEL MACIZO ROCOSO.**

La evaluación inicia con la inspección en campo, recorriendo el contorno de la formación rocosa e identificando áreas de análisis en toda la zona de estudio. Se divide en 5 áreas, en las cuales se determinará cada RMR con su geomecánica respectiva, a su vez, se realiza un análisis computarizado DIP con proyecciones en las diaclasas – sentido del buzamiento. Posteriormente, se realiza la extracción de diamantina en las áreas seleccionadas, para realizarle ensayos de carga puntual, compresión simple y propiedades físicas los núcleos extraídos.

**4.2.3.7. GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO – ESTABILIDAD DEL MACIZO ROCOSO**

El intemperismo dado en la superficie andesítica, es afectado por la meteorización ocasionando por una alteración mecánica o de desintegración, tales como: Insolación, gelivación, palpitación, exfoliación, acción de raíces y crecimiento cristalino. Y una alteración química o de descomposición, tales como: El intemperismo mecánico, profundidad, composición del mineral original y temperatura y la humedad. Generando pérdida en su resistencia superficial, lo que ocasiona en la afloración rocosa descarrillado y/o desprendimiento y con el tiempo otorga una cobertura de suelo residual.

#### **4.2.3.8. GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO – INTERACCIÓN DE LA EVALUACIÓN Y LA ESTABILIDAD DEL MACIZO ROCOS Y SUS MUESTRAS EXTRAÍDAS.**

El proyecto como propuesta de estudio preliminar de la zona, para un diseño geotécnico de túnel, ubicada en la vía nacional 114 carretera Trujillo a la ciudad de Otuzco. Presenta en sus áreas de estudio y a su vez exploradas, geomecánicas de rocas casi homogéneas, con la variación en la estabilidad y calidad del macizo rocoso. Es por ello, que tras el análisis geotécnico realizado es viable con circunstancias a enfrentar en el proceso de excavación. Ya que en las áreas estudiadas y analizadas geomecánicamente RMR 1 y RMR 2, está en una excavación tipo A o B, según lo analizado, pero puede ser variable a su comportamiento geomecánico en roca sana; por otro lado, las áreas estudiadas y analizadas geomecánicamente RMR 3, RMR 4 y RMR 5, está en una excavación tipo C, según lo analizado, pero puede ser variable a su comportamiento geomecánico en roca sana.

### **4.3. Docimasia de hipótesis**

Luego de haber realizado el estudio y análisis del macizo rocoso de la zona en sus cinco áreas de exploración hemos recopilado los datos que nos permiten conocer el comportamiento geomecánico del macizo rocoso al intemperismo, por lo cual las áreas del RMR 1 y RMR 2 están sujetas a una excavación tipo A o B, sin embargo, una roca sana no meteorizada puede presentar una variabilidad en su comportamiento geomecánico.

Por otro lado, las áreas de estudio del RMR 3, RMR 4 y RMR 5 están sujetas a una excavación tipo C, sin embargo, una roca sana no meteorizada puede presentar una variabilidad en su comportamiento geomecánico. Por lo tanto, el comportamiento geomecánico del macizo rocoso en sus diferentes áreas de estudio y según el diseño geotécnico, es óptimo para la implementación de una infraestructura vial de túneles.



## V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En el presente trabajo de investigación se ha analizado la geomecánica del macizo rocoso en estudio y a su vez se han evaluado los diferentes parámetros de la metodología RMR de Bieniawski para el diseño geotécnico de un túnel.

En el área de estudio 1 se encontró una roca ígnea volcánica andesítica originada por el magma extrusivo proveniente de un derrame volcánico desde el núcleo del volcán Urpillao en su primer evento eruptivo (Pe – Urp/1) sobre un batolito granítico. Esta andesita tiende a estar en bancos de 0.3 a 1 m. plegado al noreste, clasificada como roca efusiva volcánica gabro andesítica competente dura, con una textura porfirítica con adición de xenolitos graníticos y de matriz afanítica. Compuesta por una cristalización plana en feldespatos, micro granular en hornblenda, además de piroxenos, olivino, minerales oscuros y sin presencia de cuarzo. Según sus componentes químicos presenta hierro (Fe), magnesio (Mg), sílice (Si) y calcio (Ca); a su vez cuenta con una composición de roca básica variando a acidez media.

En el afloramiento rocoso en estudio se puede apreciar en la superficie una anisotropía, variando en roca sana a una isotropía, debido a que no está expuesta al intemperismo.

En el diseño geotécnico de esta área de estudio aplicando los parámetros de diseño del RMR de Bieniawski tenemos un macizo rocoso con parámetros de clasificación, los cuales son: Una resistencia de la matriz rocosa (Mpa) en dos sub - parámetros, en el ensayo de carga puntual (Mpa) se obtiene un valor de 42.5 Mpa, en el ensayo de compresión simple (Mpa) se obtiene un valor de 27.2 Mpa. En el parámetro de RQD se obtiene un valor de 92.7%. En el parámetro de separación de discontinuidades se obtiene un valor de 0.31 metros. En el parámetro de estado de las discontinuidades, se cuenta con cuatro sub – parámetros, en persistencia se obtiene un valor de 0.30 metros, en abertura se obtiene un valor de 0.24 milímetros, en rugosidad se obtiene un valor de Rugoso, en relleno se obtiene un valor de relleno suave < 5 milímetros, en

alteración se obtiene un valor de ligeramente alterada. En el parámetro de agua freática, se cuenta con un sub – parámetros, en estado general se obtiene un valor de ligeramente húmedo. Con respecto a la orientación de las discontinuidades en el túnel, la dirección perpendicular al eje del túnel es de  $69^\circ$  (Grados) y está a favor del buzamiento. Con respecto a la corrección por orientación de las discontinuidades, que se resta a la sumatoria de todos los anteriores parámetros, se obtiene un valor de 0. Finalmente, en la clasificación del macizo rocoso según el RMR se obtiene un valor calculado de 67.

En el área de estudio 2 se encontró una roca ígnea volcánica andesítica originada por el magma extrusivo proveniente de un derrame volcánico andesítico del Urpillao, en su segundo evento eruptivo (Pe – Urp/2) sobre el Pe – Urp/1. Esta andesita tiende a estar en bancos de 1 a 1.5 m. con buzamiento al noreste (Pe – Urp/1), clasificada como roca efusiva volcánica andesítica competente dura, con una textura porfirítica con graníticos equigranulares y de matriz afanítica. Compuesta por una cristalización plana en feldespatos, micro granular en hornblenda, además de piroxenos, olivino, minerales oscuros y con una baja cantidad de cuarzo. Según sus componentes químicos presenta hierro (Fe), magnesio (Mg), sílice (Si) y calcio (Ca); a su vez cuenta con una composición de roca de acidez media de color gris verdoso.

En el afloramiento rocoso en estudio se puede apreciar en la superficie una anisotropía, variando en roca sana a una isotropía, debido a que no está expuesta al intemperismo.

En el diseño geotécnico de esta área de estudio aplicando los parámetros de diseño del RMR de Bieniawski tenemos un macizo rocoso con parámetros de clasificación, los cuales son: Una resistencia de la matriz rocosa (Mpa) en dos sub - parámetros, en el ensayo de carga puntual (Mpa) se obtiene un valor de 106 Mpa, en el ensayo de compresión simple (Mpa) se obtiene un valor de 50.8 Mpa. En el parámetro de RQD se obtiene un valor de 98.6%. En el parámetro de separación de discontinuidades se obtiene un valor de 0.77 metros. En el parámetro de

estado de las discontinuidades, se cuenta con cuatro sub – parámetros, en persistencia se obtiene un valor de 0.25 metros, en abertura se obtiene un valor de 0.07 milímetros, en rugosidad se obtiene un valor de Rugoso, en relleno se obtiene un valor de relleno suave < 5 milímetros, en alteración se obtiene un valor de ligeramente alterada. En el parámetro de agua freática, se cuenta con un sub – parámetros, en estado general se obtiene un valor de ligeramente húmedo. Con respecto a la orientación de las discontinuidades en el túnel, la dirección perpendicular al eje del túnel es de 63 ° (Grados) y está en contra del buzamiento. Con respecto a la corrección por orientación de las discontinuidades, que se resta a la sumatoria de todos los anteriores parámetros, se obtiene un valor de -5. Finalmente, en la clasificación del macizo rocoso según el RMR se obtiene un valor calculado de 72.

En el área de estudio 3 se encontró una roca ígnea volcánica andesítica originada por el magma extrusivo proveniente de un derrame volcánico desde el núcleo del volcán Urpillao, en su segundo evento eruptivo (Pe – Urp/2) hacia el río Otuzco. Esta andesita tiende a estar en bancos de 1 a 1.5 m. con buzamiento al noreste, clasificada como roca efusiva volcánica andesítica masiva dura, con una textura porfírica equigranular granítico y de matriz afanítica. Compuesta por una cristalización plana en feldespatos, micro granular en hornblenda, además de piroxenos, olivino, minerales oscuros y con una baja cantidad de cuarzo. Según sus componentes químicos presenta hierro (Fe), magnesio (Mg), sílice (Si) y calcio (Ca); a su vez cuenta con una composición de roca de acidez media de color gris verdoso.

En el afloramiento rocoso en estudio se puede apreciar en la superficie una anisotropía, variando en roca sana a una isotropía, debido a que no está expuesta al intemperismo.

En el diseño geotécnico de esta área de estudio aplicando los parámetros de diseño del RMR de Bieniawski tenemos un macizo rocoso con parámetros de clasificación, los cuales son: Una resistencia de la matriz rocosa (Mpa) en dos sub - parámetros, en el ensayo de carga puntual

(Mpa) se obtiene un valor de 16 Mpa, en el ensayo de compresión simple (Mpa) se obtiene un valor de 24.9 Mpa. En el parámetro de RQD se obtiene un valor de 15%. En el parámetro de separación de discontinuidades se obtiene un valor de 0.61 metros. En el parámetro de estado de las discontinuidades, se cuenta con cuatro sub – parámetros, en persistencia se obtiene un valor de 1.02 metros, en abertura se obtiene un valor de 0.09 milímetros, en rugosidad se obtiene un valor de Ondulado, en relleno se obtiene un valor de relleno suave < 5 milímetros, en alteración se obtiene un valor de ligeramente alterada. En el parámetro de agua freática, se cuenta con un sub – parámetros, en estado general se obtiene un valor de ligeramente húmedo. Con respecto a la orientación de las discontinuidades en el túnel, la dirección perpendicular al eje del túnel es de 83 ° (Grados) y está a favor del buzamiento. Con respecto a la corrección por orientación de las discontinuidades, que se resta a la sumatoria de todos los anteriores parámetros, se obtiene un valor de 0. Finalmente, en la clasificación del macizo rocoso según el RMR se obtiene un valor calculado de 43.

En el área de estudio 4 se encontró una roca ígnea volcánica andesítica originada por el magma extrusivo proveniente de un derrame volcánico desde el núcleo del volcán Urpillao, en su segundo evento eruptivo (Pe – Urp/2) se derrama hacia el río Otuzco. Esta andesita tiende a estar en bancos de 0.3 a 3.5 m. con buzamiento al noreste, clasificada como roca efusiva volcánica andesítica masiva dura, con una textura porfirítica equigranular granítico y de matriz afanítica. Compuesta por una cristalización plana en feldespatos, micro granular en hornblenda, además de piroxenos, olivino, minerales oscuros y con una baja cantidad de cuarzo. Según sus componentes químicos presenta hierro (Fe), magnesio (Mg), sílice (Si) y calcio (Ca); a su vez cuenta con una composición de roca de acidez media de color gris verdoso.

En el afloramiento rocoso en estudio se puede apreciar en la superficie una anisotropía, variando en roca sana a una isotropía, debido a que no está expuesta al intemperismo.

En el diseño geotécnico de esta área de estudio aplicando los parámetros de diseño del RMR de Bieniawski tenemos un macizo rocoso con parámetros de clasificación, los cuales son: Una resistencia de la matriz rocosa (Mpa) en dos sub - parámetros, en el ensayo de carga puntual (Mpa) se obtiene un valor de 38 Mpa, en el ensayo de compresión simple (Mpa) se obtiene un valor de 40.35 Mpa. En el parámetro de RQD se obtiene un valor de 61.4%. En el parámetro de separación de discontinuidades se obtiene un valor de 0.62 metros. En el parámetro de estado de las discontinuidades, se cuenta con cuatro sub – parámetros, en persistencia se obtiene un valor de 0.33 metros, en abertura se obtiene un valor de 0.08 milímetros, en rugosidad se obtiene un valor de Rugoso, en relleno se obtiene un valor de relleno suave < 5 milímetros, en alteración se obtiene un valor de ligeramente alterada. En el parámetro de agua freática, se cuenta con un sub – parámetros, en estado general se obtiene un valor de húmedo. Con respecto a la orientación de las discontinuidades en el túnel, la dirección perpendicular al eje del túnel es de 55 ° (Grados) y está a favor del buzamiento. Con respecto a la corrección por orientación de las discontinuidades, que se resta a la sumatoria de todos los anteriores parámetros, se obtiene un valor de 0. Finalmente, en la clasificación del macizo rocoso según el RMR se obtiene un valor calculado de 60.

En el área de estudio 5 se encontró una roca ígnea volcánica andesítica originada por el magma extrusivo proveniente de un derrame volcánico desde el núcleo del volcán Urpillao, en su segundo evento eruptivo (Pe – Urp/2) se derrama hacia el río Otuzco. Esta andesita tiende a estar en bancos de 0.1 a 2.5 m. con buzamiento al noreste, clasificada como roca efusiva volcánica andesítica en capas delgadas del núcleo duro, con una textura porfírica equigranular granítico y de matriz afanítica. Compuesta por una cristalización plana en feldespatos, micro granular en hornblenda, además de piroxenos, olivino, minerales oscuros y con una baja cantidad de cuarzo. Según sus componentes químicos presenta hierro (Fe), magnesio (Mg), sílice (Si) y calcio (Ca); a su vez cuenta con una

composición de roca de acidez media de color gris verdoso.

En el afloramiento rocoso en estudio se puede apreciar en la superficie una anisotropía, variando en roca sana a una isotropía, debido a que no está expuesta al intemperismo.

En el diseño geotécnico de esta área de estudio aplicando los parámetros de diseño del RMR de Bieniawski tenemos un macizo rocoso con parámetros de clasificación, los cuales son: Una resistencia de la matriz rocosa (Mpa) en dos sub - parámetros, en el ensayo de carga puntual (Mpa) se obtiene un valor de 38 Mpa, en el ensayo de compresión simple (Mpa) se obtiene un valor de 16.7 Mpa. En el parámetro de RQD se obtiene un valor de 15%. En el parámetro de separación de discontinuidades se obtiene un valor de 0.36 metros. En el parámetro de estado de las discontinuidades, se cuenta con cuatro sub - parámetros, en persistencia se obtiene un valor de 0.25 metros, en abertura se obtiene un valor de 0.08 milímetros, en rugosidad se obtiene un valor de Muy rugoso, en relleno se obtiene un valor de relleno suave < 5 milímetros, en alteración se obtiene un valor de ligeramente alterada. En el parámetro de agua freática, se cuenta con un sub - parámetros, en estado general se obtiene un valor de ligeramente húmedo. Con respecto a la orientación de las discontinuidades en el túnel, la dirección perpendicular al eje del túnel es de 70 ° (Grados) y está a favor del buzamiento. Con respecto a la corrección por orientación de las discontinuidades, que se resta a la sumatoria de todos los anteriores parámetros, se obtiene un valor de -5. Finalmente, en la clasificación del macizo rocoso según el RMR se obtiene un valor calculado de 48.

El investigador Mamani realizó una evaluación geotécnica del túnel trasandino en el distrito de San Bartolomé en el departamento de Lima, aplicando el método RMR de Bieniawski evaluó dos áreas de estudio en un macizo rocoso con una clasificación de roca sedimentaria. En la primera área el macizo rocoso estudiado obtuvo una clasificación de clase III y roca media, mientras que en el área dos fue clase IV y roca de calidad mala. Además, en la investigación de Castillo donde se realizó un estudio geotécnico para el diseño de un túnel en el departamento de Huánuco se

encontró un macizo rocoso de clasificación metamórfica, obteniendo rocas de clase III, IV y V, de calidad media, mala y muy mala respectivamente.

En nuestra investigación encontramos roca de clasificación ígnea efusiva volcánica, pertenecientes al oligoceno superior proveniente del periodo paleógeno, que según el método RMR de Bieniawski son de clase II y III, de calidad buena y media respectivamente. Esto explica la diferencia en la calidad de nuestro macizo rocoso con el de las investigaciones anteriores debido a que son rocas de distinta clasificación.

## CONCLUSIONES

- El diseño geotécnico parte de la recopilación de datos como resistencia de la matriz rocosa, RQD, separación de las discontinuidades, estado de las discontinuidades, agua freática, orientación de las discontinuidades del macizo rocoso en las distintas áreas evaluadas, para luego obtener la clasificación geomecánica según los diferentes parámetros que establece el RMR de Bieniawski. Obteniendo dos tipos de calidad en el macizo rocoso, el área 1 y 2 en su afloramiento es de buena calidad siendo apta para una excavación tipo A o B; por otro lado, el área de estudio 3,4 y 5 es de calidad media siendo apta para una excavación tipo C.
- El macizo rocoso en estudio según su clasificación es una roca ígnea volcánica, efusiva o extrusiva; debido a que el flujo lávico del volcán tras la erupción se sedimenta ante el enfriamiento en la superficie formando rocas con composición cristalina al contacto con la intemperie. Por otro lado, el macizo rocoso en su propiedad física contempla la dureza, la cual es la resistencia al ser rallado. En nuestras cinco zonas de estudio, se clasificaron como rocas andesíticas la cual en la escala medida geológicamente del 1 al 10, se obtiene un valor oscilante entre 5 y 6 de dureza.
  - Zona 1: Rango de dureza 5 – 6 / Moderadamente dura
  - Zona 2: Rango de dureza 5 – 6 / Moderadamente dura
  - Zona 3: Rango de dureza 5 – 6 / Moderadamente dura
  - Zona 4: Rango de dureza 5 – 6 / Moderadamente dura
  - Zona 5: Rango de dureza 5 – 6 / Moderadamente dura
- La zona en estudio tiene su origen debido a la solidificación del derrame de flujo lávico proveniente de la erupción del volcán Urpillao. Por lo tanto, en las cinco áreas de estudio la clasificación es una roca ígnea andesítica, anisotrópica producto del intemperismo, con una textura proveniente de una matriz afanítica y a su vez rica en feldespatos de color verdoso oscuro, además de presentar una cristalización blanquecina con una granulación hornblenda.



- Se estudiaron cinco áreas del macizo rocoso, donde se evaluó su calidad en base a ensayos y parámetros establecidos en el método RMR, dónde se obtuvieron los siguientes resultados por cada RMR:

➤ RMR 1

- Valor del RMR calculado: 67
- RMR: 80 – 61
- Clase: II
- Calidad: Buena
- Cohesión: 3 - 4 Kp / Cm<sup>2</sup>
- Ángulo de rozamiento: 35 ° - 45°
- Tiempo de autosoporte: 6 Meses
- Longitud sin sostener: 8 Metros

➤ RMR 2

- Valor del RMR calculado: 72
- RMR: 80 – 61
- Clase: II
- Calidad: Buena
- Cohesión: 3 - 4 Kp / Cm<sup>2</sup>
- Ángulo de rozamiento: 35 ° - 45°
- Tiempo de autosoporte: 6 Meses
- Longitud sin sostener: 8 Metros

➤ RMR 3

- Valor del RMR calculado: 43
- RMR: 60 – 41
- Clase: III
- Calidad: Media
- Cohesión: 2 - 3 Kp / Cm<sup>2</sup>
- Ángulo de rozamiento: 25 ° - 35°
- Tiempo de autosoporte: 1 Semana
- Longitud sin sostener: 5 Metros

➤ RMR 4

- Valor del RMR calculado: 60
- RMR: 60 – 41
- Clase: III
- Calidad: Media
- Cohesión: 2 - 3 Kp / Cm<sup>2</sup>
- Ángulo de rozamiento: 25 ° - 35°
- Tiempo de autosoporte: 1 Semana
- Longitud sin sostener: 5 Metros

➤ RMR 5

- Valor del RMR calculado: 48
- RMR: 60 – 41
- Clase: III
- Calidad: Media
- Cohesión: 2 - 3 Kp / Cm<sup>2</sup>
- Ángulo de rozamiento: 25 ° - 35°
- Tiempo de autosoporte: 1 Semana
- Longitud sin sostener: 5 Metros

- Se hizo uso del software ArcGis para la obtención del perfil y el plano topográfico, además se realizó un plano con el análisis geomecánico del macizo rocoso donde se observan las calidades (buena y media) según las áreas de la zona de estudio.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda la realización de estudios geotécnicos para evaluar previamente las condiciones del macizo rocoso y en base a esto establecer el diseño más adecuado según la infraestructura a realizar.
- Se recomienda un análisis químico para conocer los porcentajes de la composición mineralógica de las áreas de estudio del macizo rocoso.
- Realizar al macizo rocoso los ensayos de compresión triaxial, resistencia a la tensión, resistencia a la flexión y fatiga.
- Se recomienda realizar los formatos para la toma de datos con anticipación para que durante la realización de los ensayos se puedan acopiar todos los datos necesarios para la investigación.
- Realizar un levantamiento topográfico para conocer las cotas de la zona de estudio y mediante un software ejecutar un modelamiento más preciso de la infraestructura geológica.
- Se recomienda a las autoridades pertinentes, fomentar la implementación de nueva infraestructura que permita un mejor desarrollo vial en las zonas geográficas accidentadas, para de esta manera brindar un viaje de mejor calidad y en un menor tiempo a los habitantes del sector.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Barqueros, I. (11 de diciembre de 2009). ECOMOVILIDAD.COM. Obtenido de Los túneles en Madrid: Métodos clásicos: <https://ecomovilidad.net/madrid/tuneles-madrid-metodos-clasicos/>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). Manual de carreteras túneles, muros y obras complementarias.

Cartaya, M. (2006). Caracterización Geomecánica de Macizos Rocosos En Obras Subterráneas De La Región Oriental De País. Tesis Doctoral. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Holguín.

Castillo, M. (2021). Estudio geotécnico para el diseño del túnel dos de la Vía Evitamiento – Huánuco. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Céspedes, J. (2001). Carreteras Diseño Moderno. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.

Hernández, L., & Santamarta, J. (2015). Ingeniería geológica en terrenos volcánicos – Métodos, Técnicas y experiencias en Las Islas. España: Ilustre Colegio Oficial de Geólogos.

INGEMENT. (2017). Memoria Anual 2017. Lima: Editorial Franco E.I.R.L.

Mamani, M. (2022). Evaluación geotécnica según los métodos RMR y Q de Barton en la construcción del túnel trasandino en el distrito de San Bartolome – Lima. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). Diseño Geométrico de Carreteras. Lima: Megabyte

Ortega, J. (2018). Estudio geotécnico y geomecánico para el diseño del túnel principal de la mina polveros, empresa Green Mine Ltda, Maripí – Boyacá, Colombia. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.

Perri, G. (2002). Tópicos de ingeniería de túneles. Caracas: Independently published.

Ramírez, P., & Alejano, L. (2004). Mecánica de rocas: Fundamentos e ingeniería de taludes. Guadalajara: Red DESIR.

# ANEXOS

## **ANEXO N°01: PANEL FOTOGRÁFICO**

**Figura 45** Zona de estudio



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 46** Identificación del tramo 1



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 47** Orientación de las discontinuidades



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 48** Toma de medidas de abertura



**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 49** Extracción de diamantina n°1



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 50** Extracción de diamantina en muestra n° 1



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 51** Muestra n° 1



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 52** Identificación tramo n° 2



**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 53** Orientación de las discontinuidades



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 54** Extracción de diamantina n° 2



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 55** Muestra n° 2

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 56** Identificación del tramo n° 3

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 57** Orientación y buzamiento de las discontinuidades



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 58** Extracción de diamantina n°3



**Fuente:** Elaboración propia





**Figura 61** Identificación tramo n° 4



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 62** Orientación y buzamiento de las discontinuidades



**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 63** Extracción de la diamantina n° 4



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 64** Identificación tramo n° 5



**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 65** Orientación y buzamiento de las discontinuidades



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 66** Extracción de diamantina n° 5



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 67** Ensayo de compresión simple



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 68** Ensayo de compresión simple



**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 69** Ensayo de compresión simple



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 70** Rotura de muestra en prueba de compresión simple



**Fuente:** Elaboración propia

Figura 71 Ensayo de carga puntual n°1



Fuente: Elaboración propia

Figura 72 Falla de la muestra n°1



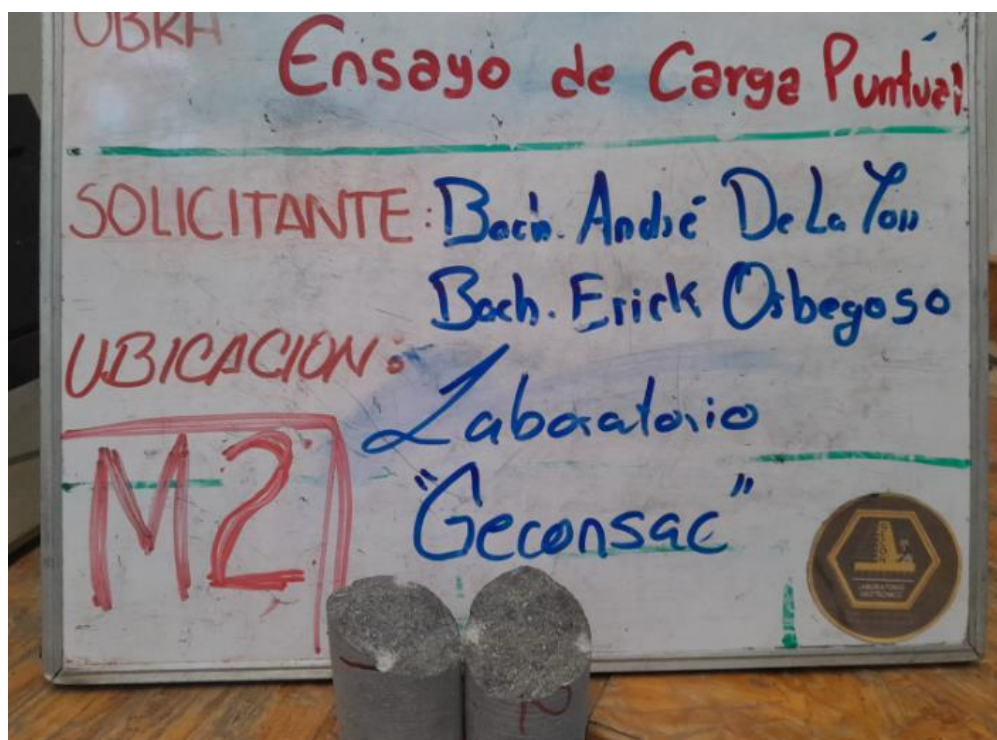
Fuente: Elaboración propia

Figura 73 Ensayo de carga puntual n°2



Fuente: Elaboración propia

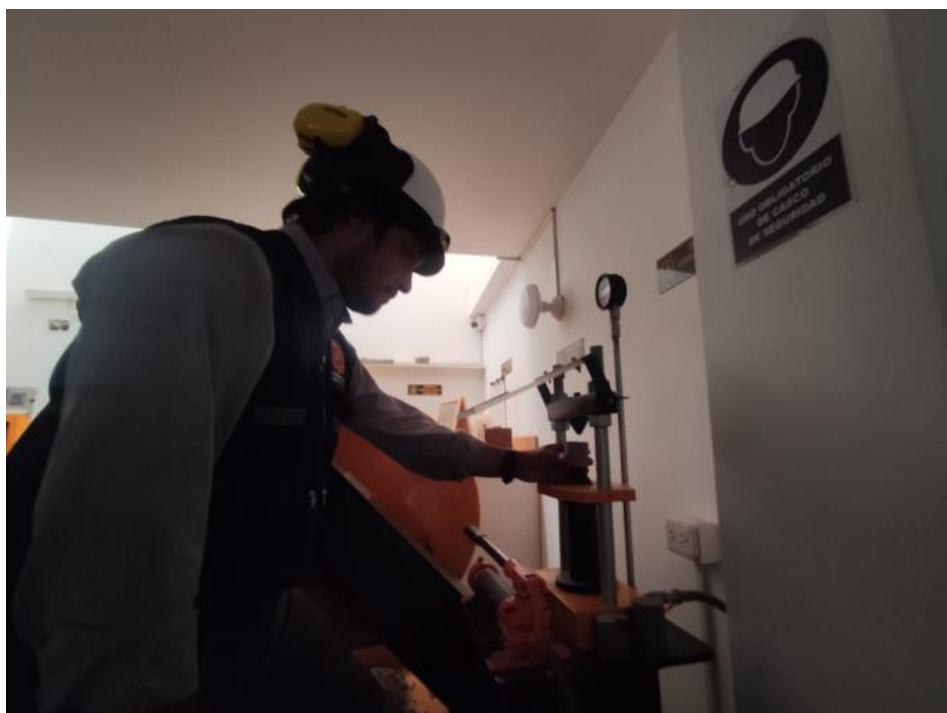
Figura 74 Falla de la muestra n°2



Fuente: Elaboración propia

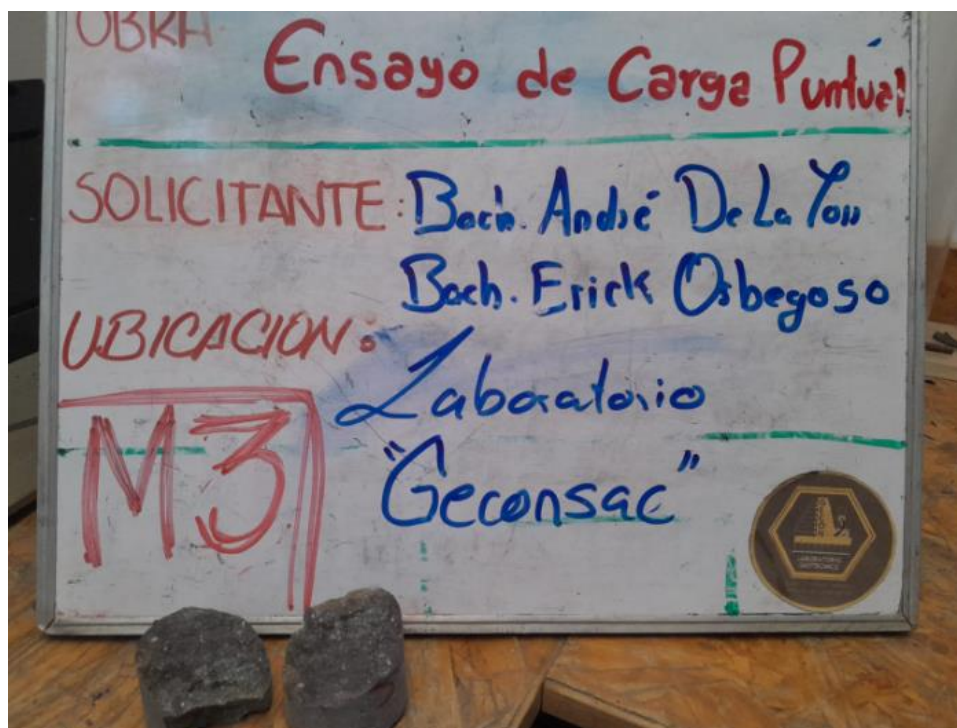


**Figura 75** Ensayo de la muestra n°3

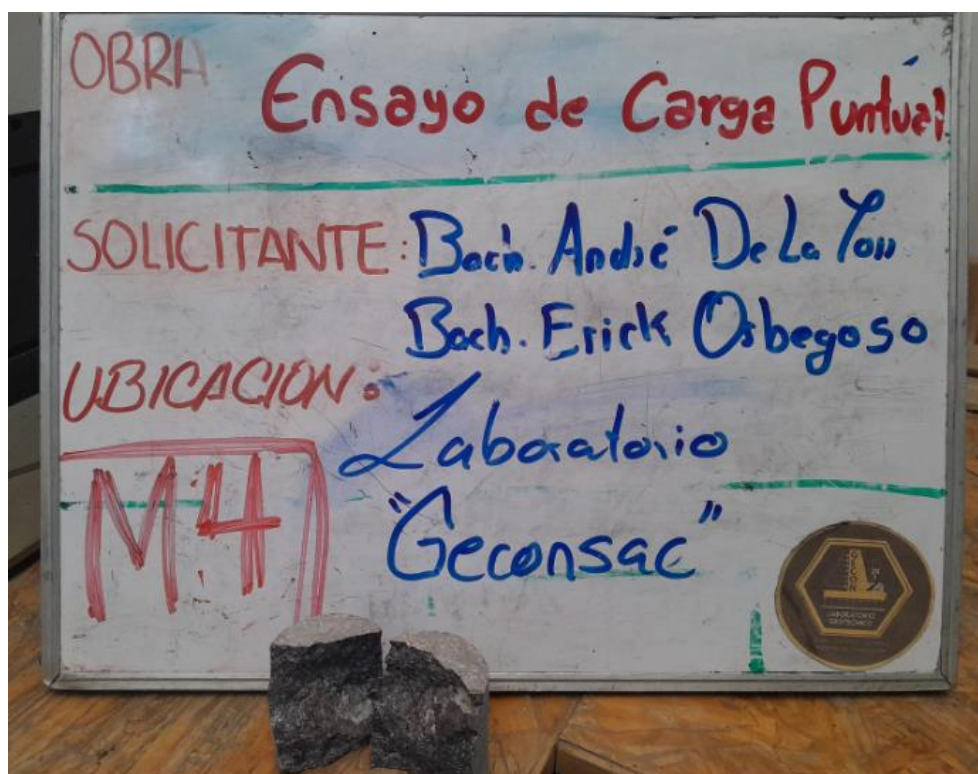


**Fuente:** Elaboración propia

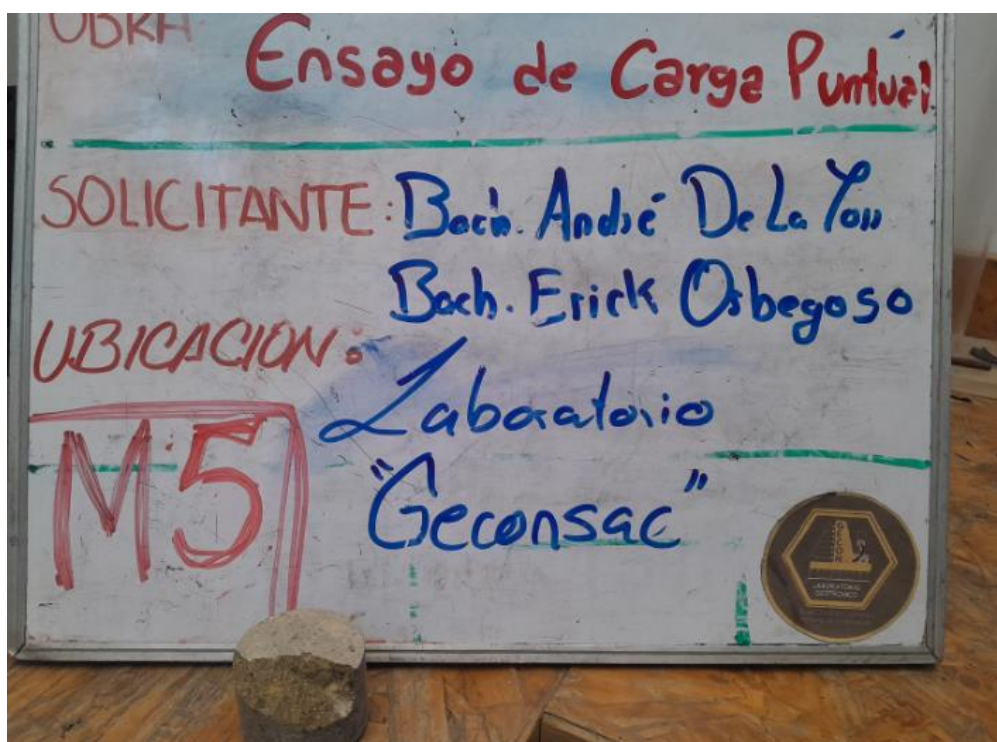
**Figura 76** Falla de la muestra n°3



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 77** Falla de la muestra n°4

Fuente: Elaboración propia

**Figura 78** Falla de la muestra n°5

Fuente: Elaboración propia

## **ANEXO N°02: CERTIFICADOS DE CALIDAD**





# GECONSAC

LABORATORIO: SUELOS, CONCRETO,  
ASFALTO Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
ESTUDIOS GEOTECNICOS

FORMATO DE LA GEOMECÁNICA DE LA MUESTRA DE ROCA - RMR 1 - MUESTRA (1)		FECHA	9/11/2022
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 71 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO		DÍA	Miércoles
		HORA	9:15 a. m.
UBICACIÓN	Proyecto túnel tramo desde portal de salida entre Progresiva 0+000 - 0+175 - sector sur en cerro Mashcan.		
COORDENADAS	U:	17M 0767371	UTM: 9123183 H: 2483
DEFINICIÓN DEL TIPO DE ROCA		CARACTERÍSTICAS DE ROCA	
ZONA REFERENCIAL	Portal de salida del proyecto del túnel geotécnico. [0+000 - 0+175].		
ORIGEN DE ROCA	Magma extrusivo, originario por derrames volcánicos desde el núcleo del volcán Urpiñao. Su primer evento eruptivo (Pa-uzp/1) es sobre el Batólito granítico.		
TIPO DE ROCA	Roca andesita, presenta bancos de 0.5 a 1.0 m, plegado al nor este.		
CLASIFICACIÓN DE ROCA	Roca ígnea, efusiva, volcánica gabro andesítica competente dura.		
TEXTURA DE ROCA	Porfírica con adición de xenolitos graníticos, con matriz efusiva.		
PROPIEDADES FÍSICAS		PROPIEDADES MECÁNICAS	
ISOTROPÍA Y ANISOTROPÍA	Isotrópica en roca sana y anisotropía al intemperismo. Técnica al rozar.		
DENSIDAD Y PESO ESPECÍFICO	2.63 a 2.7 g/cm <sup>3</sup>		
POROSIDAD	Máximo 10% en andesita con grana fino 0.12%		
ADSORCIÓN Y ABSORCIÓN DE AGUA	Tendencia a ser impermeable en roca sana con "K" entre 0.5 a 2%		
DESORCIÓN DE AGUA	La andesita no es soluble al agua solo a los sulfuros.		
CAPILARIDAD	Ninguna.		
EXPANSIÓN TÉRMICA		EVALUACIÓN DE ESTABILIDAD DEL MACIZO ROCOSO	
Resiste altas temperaturas, tiene una disgregación superficial por sales.		Se ha realizado el análisis DIP y proyección en planos de diaclasas.	
En rocas volcánicas, el fenómeno de expansión se da en diátesis piroclásticas por alteración a esquistosidad y/o andesita higroscópica.		tal como a formación de diaclasas en el perimetro superior del túnel.	
		En la bóveda la estabilidad del Macizo depende del grado de fractura con juntas abiertas y fricción por liberación de tensiones tangente a planos que soporta la dimensión de la cobertura rocosa.	
ESTABILIDAD DE LA MUESTRA DE ROCA		DIRECCIÓN DE LOS ESFUERZOS DE LA MUESTRA DE ROCA	
La andesita por intemperismo, en un período largo es afectada por meteorización generando pérdida de resistencia superficial, descañado y/o desmenuamiento, en el tiempo da forma a una cobertura de suelo residual, en el túnel su estabilidad superficial, si no hay presencia de sales, se prolonga tanto como deformación secundaria, siendo necesario el revestimiento inicial y el definitivo.		A nivel de bóveda el esfuerzo es de compresión y depende de la cobertura.	
		En los hospitales por efecto de bóveda tiende al equilibrio de la bóveda.	
		El piso por la descompresión y el esfuerzo es tracción.	

Geo. Luis Salazar González  
RTM ANCHEN - ALEMANIA  
Ph. 26975 75 0 1300 - 132



**GECONSAC**  
GEOMECÁNICA Y CONSTRUCCIÓN S.A.S.  
ING. JUAN A. SEPULVEDA CUSATTA  
C.A.P. 81118  
AVE DE LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS

Urb. Villa de Contadores Mz. R - Lote 06 - Trujillo  
948180383 - 993131322 - 993756435 ☎ 044-250381  
geconsac\_laboratorio@hotmail.com  
logistica.geconsac@gmail.com



# GECONSAC

LABORATORIO: SUELOS, CONCRETO,  
ASFALTO Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
ESTUDIOS GEOTECNICOS

## INTERACCIÓN DE LA MUESTRA EXTRAÍDA CON EL MACIZO ROCOSO

El Proyecto como propuesta de estudio geotécnico preliminar, para un túnel ubicado en la vía nacional 114 carretera Trujillo a la ciudad de Otuzco

Tiene el fin de viabilizar sus investigaciones exploratorias, realizando extracciones de núcleos de roca en niveles próximos de proyecto de túnel, de forma que permita listar las condiciones Geotécnicas de la estructura rocosa existente en el emplazamiento subterráneo conforme al reflejo morfológico del corte longitudinal que sigue el eje del proyecto del diseño geotécnico del túnel, proyección posible mediante planos de diademas y su proyección técnica que

Interacción en el Macizo Rocoso. Portal de salida del proyecto del túnel geotécnico. (0+000 - 0+175).

### MACIZO ROCOSO - RMR 1



### MUESTRA DE ROCAS EXTRAÍDA - RMR 1



**GECONSAC**  
GEOTECNICA Y CONSTRUCCION S.A.  
ING. JOSEVIC CASAPUÑA YEHANUYA  
C.P. 9610  
AV. DE LABORATORIO DEL P.O. FUERZA ROTUNDIDAD

Geo. Luis Solórzano González  
RTN AACHEN - ALEMANIA  
Ph 280 05 75 0 1380 - 132

📍 Urb. Villa de Contadores Mz. N - Lote 06 - Trujillo  
☎ 948180393 - 963131322 - 993756435 ☎ 044-250381  
✉ geconsac\_laboratorio@hotmail.com  
✉ logistica.geconsac@gmail.com





# GECONSAC

LABORATORIO: SUELOS, CONCRETO,  
ASFALTO Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

FORMATO DE LA GEOMECÁNICA DE LA MUESTRA DE ROCA - RMR 2 - MUESTRA (2)				FECHA	9/11/2022
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 71 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DÍA	Miércoles
				HORA	10:15 a. m.
UBICACIÓN	Proyecto túnel tramo desde portal de salida entre Progresiva 0+175 - 0+405 - sector sur en cerro Mashcan.				
COORDENADAS	U:	17M0767716	UTM:	8123295	H: 2562
DEFINICIÓN DEL TIPO DE ROCA			CARACTERÍSTICAS DE ROCA		
ZONA REFERENCIAL			COMPOSICIÓN MINERALÓGICA		
Continuación del portal de salida del proyecto del túnel geotécnico (0+175 - 0+405).			Cristalización plana en feldspatos, además micro granular en Hornblende también presente en su formación piroxenos, albino, 5 % de cuarzo y un 15 % de minerales de color negro a verde oscuro.		
ORIGEN DE ROCA			COMPOSICIÓN Y RANGOS QUÍMICOS		
Magma extrusivo, originario por derrames volcánicos andesíticos del Urpilla.			Roca de acidez media con un color gris verdoso oscuro.		
El segundo evento eruptivo (Pe-urp/2) es sobre (Pe-urp/1).			COMPOSICIÓN DE ELEMENTOS QUÍMICOS		
TIPO DE ROCA			Sílice (Si) - Oxígeno (O) (Silicato)		
Roca andesita, presenta brechas de 1.0 a 1.5 m, buzamiento al nor este (Pe-urp/1).			Hierro (Fe)		
CLASIFICACIÓN DE ROCA			Magnesio (Mg)		
Roca ligera, efusiva, volcánica andesítica competente dura.			Calcio (Ca)		
TEXTURA DE ROCA			PROPIEDADES MECÁNICAS		
Porfírica con granitos equigranulares, con matriz afanítica.			RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		
ISOTROPÍA Y ANISOTROPÍA			50.83 Mpa		
Isotrópica en roca sana y anisotrópica al intemperismo. Tectónica al roca.			RESISTENCIA A LA TENSIÓN		
DENSIDAD Y PESO ESPECÍFICO			Ensayo no realizado.		
2.7 a 2.9 g/cm <sup>3</sup>			RESISTENCIA A LA FLEXIÓN		
POROSIDAD			Ensayo no realizado.		
Máxima 10 % en ensayo con grano fino 0.125			FATIGA		
ADSORCIÓN Y ABSORCIÓN DE AGUA			Ensayo no realizado.		
Tendencia a ser impermeable en roca sana con "K" entre 0.5 a 2%			DUREZA		
DESORCIÓN DE AGUA			Hasta una escala de 6 en el Rango de Mohr.		
La andesita no es soluble al agua sola o los sulfatos.			RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAxIAL		
CAPILARIDAD			Alta a muy alta hasta de 250 Mpa		
Ninguna.			EVALUACIÓN DE ESTABILIDAD DEL MACIZO ROCOSO		
EXPANSIÓN TÉRMICA			Se ha realizado el análisis DRP y proyección en planos de diaclasas, así como a formación de ojitos en el perímetro superior del Túnel.		
Resiste altas temperaturas, tiene una disgregación superficial por sales.			En la bóveda la estabilidad del Macizo depende del grado de fractura con juntas abiertas y fisión por liberación de tensiones tangente a placas que soporta la dimensión de la cobertura rocosa.		
En rocas volcánicas, el fenómeno de expansión se da en depósitos piroclásticos por alteración a montmorillonita y/o andesita higroscópica.			DIRECCIÓN DE LOS ESFUERZOS DE LA MUESTRA DE ROCA		
ESTABILIDAD DE LA MUESTRA DE ROCA			A nivel de bóveda el esfuerzo es de compresión y depende de la cobertura.		
La andesita por intemperismo, en un periodo largo es afectada por meteorización generando pérdida de resistencia superficial, descascarado y/o desprendimiento, en el tiempo largo forma una cobertura de suelo residual, en el túnel su estabilidad superficial, si no hay presencia de sales, se prolonga tanto como deformación secundaria, siendo necesario el revestimiento inicial y el definitivo.			En los hastiales por efecto de bóveda tiende al equilibrio de la bóveda.		
			El piso por la descompresión y el esfuerzo es tracción.		

Geo. Luis Salazar González  
RTE ANCHEN - ALBARRA  
Ft. 250-06 75 0 1389 - 132



GECONSAC  
GEOTECNIA & CONSTRUCCIÓN S.A.S.  
ING. JOSÉ L. GONZÁLEZ ARDABITA  
C.P. 91016  
AV. DE LABORATORIO DE GEOTECNIA

Urb. Villa de Contadores Mz. R - Lote 06 - Trujillo  
948180393 - 993131322 - 993756435 044-250381  
geconsac\_laboratorio@hotmail.com  
logistica.geconsac@gmail.com



# GECONSAC

LABORATORIO: SUELOS, CONCRETO,  
ASFALTO Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
ESTUDIOS GEOTECNICOS

## INTERACCIÓN DE LA MUESTRA EXTRAÍDA CON EL MACIZO ROCOSO

El Proyecto como propuesta de estudio geotécnico preliminar, para un túnel ubicado en la vía nacional 134 carretera Trujillo a la ciudad de Otazco. Tiene el fin de visualizar sus investigaciones exploratorias, realizando extracciones de núcleos de roca en niveles próximo de proyecto de túnel, de forma que permita tener las condiciones Geomecánicas de la estructura rocosa existente en el emplazamiento subterráneo conforme al relieve morfológico del corte longitudinal que sigue el eje del proyecto del diseño geotécnico del túnel, proyección posible mediante planos de cizallas y su proyección tectónica que interactúan en el Macizo Rocoso. Continuación del portal de salida del proyecto del túnel geotécnico (D=175 - 0+400).

### MACIZO ROCOSO - RMR 2



### MUESTRA DE ROCAS EXTRAÍDA - RMR 2

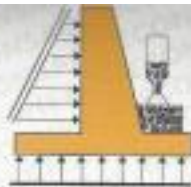


**GECONSAC**  
GEOTECNIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.S.  
ING. JORGE L. QUIROGA FROBASTIA  
C.A.P. 0170  
APO DE LABORATORIO DE INGENIERIA GEOTECNICA

Geo. Luis Salazar González  
RTH AACHEN - ALEMANIA  
Ph 200 06 75 0 1300 - 132

📍 Urb. Villa de Contadores Mz. N - Lote 06 - Trujillo  
☎ 948180393 - 993131322 - 993758435 ☎ 044-250381  
✉ geconsac\_laboratorio@hotmail.com  
✉ logistica.geconsac@gmail.com





# GECONSAC

LABORATORIO-SUELOS, CONCRETO,  
ASFALTO Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
ESTUDIOS GEOTECNICOS

FORMATO DE LA GEOMECAÁNICA DE LA MUESTRA DE ROCA - RMR 3 - MUESTRA (3)				FECHA	9/11/2022
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 71 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO				DÍA	Miércoles
				HORA	11:15 a. m.
UBICACIÓN	Proyecto túnel tramo desde portal de salida entre Progresiva 0+405 - 0+550 - sector sur en cerro Mashcan.				
COORDENADAS	U:	17N07677851	UTM:	9123369	H: 2578
DEFINICIÓN DEL TIPO DE ROCA			CARACTERÍSTICAS DE ROCA		
ZONA REFERENCIAL	Continuación de la progresiva (0+175 - 0+405) hasta (0+405 - 0+550).			COMPOSICIÓN MINERALÓGICA	
ORIGEN DE ROCA	Magma extrusivo, originario por derrames volcánicos desde el núcleo del Urpilao. El segundo evento eruptivo (Pe-ura/2) es hacia el río Otuzco.			Cristalización plata en filotegares, además micro granular en Hornblenda también presenta en su formación pirroxenos, olivino, 5% de cuarzo y un 15% de minerales de color negro a verde oscuro.	
TIPO DE ROCA	Roca andesita, presenta banco de 1.0 a 1.5 m, batamiento al nor este (Pe-ura/1).			COMPOSICIÓN Y RANGOS QUÍMICOS	
CLASIFICACIÓN DE ROCA	Roca ígnea, efusiva, volcánica andesítica "Matucoduro".			COMPOSICIÓN DE ELEMENTOS QUÍMICOS	
TEXTURA DE ROCA	Porfírica con granitos equigranulares, con matriz afanítica.			Silicio (Si) - Oxígeno (O) (Silicato)	
PROPIEDADES FÍSICAS			PROPIEDADES MECÁNICAS		
ISOTROPÍA Y ANISOTROPÍA	Isotrópica en roca sana y anisotropía al intemperismo. Tectónica al noreste.			RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
DENSIDAD Y PESO ESPECÍFICO	2.7 a 2.8 gr/cm <sup>3</sup>			24.94 Mpa	
POROSIDAD	Mínimo 10% en andesita con grano fino 0.12%			RESISTENCIA A LA TENSIÓN	
ADSORCIÓN Y ABSORCIÓN DE AGUA	Tendencia a ser impermeable en roca sana con "C" entre 0.5 a 2*0			Ensayo no realizado.	
DESORCIÓN DE AGUA	La andesita no es soluble al agua solo a los sulfatos.			RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	
CAPILARIDAD	Ninguna.			Ensayo no realizado.	
EXPANSIÓN TÉRMICA			DUREZA		
Resiste altas temperaturas, tiene una disgregación superficial por sales. En rocas volcánicas, el fenómeno de expansión se da en depósitos piroclásticos por alteración a montmorillonita y/o arcilla higróscopica.			Hasta una escala de 6 en el Rango de Mohr.		
ESTABILIDAD DE LA MUESTRA DE ROCA			RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAIXAL		
La andesita por intemperismo, en un periodo largo es afectada por meteorización generando pérdida de resistencia superficial, descascarado y/o desprendimiento, en el tiempo dara forma a una cobertura de suelo residual, en el túnel se estabiliza superficial, si no hay presencia de sales, se prolonga tanto como deformación secundaria, siendo necesario el revestimiento inicial y el definitivo.			Alta a muy alta hasta de 250 Mpa		
			EVALUACIÓN DE ESTABILIDAD DEL MACIZO ROCOSO		
			Se ha realizado el análisis DFP y proyección en planos de diaclasas, así como a formación de grietas en el perímetro superior del Túnel. En la bóveda la estabilidad del Macizo depende del grado de fractura con juntas abiertas y flexión por liberación de tacciones tangente a planos que soporta la dimensión de la cobertura rocosa.		
			DIRECCIÓN DE LOS ESFUERZOS DE LA MUESTRA DE ROCA		
			A nivel de bóveda el esfuerzo es de compresión y depende de la cobertura. En los hastiales por efecto de bóveda tiende al equilibrio de la bóveda. El piso por la descompresión y el esfuerzo es tracción.		

Geo. Luis Scherer González  
RTH ANCHEN / ALEMANIA  
Pb 288 86 75 9 1380 - 132



Urb. Villa de Contadores Mz. N - Lote 06 - Trujillo  
948180393 - 983131322 - 983756435 ☎ 044-250381  
geconsac\_laboratorio@hotmail.com  
logistica.geconsac@gmail.com



# GECONSAC

LABORATORIO: SUELOS, CONCRETO,  
ASfalto Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
ESTUDIOS GEOTECNICOS

## INTERACCIÓN DE LA MUESTRA EXTRAÍDA CON EL MACIZO ROCOSO

El Proyecto como propuesta de estudio geotécnico preliminar, para un túnel ubicado en la vía nacional 114 carretera Trujillo a la ciudad de Otuzco. Tiene el fin de viabilizar sus investigaciones exploratorias, realizando extracciones de núcleos de roca en niveles profundos de proyecto de túnel, de forma que permita tener las condiciones Geomecánicas de la estructura rocosa existente en el emplazamiento subterráneo conforme al relieve morfológico del corte longitudinal que sigue el eje del proyecto del diseño geotécnico del túnel, proyección posible mediante planos de elevación y su proyección topográfica que interactúan en el Macizo Rocoso. Continuación de la progresiva [D+175 - D+405] hasta [D+405 - D+550].

### MACIZO ROCOSO - RMR 3



### MUESTRA DE ROCAS EXTRAÍDA - RMR 3

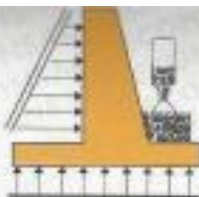


**GECONSAC**  
GEOTECNIAS, CONSTRUCCIONES Y S.A.  
ING. JOSE L. QUIROGA VEGARAYA  
O.P.P. 91914  
JEFE DE LABORATORIO DE SISTEMAS SUSTENTACION

Geo. Luis Salazar González  
RTH AACHEN - ALEMANIA  
PH 299 06 75.9 1300 - 132

📍 Urb. Villa de Contadores Mz. Ñ - Lote 06 - Trujillo  
☎ 948180393 - 993131322 - 993756435 ☎ 044-250361  
✉ geconsac\_laboratorio@hotmail.com  
✉ logistica.geconsac@gmail.com





# GECONSAC

LABORATORIO SUELOS, CONCRETO,  
ASFALTO Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
ESTUDIOS GEOTECNICOS

FORMATO DE LA GEOMECÁNICA DE LA MUESTRA DE ROCA - RMR 4 - MUESTRA (4)		FECHA	9/11/2022
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 71 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO		DÍA	Miércoles
		HORA	12:15 p. m.
UBICACIÓN	Proyecto túnel tramo desde portal de salida entre Progresiva 0+550 - 0+650 - sector sur en cerro Mashcan.		
COORDENADAS	U:	17N0767597	UTM: B123418 H: 2565
DEFINICIÓN DEL TIPO DE ROCA		CARACTERÍSTICAS DE ROCA	
ZONA REFERENCIAL	COMPOSICIÓN MINERALÓGICA		
Continuación de la progresiva (0+405 - 0+550) hasta (0+550 - 0+650).	Cristalización plana en feldspatos, además micro granular en Hornblenda también presenta en su formación pirroxeno, olivino, 5% de cuarzo y un 15% de minerales de color negro a verde oscuro.		
ORIGEN DE ROCA	COMPOSICIÓN Y RANGOS QUÍMICOS		
Magma extrusivo, originario por derrames volcánicos desde el núcleo del Urpilco. El segundo evento eruptivo (Pe-urp/2) derrama hacia el río Otuzco.	Roca de acidez media con un color gris verdoso oscuro.		
TIPO DE ROCA	COMPOSICIÓN DE ELEMENTOS QUÍMICOS		
Roca andesita, presenta bancos de 3,0 a 3,5 m, basamento al nor este.	Silicio (Si) - Oxígeno (O) (Silicato)		
CLASIFICACIÓN DE ROCA	Hierro (Fe)		
Roca ígnea, efusiva, volcánica andesítica "Mashco And".	Magnesio (Mg)		
TEXTURA DE ROCA	Calcio (Ca)		
Porfírica con granitos equigranulares, con matriz afeérica.	PROPIEDADES MECÁNICAS		
PROPIEDADES FÍSICAS		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
ISOTROPÍA Y ANISOTROPÍA	RESISTENCIA A LA TENSIÓN		
Isotrópica en roca sana y anisotrópica al intemperismo. Tectónica al noreste.	40-25 Mpa		
DENSIDAD Y PESO ESPECÍFICO	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN		
2,7 a 2,9 g/cm <sup>3</sup>	Ensayo no realizado.		
POROSIDAD	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN		
Máximo 10% en andesita con grano fino 0,12%	Ensayo no realizado.		
ADSORCIÓN Y ABSORCIÓN DE AGUA	FATIGA		
Tendencia a ser impermeable en roca sana con "K" entre 0,5 a 246	Ensayo no realizado.		
DESORCIÓN DE AGUA	DUREZA		
La andesita no es soluble al agua solo a los sulfatos.	Hasta una escala de 6 en el rango de Mohr.		
CAPILARIDAD	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAIXIAL		
Ninguna.	Alta a muy alta hasta de 250 Mpa		
EXPANSIÓN TÉRMICA		EVALUACIÓN DE ESTABILIDAD DEL MACIZO ROCOSO	
Resista altas temperaturas, tiene una disgregación superficial por calés.	Se ha realizado el análisis DIP y proyección en planos de diaclasas, así como a formación de diafas en el perímetro superior del Túnel.		
En rocas volcánicas, el fenómeno de expansión se da en depósitos piroclásticos por alteración a montmorillonita y/o anfídrica higroscópica.	En la bóveda la estabilidad del Macizo depende del grado de fractura con juntas abiertas y flexión por liberación de tensiones tangente a planos que soporta la dimensión de la cobertura rocosa.		
ESTABILIDAD DE LA MUESTRA DE ROCA		DIRECCIÓN DE LOS ESFUERZOS DE LA MUESTRA DE ROCA	
La andesita por intemperismo, en un periodo largo es afectada por meteorización generando pérdida de resistencia superficial, descascarado y/o desprendimiento, en el tiempo dara forma a una cobertura de aselo residual, en el túnel su estabilidad superficial, si no hay presencia de sales, se prolonga tanto como deformación secundaria, siendo necesario el revestimiento inicial y el definitivo.	A nivel de bóveda el esfuerzo es de compresión y depende de la cobertura. En los hastales por efecto de bóveda tiende al equilibrio de la bóveda. El piso por la decompresión y el esfuerzo es tracción.		

Gen. Luis Solares González  
RTH AACHEN - ALEMANIA  
Ph: 201 95 75 8 1300 - 132



**GECONSAC**  
GEOTECNIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.S.  
ING. JOSÉ L. ORTIZ ESCOBAR  
C.I.P. 19119  
JEFE DE LABORATORIO DE ESTUDIOS DE CONSTRUCCIÓN

Urb. Villa de Contadores Mz. N - Lote 06 - Trujillo  
948180393 - 993131322 - 993756435 ☎ 044-250381  
geconsac\_laboratorio@hotmail.com  
logística.geconsac@gmail.com



# GECONSAC

LABORATORIO: SUELOS, CONCRETO,  
ASFALTO Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
ESTUDIOS GEOTECNICOS

## INTERACCIÓN DE LA MUESTRA EXTRAÍDA CON EL MACIZO ROCOSO

El Proyecto cono proyecto de estudio geotécnico preliminar, para un túnel ubicado en la vía nacional 114 carretera Trujillo a la ciudad de Otuzco tiene el fin de viabilizar sus investigaciones exploratorias, realizando extracciones de núcleos de roca en niveles profundos de proyecto de túnel, de forma que permita tener las condiciones Geomecánicas de la estructura rocosa existente en el emplazamiento subterráneo conforme al relieve morfológico del corte longitudinal que sigue el eje del proyecto del diseño geométrico del túnel, proyección posible mediante planos de diaclasa y su proyección tectónica que interactúan en el Macizo Rocoso. Continuación de la progresiva (D+405 - D+550) hasta (D+550 - D+650).

### MACIZO ROCOSO - RMR 4



### MUESTRA DE ROCAS EXTRAIDA - RMR 4



**GECONSAC**  
GEOTÉCNICA CONSTRUCCIÓN S.A.  
190. JOSEF L. QUIROGA VERAUTTA  
C.P. 8000  
JEFE DE LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS

*[Signature]*  
Geo. Luis Salazar González  
RTH AACHEN - ALEMANIA  
Ph 390 86 75 0 1300 - 132

📍 Urb. Villa de Contadores Mz. N - Lote 06 - Trujillo  
☎ 948180393 - 993131322 - 993756435 ☎ 044-250381  
✉ geconsac\_laboratorio@hotmail.com  
✉ logistica.geconsac@gmail.com





# GECONSAC

LABORATORIO: SUELOS, CONCRETO,  
ASFALTO Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
ESTUDIOS GEOTECNICOS

FORMATO DE LA GEOMECÁNICA DE LA MUESTRA DE ROCA - RMR 5 - MUESTRA (5)				FECHA	9/11/2022	
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 71 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DÍA	Miercoles	
				HORA	1:15 p. m.	
UBICACIÓN	Proyecto túnel tramo desde portal de salida entre Progresiva 0+650 - 0+700 - sector sur en cerro Mashcan.					
COORDENADAS	U:	17N0787557	UTM:	9123445	H:	2565
DEFINICIÓN DEL TIPO DE ROCA			CARACTERÍSTICAS DE ROCA			
ZONA REFERENCIAL			COMPOSICIÓN MINERALÓGICA			
Continuación de la progresiva (0+550 - 0+650) hasta (0+650 - 0+700).			Cristalización plana en feldespatos, además micro granular en Hornblenda también presenta en su formación piraxenos, olivino, 5% de cuarzo y un 15% de minerales de color negro a verde oscuro.			
ORIGEN DE ROCA			COMPOSICIÓN Y RANGOS QUÍMICOS			
Magma extrusiva, originario por derrames volcánicos desde el núcleo del Uspilao. El segundo evento eruptivo (Pe-urp/2) derrame hacia el río Otuzco.			Roca de acidez media con un color gris verdoso oscuro.			
TIPO DE ROCA			COMPOSICIÓN DE ELEMENTOS QUÍMICOS			
Roca andesita, presenta bancos de 1.0 a 2.5 m, buzamiento al nor este.			Silicio (Si) - Dióxido (O) (Silicato)			
CLASIFICACIÓN DE ROCA			Hierro (Fe)			
Roca ígnea, efusiva, volcánica andesítica en capas delgadas, "Núcleo duro"			Magnesio (Mg)			
TEXTURA DE ROCA			Calcio (Ca)			
Porfírica con granitica equigranular, con matriz afanítica.			PROPIEDADES MECÁNICAS			
PROPIEDADES FÍSICAS			RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
ISOTROPÍA Y ANISOTROPÍA			16.70 Mpa			
Isotrópica es roca sana y anisotrópica al intemperismo. Técnica al nor este.			RESISTENCIA A LA TENSIÓN			
DENSIDAD Y PESO ESPECÍFICO			Ensayo no realizado.			
2.7 a 2.9 gr/cm <sup>3</sup>			RESISTENCIA A LA FLEXIÓN			
POROSIDAD			Ensayo no realizado.			
Máximo 10% en andesita con grano fino 0.12%			FATIGA			
ADSORCIÓN Y ABSORCIÓN DE AGUA			Ensayo no realizado.			
Tendencia a ser impermeable en roca sana con "K" entre 0.5 a 2%			DUREZA			
DESORCIÓN DE AGUA			Hasta una escala de 6 en el rango de Mohr.			
La andesita no es soluble al agua solo a los sulfatos.			RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAIXIAL			
CAPILARIDAD			Alta a muy alta hasta de 250 Mpa			
Ninguna.			EVALUACIÓN DE ESTABILIDAD DEL MACIZO ROCOSO			
EXPANSIÓN TÉRMICA			Se ha realizado el análisis DIP y proyección en planos de diaclasas, así como a formación de grietas en el perimetro superior del túnel. En la bóveda la estabilidad del Macizo depende del grado de fractura con juntas abiertas y flexión por liberación de tensiones tangente a planos que soporte la dimensión de la cobertura rocosa.			
Resista altas temperaturas, tiene una dilatación superficial por sales. En rocas volcánicas, el fenómeno de expansión se da en depósitos porocelásticos por alteración a montmorillonita y/o anfídrita higroscópicas.			DIRECCIÓN DE LOS ESFUERZOS DE LA MUESTRA DE ROCA			
ESTABILIDAD DE LA MUESTRA DE ROCA			A nivel de bóveda el esfuerzo es de compresión y depende de la cobertura. En los hastiales por efecto de bóveda tiende al equilibrio de la bóveda. El piso por la descompresión y el esfuerzo es tracción.			
La andesita por intemperismo, en un periodo largo es afectado por meteorización generando pérdida de resistencia superficial, descañillado y/o desprendimiento, en el tiempo dara forma a una cobertura de suelo residual, en el túnel su estabilidad superficial, si no hay presencia de sales, se prolonga tanto como deformación secundaria, siendo necesario el revestimiento inicial y el definitivo.						

Geo. Luis Sokolar González  
RTM AACHEN - ALEMANIA  
Pb 290 05 75 0 1300 - 132



**GECONSAC**  
LABORATORIO GEOTECNICO S.A.S.  
ING. JOSE L. GONZALEZ VEGARITA  
C.R. 1918  
JURADO LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS

Urb. Villa de Copaladores Mz. R - Lote 06 - Trujillo  
848180393 - 993131322 - 993756435 ☎ 044-250381  
geconsac\_laboratorio@hotmail.com  
logistica.geconsac@gmail.com



# GECONSAC

LABORATORIO-SUELOS, CONCRETO,  
ASFALTO Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
ESTUDIOS GEOTECNICOS

## INTERACCIÓN DE LA MUESTRA EXTRAÍDA CON EL MACIZO ROCOSO

El Proyecto como propuesta de estudio geotécnico preliminar, para un túnel ubicado en la vía nacional 114 carretera Trujillo a la ciudad de Chuzco. Tiene el fin de establecer sus investigaciones exploratorias, realizando extracciones de núcleos de roca en niveles próximo de proyecto de túnel, de forma que permita tener las condiciones Geomecánicas de la estructura rocosa existente en el emplazamiento subterráneo conforme al relieve morfológico del corte longitudinal que sigue el eje del proyecto del diseño geotécnico del túnel, proyección posible mediante planos de diámetros y su proyección técnica que interactúan en el Macizo Rocoso. Continuación de la progresiva (D=550 - D+650) hasta (D=650 - D+700).

### MACIZO ROCOSO - RMR 5



### MUESTRA DE ROCAS EXTRAIDA - RMR 5



**GECONSAC**  
GEOTECNIA Y CONSTRUCCION S.A.S.  
CALLE 1514  
CALLE 1514  
CALLE 1514  
CALLE 1514

Geo. Luis Salazar González  
RTH AACHEN - ALEMANIA  
Ph 295 85 75 9 1300 - 132





# GECONSAC

LABORATORIO: SUELOS, CONCRETO,  
ASfalto Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
ESTUDIOS GEOTECNICOS

ENSAJO DE CARGA PUNTUAL	Cálculo	0.0001 LQA
	Medición	0.01
	Fecha	11/05/2022

## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D5731

**SOLICITANTE** : Sr. Chiquita De La Torre, Cristian Avila / Sr. Ordoñez Durand, Estel Ordoñez  
**CLIENTE** : SOCIEDAD MINERA CASHO VERDE  
**UBICACIÓN** : PISCO  
**Fecha de ejecución** : 10/11/2022  
**Fecha de Emisión** : 12/11/2022

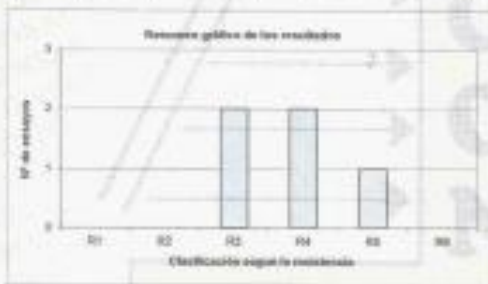
**IDENTIFICACION** : MUESTRA : Geotecnia Clásica  
**Profundidad** : --  
**Forma** : (100%) : (400%) : X

### GEOMETRIA DE LA MUESTRA

Nº	Forma de la muestra	Carga aplicada	L (mm)	D (mm)	W <sub>1</sub> (mm)	W <sub>2</sub> (mm)
1	D	J	104.00	49.00		
2	D	J	101.00	49.00		
3	D	J	91.00	49.00		
4	D	J	82.00	49.00		
5	D	J	71.00	49.00		

**Leyenda**  
 J : Carga aplicada de forma perpendicular a la muestra  
 K : Carga aplicada de forma paralela a la muestra

Nº	W <sub>1</sub>	Peso Inicial (kg)	Peso Corregido (kg)	L Calculado (mm)	Factor de superficie F	Area Corregida (mm²)	f <sub>c</sub> Calculado (MPa)	Clasificación	Tipo de roca
1	2594.00	8.22	8.28	3.6	8.88	3.8	80	R4	A
2	2594.00	20.80	20.74	8.0	9.98	9.8	210	R2	A
3	2594.00	5.73	5.73	1.4	9.08	1.3	30	R3	A
4	2594.00	7.48	7.41	3.2	9.98	3.2	78	R4	A
5	2594.00	5.70	5.69	1.6	9.98	1.6	38	R3	A



**Resultados del ensayo**  
 f<sub>c</sub> (MPa) : 212 MPa (R2)  
 f<sub>c</sub> (MPa) : 22 MPa (R3)  
 f<sub>c</sub> (MPa) : 38 MPa (R4)

f<sub>c</sub> (MPa) : --  
 f<sub>c</sub> (MPa) : --  
 f<sub>c</sub> (MPa) : --

**Wentworth**  
 R1 : Roca muy blanda 1.0 - 0.2 MPa  
 R2 : Roca blanda 0.2 - 20.0 MPa  
 R3 : Roca media 20.0 - 50.0 MPa  
 R4 : Roca dura 50.0 - 100.0 MPa  
 R5 : Roca muy dura 100.0 - 200.0 MPa  
 R6 : Roca extraordinariamente dura > 200 MPa

### Tasa de rotura

A (Diametro)	Roturas
A (Diametro)	000
B (Diametro)	0 0
C (Diametro)	0 0 0
D (Diametro)	0 0

**Observaciones :**  
 - La muestra para el ensayo fue extraída de núcleo diámetro de 2"  
 - Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Sr. de Carlos de GECONSAC



Urb. Villa de Contadores Mz. N - Lote 06 - Trujillo  
 948180393 - 993131322 - 993756435 ☎ 044-250381  
 geconsac\_laboratorio@hotmail.com  
 logistics.geconsac@gmail.com



# GECONSAC

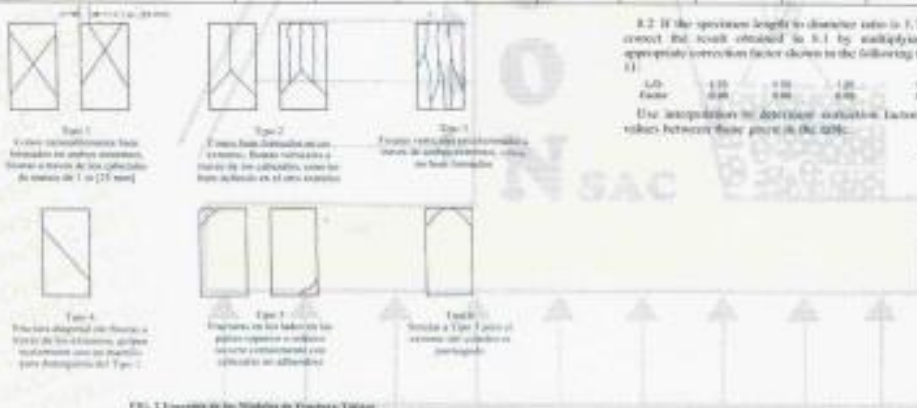
LABORATORIO-SUELOS, CONCRETO,  
ASFALTO Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
ESTUDIOS GEOTECNICOS

INFORME	Código	GC33.1
	Versión	0.0
MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN	Modificación	01-10-2020
	Página	1 de 1

PROYECTO	"Diseño geotécnico de un túnel mediante el método RMR en un 91 de la carretera Trujillo - Oroya"	REGISTRO N°	GC33-LEM-000
SOLICITANTE	Dr. Chipani De La Torre, Cristian Andrés Dr. Ordoñez Durand, Erick Gasparol	REALIZADO POR	H. NORMA CH
UBICACIÓN DE PROYECTO	OTUSCO - LA LIBERTAD	REVISADO POR	J. DÍAZ-COCCO U
FECHA DE EMISIÓN	10/11/2022	FECHA DE ENSAYO	11/11/2022
		TURNO	Diurno
Tipo de muestra	ROCA		
Presencia de	Módulo estratificado de roca natural		
Ft de diseño	NO INDICADA		

## Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens ASTM C39/C39M-18

Identificación	Fecha de Emisión	Fecha de Rotura	Díámetro (mm)	Altura (mm)	Peso (kg)	PUC (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla	RELACION ALTURA / DIÁMETRO	Fuerza Máxima (kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
MUESTRA 1	11/11/2022	10/11/2022	4.8	10	0.470	2547	3	2.08	4800.0	272.0 kg/cm <sup>2</sup>
MUESTRA 2	11/11/2022	10/11/2022	4.8	10	0.480	2708	2	2.08	5970.0	508.3 kg/cm <sup>2</sup>
MUESTRA 3	11/11/2022	10/11/2022	4.8	7	0.350	2779	3	1.46	4730.0	348.4 kg/cm <sup>2</sup>
MUESTRA 4	11/11/2022	10/11/2022	4.8	10	0.472	2506	3	2.08	7120.0	453.8 kg/cm <sup>2</sup>
MUESTRA 5	11/11/2022	10/11/2022	4.8	6	0.300	2781	3	1.25	3250.0	167.0 kg/cm <sup>2</sup>



8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table. Note 11.

L/D	1.00	1.25	1.50	1.75
Factor	0.95	0.90	0.85	0.80

Use interpolation to determine correction factors for L/D ratios between those given in the table.

Source: ASTM C39

\* EQUIPO: Prensa de concreto PERUTEST, modelo PC-150. Certificado de calibración N° PT-LF-004-2022

OBSERVACIONES:  
\* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GECONSAC.



Urb. Villa de Contadores Mz. R - Lote 06 - Trujillo  
946180393 - 993131322 - 993756435 ☎ 044-250381  
geconsac\_laboratorio@hotmail.com  
logistica.geconsac@gmail.com





# GECONSAC

LABORATORIO: SUELOS, CONCRETO,  
ASFALTO Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
ESTUDIOS GEOTECNICOS

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE  
LA ROCA  
(ASTM D6473-15)**

Código: GC22- LAB-T5-154  
Versión 0.0

Modificado: 01/09/2020  
Página 2 de 3

PROYECTO	: "Diseño geotécnico de un túnel mediante el método RMR en km 64 de la carretera Trujillo - Otuzco"	Registro N°:	GC22-LEN-....
SOLICITA	: Dr. Chigana De La Torre, Cristian André / Br. Ortegoso Durand, Erick Gianpao	Ensayado por:	H. HORNA
UBICACIÓN	: OTUZCO - LA LIBERTAD	Fecha:	25/08/2022

## I. Datos Generales

PROCEDENCIA	:	TAMANO MÁXIMO	3"
UBICACIÓN	:	MUESTRA	M1
MATERIAL	: ROCA NATURAL	COORDENADAS	
COTA. (m.)	:		

### PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO MTC E 205-2005

N° DE ENSAYOS			1	2	3	4	5
Masa de muestra seca al horno	A	g	740.0	850.0			
Masa de muestra saturada superf. Seca	B	g	747.0	858.0			
Masa de muestra saturada superf. SGA Sumergida	C	g	460.0	530.0			
Peso específico sobre base seca A/(B-C)			2.578	2.591			
Peso específico sobre base saturada superficialmente seca B/(B-C)			2.603	2.616			
Peso específico aparente A/(A-C)			2.643	2.656			
Absorción de agua $(B-A)/(A-C)$			0.946	0.941			

#### PROMEDIO

Peso específico sobre base seca	2.585
Peso específico sobre base saturada superficialmente seca	2.609
Peso específico aparente	2.650
Absorción de agua	0.946

## Observaciones:

-----  
-----  
-----  
-----



📍 Urb. Villa de Contadores Mz. N - Lote 06 - Trujillo  
 ☎ 948180383 - 993131322 - 993756435 ☎ 044-250381  
 ✉ geconsac\_laboratorio@hotmail.com  
 ✉ logistica.geconsac@gmail.com



# GECONSAC

LABORATORIO: SUELOS, CONCRETO,  
ASFALTO Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
ESTUDIOS GEOTECNICOS

## PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE LA ROCA (ASTM D6473-15)

Código: GC22-LAB-TS-154  
Versión 0.0

Modificado: 01/09/2020  
Página 2 de 3

PROYECTO	: "Diseño geotécnico de un túnel mediante el método BMR en km 61 de la carretera Trujillo - Otuzco"	Registro N°:	GC22-LEM-...
SOlicita	: Sr. Chipana De La Torre, Cristian André / Br. Orbeagozo Durand, Erick Gianpaul	Ensayado por:	H. HORNA
UBICACIÓN	: OTUZCO - LA LIBERTAD	Fecha:	25/08/2022

### I. Datos Generales

PROCEDENCIA	:	TAMANO MÁXIMO	3"
UBICACIÓN	:	MUESTRA	M2
MATERIAL	: ROCA NATURAL	COORDENADAS	
COTA. (m.)	:		

### PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO MTC E 206-2008

N° DE ENSAYOS			1	2	3	4	5
Masa de muestra seca al horno	A	g	1505.0	1125.0			
Masa de muestra saturada superf. seca	B	g	1531.0	1130.0			
Masa de muestra saturada superf. seca sumergida	C	g	930.0	895.0			
Peso específico sobre base seca A/(B-C)			2.590	2.586			
Peso específico sobre base saturada superficialmente seca B/(B-C)			2.801	2.598			
Peso específico aparente A/(A-C)			2.617	2.618			
Absorción de agua ((B-A)*100)/A			0.300	0.344			

### PROMEDIO

Peso específico sobre base seca	2.588
Peso específico sobre base saturada superficialmente seca	2.596
Peso específico aparente	2.617
Absorción de agua	0.432

### Observaciones:

Observaciones:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



**GECONSAC**  
GEOTECNIA & CONSTRUCCION S.R.L.  
ING. JOAQUÍN VILLALBA VILLALBA  
C.I.P. 8000  
UNA DE LAS EMPRESAS DE ESTUDIOS GEOTECNICOS

📍 Urb. Villa de Contadores Mz. N - Lote 06 - Trujillo  
☎ 948180393 - 993131322 - 993756435 ☎ 044-260381  
✉ geconsac\_laboratorio@hotmail.com  
✉ logistica.geconsac@gmail.com





# GECONSAC

LABORATORIO SUELOS, CONCRETO,  
ASFALTO Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
ESTUDIOS GEOTECNICOS

## PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE LA ROCA (ASTM D5473-15)

Código: GC22-LAB-TS-154  
Versión 0.0

Modificado: 01/09/2020  
Página 2 de 3

PROYECTO	: "Diseño geotécnico de un túnel mediante el método RMR en km 61 de la carretera Trujillo - Oroya"	Registro N°:	GC22-LEM-...
SOLICITA	: Sr. Chigana De La Torre, Cristian Andrés / Sr. Ordoñez Durand, Erick Gianpól	Ensayado por:	H. HORRA
UBICACIÓN	: OTUZCO - LA LIBERTAD	Fecha:	25/08/2022

### I. Datos Generales

PROCEDENCIA	:	TAMANO MÁXIMO	3"
UBICACIÓN	:	MUESTRA	MO
MATERIAL	: ROCA NATURAL	COORDENADAS	
COTA. (m.)	:		

### PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO MTC E 206-2000

N° DE ENSAYOS			1	2	3	4	5
Masa de muestra seca al horno	A	g	1414.0	1320.0			
Masa de muestra saturada superf. Seca	B	g	1419.0	1325.0			
Masa de muestra saturada superf. seca sumergida	C	g	870.0	810.0			
Peso específico sobre base seca A/(B-C)			2.576	2.563			
Peso específico sobre base saturada superficialmente seca B/(B-C)			2.587	2.573			
Peso específico aparente A/(A-C)			2.599	2.588			
Absorción de agua [(B-A)*100]/A			0.354	0.379			

#### PROMEDIO

Peso específico sobre base seca	2.569
Peso específico sobre base saturada superficialmente seca	2.579
Peso específico aparente	2.594
Absorción de agua	0.364

### Observaciones:

-----

-----

-----

-----



**GECONSAC**  
GEOTECNIA & CONSTRUCCIÓN  
ING. JORGE S. GUERRA TRUJILLO  
C.I.P. 8008  
AV. DE LA LIBERTAD 86 101000 OTUZCO

📍 Urb. Villa de Contadores Mz. N - Lote 08 - Trujillo  
☎ 948180393 - 993131322 - 993756435 📞 044-250381  
✉ geconsac\_laboratorio@hotmail.com  
✉ logistica.geconsac@gmail.com



# GECONSAC

LABORATORIO SUELOS, CONCRETO,  
ASFALTO Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
ESTUDIOS GEOTECNICOS

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE  
LA ROCA  
(ASTM D6473-15)**

Código: GC22-LAB-TS-154  
Versión 0.0

Modificado: 01/09/2020  
Página 2 de 3

<b>PROYECTO</b>	: "Diseño geotécnico de un túnel mediante el método RMR en km 61 de la carretera Trujillo - Otuzco"	<b>Registro N°:</b>	GC22-L29-...
<b>SOLICITA</b>	: Sr. Chigana De La Torre, Cristian André / Sr. Orbegoso Durand, Erick Gianpoo	<b>Ensayado por:</b>	H. HORRA
<b>UBICACIÓN</b>	: OTUZCO - LA LIBERTAD	<b>Fecha:</b>	25/08/2022

## I. Datos Generales

<b>PROCEDENCIA</b>	:	<b>TAMANO MÁXIMO</b>	3"
<b>UBICACIÓN</b>	:	<b>MUESTRA</b>	M0
<b>MATERIAL</b>	: ROCA NATURAL	<b>COORDENADAS</b>	
<b>COTA. (m.)</b>	:		

### PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO MTC E 204-2000

N° DE ENSAYOS			1	2	3	4	5
Masa de muestra seca al horno	A	g	1210.0	1250.0			
Masa de muestra saturada superf. Seca	B	g	1220.0	1255.0			
Masa de muestra saturada superf. Secc Sumergida	C	g	750.0	770.0			
Peso específico sobre base seca A/(B-C)			2.574	2.577			
Peso específico sobre base saturada superficialmente seca B/(B-C)			2.586	2.589			
Peso específico aparente A/(A-C)			2.635	2.604			
Absorción de agua ((B-A)*100)/A			0.806	0.800			

### PROMEDIO

Peso específico sobre base seca	2.576
Peso específico sobre base saturada superficialmente seca	2.589
Peso específico aparente	2.617
Absorción de agua	0.813

### Observaciones:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_





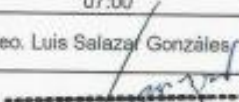


📍 Urb. Villa de Contadores Mz. N - Lote 06 - Trujillo  
 ☎ 948180383 - 993131322 - 993756435 ☎ 044-250381  
 ✉ geconsac\_laboratorio@hotmail.com  
 ✉ logistica.geconsac@gmail.com

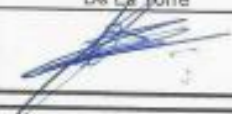

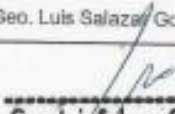




## **ANEXO °3: FORMATOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 1				FECHA	08/11/2022	
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DÍA	Martes	
				HORA	7:00 a. m.	
UBICACION	Vía nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 1					
COORDENADAS	U:	17M 0767371	UTM:	9123183	H:	2483
<b>DESCRIPCIÓN DE ROCA PERFORADA - MACIZO ROCOSO</b>						
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.						
LONGITUD DE PERFORACION : 33 centímetros (Cm).						
LONGITUD DE MUESTRA: 32.2 centímetros (Cm).						
ESTADO GENRAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso, presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada.						
<b>AFLORAMIENTO</b>						
Macizo rocoso, expuesto al intemperismo. Formado por una erupción volcánica (Volcán Urpillao), la lava andesítica solidificada es de color gris verdoso oscuro, con meteorización en el color pardo oscuro, con cristalizaciones blanquecinas. Presenta una rugosidad visible y una persistencia baja. Mineralógicamente, contiene feldespatos blancos y verdosos, con una composición de silicio, magnesio, calcio, entre otros elementos. También es visible una granulación media a fina.						
<b>EXTRACCIÓN DE MUESTRA (DIAMANTINA DE ROCA)</b>						
LONGITUD DE MUESTRA SANA : 30.6 centímetros (Cm).						
Diamantina de forma cilíndrica, muestra extraída con presencia de óxido entre los feldespatos, con matriz microcristalina compacta.						
<b>COMPUESTOS MINERALÓGICOS - QUÍMICOS</b>						
Hierro (Fe)		Magnesio (Mg)		Oxígeno (O)		
Silice (Si)		Calcio (Ca)				
<b>AFLORAMIENTO DEL MACIZO ROCOSO</b>						
						
<b>MUESTRA - DIAMANTINA N° 1</b>						
						
<b>RASGOS DE AFLORAMIENTO DEL MACIZO ROCOSO EN EL RMR 1</b>						
GEOFORMA:	Colina, con un menor tamaño que una montaña.					
COLOR:	Gris Verdoso Oscuro					
ESTRUCTURA SANA:	ANISÓTROPO		ISÓTROPO	X		
ESTRUCTURA METEORIZADA:	ANISÓTROPO	X	ISÓTROPO			
TIPO DE METEORIZACIÓN	INALTERADA		MUY ALTERADA			
	LIGERAMENTE ALTERADA	X	DESCOMPUESTA			
	MODERADAMENTE ALTERADA		OBSERVACIÓN			
OBSERVACIÓN: En la superficie del macizo rocoso, se observa una anisotropía tectónica al noreste, debido al intemperismo expuesto. Por otro lado, con isotropía en la parte interior de la roca sana.						
REALIZADO :	Bach. C. André Chipana De La Torre					
SUPERVISADO:	Geo. Luis Salazar Gonzáles					
FECHA:	Martes, 8 de Noviembre del 2022			HORA:	07:00	
FIRMAS	Bach. C. André Chipana De La Torre		Bach. Erick G. Orbegoso Durand		Geo. Luis Salazar Gonzáles	
						
Geo. Luis Salazar Gonzáles RTH AACHEN - ALEMANIA PB 280 08 75 3 1380 - 132						



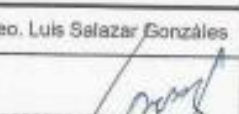


FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 1.1				FECHA	08/11/2022
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DÍA	Martes
UBICACIÓN				HORA	7:20 a. m.
Vía nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 1					
COORDENADAS	U:	17M 0767371	UTM:	9123183	H: 2483
SEPARACION DE DISCONTINUIDADES - RMR 1					
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.			DESCRIPCIÓN		
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 33 centímetros (Cm).			Distancia media perpendicular entre los		
LONGITUD DE MUESTRA: 32.2 centímetros (Cm).			planos de discontinuidades del macizo		
ESTADO GENRAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso, presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada.			rocoso. Las mediciones se hicieron con wincha, se tomaron 10 datos y se promedia para obtener un solo valor en el diseño.		
TOMA DE PUNTO I	19.40	Centímetros (Cm)	0.194	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO II	25.20	Centímetros (Cm)	0.252	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO III	35.70	Centímetros (Cm)	0.357	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO IV	18.60	Centímetros (Cm)	0.186	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO V	15.30	Centímetros (Cm)	0.153	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO VI	25.10	Centímetros (Cm)	0.251	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO VII	37.30	Centímetros (Cm)	0.373	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO VIII	39.50	Centímetros (Cm)	0.395	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO IX	48.90	Centímetros (Cm)	0.489	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO X	44.70	Centímetros (Cm)	0.447	Metros (M)	
SUMATORIA PROMEDIO (Σ)	30.97	Centímetros (Cm)	0.31	Metros (M)	
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana De La Torre		Bach. Erick Gianpool Orbegoso Durand		Geo. Luis Salazar Gonzáles
					

Geo. Luis Salazar Gonzáles

RTH AACHEN - ALEMANIA



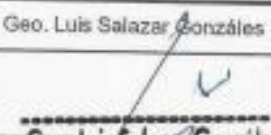
Pb 280 06 75 0 1380 - 132

FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 1.2				FECHA	08/11/2022
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL METODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DÍA	Martes
UBICACIÓN				HORA	7:35 a. m.
Vía nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 1					
COORDENADAS	U:	17M 0767371	UTM:	9123183	H: 2483
PERSISTENCIA - RMR 1					
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.			DESCRIPCIÓN		
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 33 centímetros (Cm).			Es la extensión en la superficie de las juntas en el macizo rocoso.		
LONGITUD DE MUESTRA: 32.2 centímetros (Cm).			Las mediciones se hicieron con wincha, se tomaron 10 datos y se promedia para obtener un solo valor en el diseño.		
ESTADO GENRAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso, presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada.					
TOMA DE PUNTO I	49.70	Centímetros (Cm)	0.497	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO II	35.50	Centímetros (Cm)	0.355	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO III	34.80	Centímetros (Cm)	0.348	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO IV	24.70	Centímetros (Cm)	0.247	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO V	25.20	Centímetros (Cm)	0.252	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO VI	50.10	Centímetros (Cm)	0.501	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO VII	25.40	Centímetros (Cm)	0.254	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO VIII	19.60	Centímetros (Cm)	0.196	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO IX	19.80	Centímetros (Cm)	0.188	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO X	14.70	Centímetros (Cm)	0.147	Metros (M)	
SUMATORIA PROMEDIO (Σ)	29.85	Centímetros (Cm)	0.30	Metros (M)	
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana De La Torre		Bach. Erick Gianpool Orbegoso Durand		Geo. Luis Salazar Gonzáles
					

Geo. Luis Salazar Gonzáles


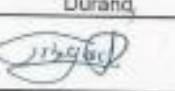

RTH AACHEN - ALEMANIA

Pb 280 06 75 0 1380 - 132

FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 1.3				FECHA	08/11/2022	
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DÍA	Martes	
UBICACION				HORA	7:50 a. m.	
Vía nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 1						
COORDENADAS	U:	17M 0767371	UTM:	9123183	H:	2483
<b>ABERTURA - RMR 1</b>						
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.			<b>DESCRIPCIÓN</b>			
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 33 centímetros (Cm).			Distancia perpendicular que separa las			
LONGITUD DE MUESTRA: 32.2 centímetros (Cm).			paredes de la discontinuidad del macizo			
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso,			rocoso. Las mediciones se hicieron con			
presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de aculleros			una regla graduada en milímetros. Se toma -			
de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada.			ron 10 datos y se promedia, para obtener un			
			solo valor en el diseño.			
TOMA DE PUNTO I	0.27	Milímetros (MM)				
TOMA DE PUNTO II	0.28	Milímetros (MM)				
TOMA DE PUNTO III	0.19	Milímetros (MM)				
TOMA DE PUNTO IV	0.08	Milímetros (MM)				
TOMA DE PUNTO V	0.07	Milímetros (MM)				
TOMA DE PUNTO VI	0.12	Milímetros (MM)				
TOMA DE PUNTO VII	0.07	Milímetros (MM)				
TOMA DE PUNTO VIII	0.22	Milímetros (MM)				
TOMA DE PUNTO IX	0.92	Milímetros (MM)				
TOMA DE PUNTO X	0.19	Milímetros (MM)				
SUMATORIA PROMEDIO (Σ)	0.24	Milímetros (MM)				
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana De La Torre	Bach. Erick Gianpool Orbegoso Durand	Geo. Luis Salazar González			
						

Geo. Luis Salazar González  
 RTH AACHEN - ALEMANIA

Pb 280 06 76 8 1300 - 132

FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 1.4				FECHA	08/11/2022	
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DÍA	Martes	
UBICACION				HORA	8:05 a. m.	
Vía nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 1						
COORDENADAS	U:	17M 0767371	UTM:	9123183	H:	2483
<b>RUGOSIDAD - RMR 1</b>						
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.			<b>DESCRIPCIÓN</b>			
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 33 centímetros (Cm).			Es la extensión en la superficie de las juntas			
LONGITUD DE MUESTRA: 32.2 centímetros (Cm).			en el macizo rocoso.			
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso,			Las mediciones se hicieron con			
presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de aculleros			wincha, se tomaron 10 datos y se toma el			
de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada.			mayor valor (Ante un valor igual, se toma el			
			más desfavorable), para obtener un solo			
			valor en el diseño.			
TOMA DE PUNTO I	Rugoso					
TOMA DE PUNTO II	Muy Rugoso					
TOMA DE PUNTO III	Ondulado	<b>ACUMULADO</b>				
TOMA DE PUNTO IV	Muy Rugoso	Muy Rugoso	40%			
TOMA DE PUNTO V	Ondulado	Rugoso	40%			
TOMA DE PUNTO VI	Rugoso	Ondulado	20%			
TOMA DE PUNTO VII	Rugoso					
TOMA DE PUNTO VIII	Rugoso	Al tener valores iguales, se toma				
TOMA DE PUNTO IX	Muy Rugoso	el valor de diseño geotécnico				
TOMA DE PUNTO X	Muy Rugoso	más desfavorable.				
VALOR MAYOR	Rugoso					
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana De La Torre	Bach. Erick Gianpool Orbegoso Durand	Geo. Luis Salazar González			
						



Geo. Luis Salazar González  
 RTH AACHEN - ALEMANIA  
 Pb 280 06 76 8 1300 - 132



FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 1.5				FECHA	09/11/2022
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TUNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DÍA	Martes
UBICACION				HORA	8:20 a. m.
Via nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 1					
COORDENADAS	U:	17M 0767371	UTM:	9123183	H: 2483
RELLENO - RMR 1					
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.			DESCRIPCIÓN		
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 33 centímetros (Cm).			Ante la alteración del macizo rocoso, este está expuesto a contener un relleno.		
LONGITUD DE MUESTRA: 32.2 centímetros (Cm).			Las mediciones se hicieron con una regla graduada en milímetros. Se tomaron 10 datos y se toma valor mayor, para obtener un solo valor en el diseño.		
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso, presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada.					
TOMA DE PUNTO I	Relleno Suave < 5 MM		<p><b>RELLENO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Relleno Suave &lt; 5MM (90%)</li> <li>■ Ninguno (10%)</li> </ul>		
TOMA DE PUNTO II	Relleno Suave < 5 MM				
ACUMULADO					
TOMA DE PUNTO III	Relleno Suave < 5 MM	90%			
TOMA DE PUNTO IV	Relleno Suave < 5 MM	10%			
TOMA DE PUNTO V	Relleno Suave < 5 MM				
TOMA DE PUNTO VI	Ninguno				
TOMA DE PUNTO VII	Relleno Suave < 5 MM				
TOMA DE PUNTO VIII	Relleno Suave < 5 MM				
TOMA DE PUNTO IX	Relleno Suave < 5 MM				
TOMA DE PUNTO X	Relleno Suave < 5 MM				
VALOR MAYOR	Relleno Suave < 5 MM				
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana De La Torre		Bach. Erick Gianpool Orbegoso Durand		Geo. Luis Salazar Gonzáles

Geo. Luis Salazar Gonzáles

FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 1.6				RTM AACHEN - ALEMANIA	FRS 000 05 750 1300 0232
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TUNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DÍA	Martes
UBICACION				HORA	8:35 a. m.
Via nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 1					
COORDENADAS	U:	17M 0767371	UTM:	9123183	H: 2483
ALTERACION - RMR 1					
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.			DESCRIPCIÓN		
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 33 centímetros (Cm).			La alteración es la visualización de la superficie en el afloramiento del macizo rocoso en estudio.		
LONGITUD DE MUESTRA: 32.2 centímetros (Cm).			Se tomaron 10 datos del afloramiento rocoso y se toma valor mayor, para obtener un solo valor en el diseño.		
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso, presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada.					
TOMA DE PUNTO I	L. Alterada		<p><b>ALTERACIÓN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ligeramente Alterada (80%)</li> <li>■ Moderadamente Alterada (20%)</li> </ul>		
TOMA DE PUNTO II	L. Alterada				
ACUMULADO					
TOMA DE PUNTO III	Ligeramente Alterada	80%			
TOMA DE PUNTO IV	L. Alterada	20%			
TOMA DE PUNTO V	L. Alterada				
TOMA DE PUNTO VI	M. Alterada				
TOMA DE PUNTO VII	L. Alterada				
TOMA DE PUNTO VIII	L. Alterada				
TOMA DE PUNTO IX	M. Alterada				
TOMA DE PUNTO X	L. Alterada				
VALOR MAYOR	Ligeramente Alterada				
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana		Bach. Erick Gianpool Orbegoso		Geo. Luis Salazar Gonzáles

Geo. Luis Salazar Gonzáles  
RTM AACHEN - ALEMANIA  
Ph 204 05 95 9 1300 - 132




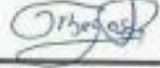
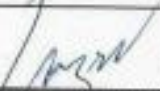
FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 1.7				FECHA	08/11/2022
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TUNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DÍA	Martes
UBICACIÓN				HORA	8:50 a. m.
Via nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 1					
COORDENADAS	U:	17M 0767371	UTM:	9123183	H: 2483
PUNTOS DIPS - DIRECCION DE DIPS - RMR 1			DESCRIPCIÓN		
TIPO DE ROCA: Roca ígnea Volcánica Andesítica.			Se observa que el macizo rocoso, no cuenta con presencia de vegetación a su alrededor.		
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 33 centímetros (Cm).			Por otro lado, no se observa presencia de acuíferos cercanos a la zona de estudio, ni en las direcciones nor este - nor oeste.		
LONGITUD DE MUESTRA: 32.2 centímetros (Cm).			Por tal motivo, se descarta que contenga agua en su interior o una red de flujo a una determinada profundidad. Es por ello, que se considera la zona ligeramente húmeda.		
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso, presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada.			Por lo que no se puede descartar lluvias.		
TOMA DE PUNTO I					
TOMA DE PUNTO II					
TOMA DE PUNTO III					
TOMA DE PUNTO IV					
TOMA DE PUNTO V					
TOMA DE PUNTO VI					
TOMA DE PUNTO VII					
TOMA DE PUNTO VIII					
TOMA DE PUNTO IX					
TOMA DE PUNTO X					
VALOR GENERAL	Ligeramente Húmedo				
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana	Bach. Erick Gianpool Orbegoso	Geo. Luis Salazar Gonzáles		

Geo. Luis Salazar Gonzáles  
RTH AACHEN - ALEMANIA

FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 1.8				FECHA	08/11/2022
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TUNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DÍA	Martes
UBICACIÓN				HORA	8:52 a. m.
Via nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 1					
COORDENADAS	U:	17M 0767371	UTM:	9123183	H: 2483
PUNTOS DIPS - DIRECCION DE DIPS - RMR 1			DESCRIPCIÓN		
TIPO DE ROCA: Roca ígnea Volcánica Andesítica.			Se tomaron 10 datos y se ingresaron al Software Dip, al ejecutar cada dip, tomamos el valor promedio, para determinar la dirección. Los puntos dip son para realizar el análisis computacional de la geomecánica.		
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 33 centímetros (Cm).					
LONGITUD DE MUESTRA: 32.2 centímetros (Cm).					
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso, presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada.					
	DIP	DIRECCIÓN DIP	DIP + 90	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TUNEL	
TOMA DE PUNTO I	45	210	135	A FAVOR DEL BUZAMIENTO	
TOMA DE PUNTO II	50	175	140	A FAVOR DEL BUZAMIENTO	
TOMA DE PUNTO III	85	200	175	A FAVOR DEL BUZAMIENTO	
TOMA DE PUNTO IV	80	270	150	A FAVOR DEL BUZAMIENTO	
TOMA DE PUNTO V	60	185	150	A FAVOR DEL BUZAMIENTO	
TOMA DE PUNTO VI	90	250	180	A FAVOR DEL BUZAMIENTO	
TOMA DE PUNTO VII	60	210	150	A FAVOR DEL BUZAMIENTO	
TOMA DE PUNTO VIII	90	170	180	A FAVOR DEL BUZAMIENTO	
TOMA DE PUNTO IX	80	180	170	A FAVOR DEL BUZAMIENTO	
TOMA DE PUNTO X	70	20	160	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO	
PROMEDIO (Σ)	69	187	159	A FAVOR DEL BUZAMIENTO	
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana De La Torre	Bach. Erick Gianpool Orbegoso Durand	Geo. Luis Salazar Gonzáles		



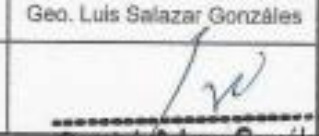
Geo. Luis Salazar Gonzáles  
RTH AACHEN - ALEMANIA  
Ph 256 05 75 9 1300 - 132




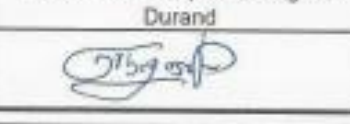
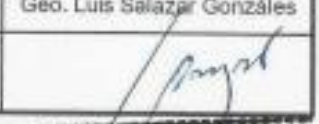
FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 2		FECHA	08/11/2022
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO		DÍA	Martes
		HORA	9:05 a. m.
UBICACION	Via nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 2		
COORDENADAS	U:	17M0767716	UTM: 9123295 H: 2592
<b>DESCRIPCIÓN DE ROCA PERFORADA - MACIZO ROCOSO</b>			
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.			
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 35 centímetros (Cm).			
LONGITUD DE MUESTRA: 35 centímetros (Cm).			
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso, presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada.			
<b>AFLORAMIENTO</b>			
Macizo rocoso, expuesto al intemperismo. Formado por una erupción volcánica (Volcán Urujillo), la lava andesítica solidificada es de color gris verdoso oscuro, con meteorización en el color pardo oscuro, con cristalizaciones blanquecinas. Presenta una rugosidad visible y una persistencia baja. Mineralógicamente, contiene feldespatos blancos y verdosos, con una composición de silicio, magnesio, calcio, entre otros elementos. También es visible una granulación media a fina.			
EXTRACCIÓN DE MUESTRA (DIAMANTINA DE ROCA)		<b>AFLORAMIENTO DEL MACIZO ROCOSO</b>	
LONGITUD DE MUESTRA SANA : 34.5 centímetros (Cm).			
Diamantina de forma cilíndrica, muestra extraída con presencia de óxido entre los feldespatos, con matriz microcristalina compacta.			
<b>COMPUESTOS MINERALÓGICOS - QUÍMICOS</b>			
Hierro (Fe)	Magnesio (Mg)	Oxígeno (O)	
Silíce (Si)	Calcio (Ca)		
ESTRUCTURA: Isotrópica en roca sana y anisotrópica en el afloramiento.			
TEXTURA: Denominación porfirítico, a causa de que los porfiroclidos.			
TEXTURA DE MATRIZ: Cristalización afanítica, identificación con lupa, debido a no ser perceptible a simple vista.			
<b>RASGOS DE AFLORAMIENTO DEL MACIZO ROCOSO EN EL RMR 2</b>			
GEOFORMA:	Colina, con un menor tamaño que una montaña.		
COLOR:	Gris Verdoso Oscuro		
ESTRUCTURA SANA:	ANISÓTROPO		ISÓTROPO X
ESTRUCTURA METEORIZADA:	ANISÓTROPO	X	ISÓTROPO
TIPO DE METEORIZACIÓN	INALTERADA		MUY ALTERADA
	LIGERAMENTE ALTERADA	X	DESCOMPUESTA
	MODERADAMENTE ALTERADA		OBSERVACIÓN
OBSERVACIÓN: En la superficie del macizo rocoso, se observa una anisotropía tectónica al noreste, debido al intemperismo expuesto. Por otro lado, con isotropía en la parte interior de la roca sana.			
REALIZADO :	Bach. C. André Chipana De La Torre		
SUPERVISADO:	Geo. Luis Salazar Gonzáles		
FECHA:	Marte, 8 de Noviembre del 2022	HORA:	09:05
FIRMAS	Bach. C. André Chipana De La Torre	Bach. Erick G. Orbegoso Durand	Geo. Luis Salazar Gonzáles
			

Geo. Luis Salazar Gonzáles  
 RTH AACHEN - ALEMANIA  
 Pb 280 0675 9 1380 - 132



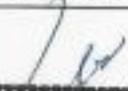


FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 2.1				FECHA	08/11/2022
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DÍA	Martes
				HORA	9:20 a. m.
UBICACION	Via nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 2				
COORDENADAS	U:	17M0767716	UTM:	9123295	H: 2592
<b>SEPARACION DE DISCONTINUIDADES - RMR 2</b>					
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.			DESCRIPCIÓN		
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 35 centímetros (Cm).			Distancia media perpendicular entre los		
LONGITUD DE MUESTRA: 35 centímetros (Cm).			planos de discontinuidades del macizo		
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso,			rocoso. Las mediciones se hicieron con		
presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de acuíferos			wincha, se tomaron 10 datos y se promedia		
de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada.			para obtener un solo valor en el diseño.		
TOMA DE PUNTO I	75.60	Centímetros (Cm)	0.756	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO II	78.20	Centímetros (Cm)	0.782	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO III	76.30	Centímetros (Cm)	0.763	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO IV	68.70	Centímetros (Cm)	0.687	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO V	75.10	Centímetros (Cm)	0.751	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO VI	68.60	Centímetros (Cm)	0.686	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO VII	87.90	Centímetros (Cm)	0.879	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO VIII	80.70	Centímetros (Cm)	0.807	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO IX	81.90	Centímetros (Cm)	0.819	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO X	76.80	Centímetros (Cm)	0.768	Metros (M)	
SUMATORIA PROMEDIO (Σ)	76.98	Centímetros (Cm)	0.77	Metros (M)	
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana De La Torre		Bach. Erick Gianpool Orbegoso Durand		Geo. Luis Salazar Gonzáles
					



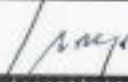
Geo. Luis Salazar Gonzáles  
RTH AACHEN - ALEMANIA

FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 2.2				FECHA	08/11/2022
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DÍA	Martes
				HORA	9:35 a. m.
UBICACION	Via nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 2				
COORDENADAS	U:	17M0767716	UTM:	9123295	H: 2592
<b>PERSISTENCIA - RMR 2</b>					
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.			DESCRIPCIÓN		
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 35 centímetros (Cm).			Es la extensión en la superficie de las juntas		
LONGITUD DE MUESTRA: 35 centímetros (Cm).			en el macizo rocoso.		
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso,			Las mediciones se hicieron con		
presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de acuíferos			wincha, se tomaron 10 datos y se promedia		
de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada.			para obtener un solo valor en el diseño.		
TOMA DE PUNTO I	21.20	Centímetros (Cm)	0.212	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO II	24.80	Centímetros (Cm)	0.248	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO III	27.40	Centímetros (Cm)	0.274	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO IV	22.60	Centímetros (Cm)	0.226	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO V	21.70	Centímetros (Cm)	0.217	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO VI	29.40	Centímetros (Cm)	0.294	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO VII	31.60	Centímetros (Cm)	0.316	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO VIII	23.50	Centímetros (Cm)	0.235	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO IX	27.80	Centímetros (Cm)	0.278	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO X	23.20	Centímetros (Cm)	0.232	Metros (M)	
SUMATORIA PROMEDIO (Σ)	25.32	Centímetros (Cm)	0.25	Metros (M)	
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana De La Torre		Bach. Erick Gianpool Orbegoso Durand		Geo. Luis Salazar Gonzáles
					

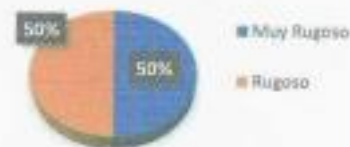
Geo. Luis Salazar Gonzáles  
RTH AACHEN - ALEMANIA  
PB 266 85 75 0 1380 - 132

FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 2.3				FECHA	08/11/2022
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DÍA	Martes
UBICACIÓN				HORA	10:50 a. m.
Via nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 2					
COORDENADAS	U:	17M0767716	UTM:	9123295	H: 2592
ABERTURA - RMR 2					
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.			DESCRIPCIÓN		
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 35 centímetros (Cm).			Distancia perpendicular que separa las		
LONGITUD DE MUESTRA: 35 centímetros (Cm).			paredes de la discontinuidad del macizo		
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso,			rocoso. Las mediciones se hicieron con		
presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de acuíferos			una regla graduada en milímetros. Se toma -		
de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada.			ron 10 datos y se promedia, para obtener un		
			solo valor en el diseño.		
TOMA DE PUNTO I	0.09	Milímetros (MM)			
TOMA DE PUNTO II	0.08	Milímetros (MM)			
TOMA DE PUNTO III	0.03	Milímetros (MM)			
TOMA DE PUNTO IV	0.03	Milímetros (MM)			
TOMA DE PUNTO V	0.11	Milímetros (MM)			
TOMA DE PUNTO VI	0.05	Milímetros (MM)			
TOMA DE PUNTO VII	0.03	Milímetros (MM)			
TOMA DE PUNTO VIII	0.07	Milímetros (MM)			
TOMA DE PUNTO IX	0.05	Milímetros (MM)			
TOMA DE PUNTO X	0.13	Milímetros (MM)			
SUMATORIA PROMEDIO (Σ)	0.07	Milímetros (MM)			
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana De La Torre	Bach. Erick Gianpool Orbegoso Durand	Geo. Luis Salazar Gonzáles		
					

Geo. Luis Salazar Gonzáles  
RTH AACHEN - ALEMANIA

FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 2.4				FECHA	08/11/2022
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DÍA	Martes
UBICACIÓN				HORA	11:05 a. m.
Via nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 2					
COORDENADAS	U:	17M0767716	UTM:	9123295	H: 2592
RUGOSIDAD - RMR 2					
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.			DESCRIPCIÓN		
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 35 centímetros (Cm).			Es la extensión en la superficie de las juntas		
LONGITUD DE MUESTRA: 35 centímetros (Cm).			en el macizo rocoso.		
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso,			Las mediciones se hicieron con		
presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de acuíferos			wincha, se tomaron 10 datos y se toma el		
de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada.			mayor valor (Ante un valor igual, se toma el		
			más desfavorable), para obtener un solo		
			valor en el diseño.		
TOMA DE PUNTO I	RUGOSO				
TOMA DE PUNTO II	RUGOSO				
TOMA DE PUNTO III	MUY RUGOSO	ACUMULADO			
TOMA DE PUNTO IV	MUY RUGOSO	Muy Rugoso	50%		
TOMA DE PUNTO V	RUGOSO	Rugoso	50%		
TOMA DE PUNTO VI	RUGOSO				
TOMA DE PUNTO VII	RUGOSO				
TOMA DE PUNTO VIII	MUY RUGOSO	Al tener valores iguales, se toma			
TOMA DE PUNTO IX	MUY RUGOSO	el valor de diseño geotécnico			
TOMA DE PUNTO X	MUY RUGOSO	más desfavorable.			
VALOR MAYOR	Rugoso				
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana De La Torre	Bach. Erick Gianpool Orbegoso Durand	Geo. Luis Salazar Gonzáles		
					

### RUGOSIDAD



Geo. Luis Salazar Gonzáles  
RTH AACHEN - ALEMANIA  
Pb 280 06 75 0 1308 - 132



FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 2.5				FECHA	08/11/2022
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TUNEL MEDIANTE EL METODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DIA	Martes
UBICACION				HORA	11:20 a. m.
COORDENADAS		U:	17M0767716	UTM:	9123295
		H:	2592		
RELLENO - RMR 2					
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.			DESCRIPCIÓN		
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 35 centímetros (Cm).			Ante la alteración del macizo rocoso, este está expuesto a contener un relleno.		
LONGITUD DE MUESTRA: 35 centímetros (Cm).			Las mediciones se hicieron con una regla graduada en milímetros. Se tomaron 10 datos y se toma valor mayor, para obtener un solo valor en el diseño.		
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada.					
TOMA DE PUNTO I Relleno Suave < 5 MM		ACUMULADO		<p><b>RELLENO</b></p> <p>50% Relleno Suave &lt; 5MM 50% Ninguno</p>	
TOMA DE PUNTO II Ninguno		Relleno Suave < 5MM	50%		
TOMA DE PUNTO III Ninguno		Ninguno	50%		
TOMA DE PUNTO IV Ninguno					
TOMA DE PUNTO V Relleno Suave < 5 MM					
TOMA DE PUNTO VI Relleno Suave < 5 MM					
TOMA DE PUNTO VII Relleno Suave < 5 MM					
TOMA DE PUNTO VIII Ninguno		Al tener valores iguales, se toma el valor de diseño geotécnico más desfavorable.			
TOMA DE PUNTO IX Ninguno					
TOMA DE PUNTO X Relleno Suave < 5 MM					
VALOR MAYOR	Relleno Suave < 5 MM				
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana De La Torre		Bach. Erick Gianpool Orbegoso Durand		Geo. Luis Salazar Gonzáles

Geo. Luis Salazar Gonzáles



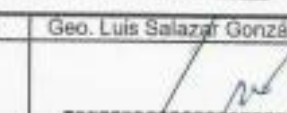
RTH AACHEN - ALEMANIA

FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 2.6				FECHA	08/11/2022
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TUNEL MEDIANTE EL METODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DIA	Martes
UBICACION				HORA	11:35 a. m.
COORDENADAS		U:	17M0767716	UTM:	9123295
		H:	2592		
ALTERACIÓN - RMR 2					
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.			DESCRIPCIÓN		
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 35 centímetros (Cm).			La alteración es la visualización de la superficie en el afloramiento del macizo rocoso en estudio.		
LONGITUD DE MUESTRA: 35 centímetros (Cm).			Se tomaron 10 datos del afloramiento rocoso y se toma valor mayor, para obtener un solo valor en el diseño.		
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada.					
TOMA DE PUNTO I L. Alterada		ACUMULADO		<p><b>ALTERACIÓN</b></p> <p>80% Ligeramente Alterada 20% Moderadamente Alterada</p>	
TOMA DE PUNTO II L. Alterada		Ligeramente Alterada	80%		
TOMA DE PUNTO III L. Alterada		Alterada			
TOMA DE PUNTO IV L. Alterada		Moderadamente Alterada	20%		
TOMA DE PUNTO V L. Alterada		Alterada			
TOMA DE PUNTO VI L. Alterada					
TOMA DE PUNTO VII L. Alterada					
TOMA DE PUNTO VIII M. Alterada					
TOMA DE PUNTO IX M. Alterada					
TOMA DE PUNTO X L. Alterada					
VALOR MAYOR	Ligeramente Alterada				
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana		Bach. Erick Gianpool Orbegoso		Geo. Luis Salazar Gonzáles


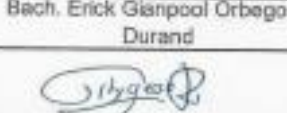
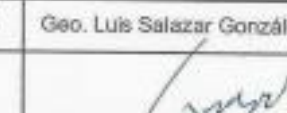
Geo. Luis Salazar Gonzáles

RTH AACHEN - ALEMANIA

Pb 280 06 75 9 1380 - 132






FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 2.7				FECHA	08/11/2022	
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TUNEL MEDIANTE EL METODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DIA	Martes	
UBICACION				HORA	11:50 a. m.	
Via nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 2						
COORDENADAS	U:	17M0767716	UTM:	9123295	H:	2592
PUNTOS DIPS - DIRECCION DE DIPS - RMR 2						
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.			DESCRIPCION			
LONGITUD DE PERFORACION : 35 centímetros (Cm).			Se observa que el macizo rocoso, no cuenta con presencia de vegetación a su alrededor.			
LONGITUD DE MUESTRA: 35 centímetros (Cm).			Por otro lado, no se observa presencia de acuíferos cercanos a la zona de estudio, ni en las direcciones nor este - nor oeste.			
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso, presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada.			Por tal motivo, se descarta que contenga agua en su interior o una red de flujo a una determinada profundidad. Es por ello, que se considera la zona ligeramente húmeda.			
TOMA DE PUNTO I			Por lo que no se puede descartar lluvias.			
TOMA DE PUNTO II						
TOMA DE PUNTO III						
TOMA DE PUNTO IV						
TOMA DE PUNTO V						
TOMA DE PUNTO VI						
TOMA DE PUNTO VII						
TOMA DE PUNTO VIII						
TOMA DE PUNTO IX						
TOMA DE PUNTO X						
VALOR GENERAL	Ligeramente Húmedo					
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana		Bach. Erick Gianpool Orbegoso		Geo. Luis Salazar Gonzáles	
						

Geo. Luis Salazar Gonzáles  
RTM AACHEN - ALEMANIA


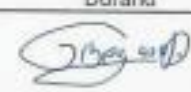

FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 2.8				FECHA	08/11/2022	
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TUNEL MEDIANTE EL METODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DIA	Martes	
UBICACION				HORA	12:52 p. m.	
Via nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 2						
COORDENADAS	U:	17M0767716	UTM:	9123295	H:	2592
PUNTOS DIPS - DIRECCION DE DIPS - RMR 2						
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.			DESCRIPCION			
LONGITUD DE PERFORACION : 35 centímetros (Cm).			Se tomaron 10 datos y se ingresaron al Software Dip, al ejecutar cada dip, tomamos el valor promedio, para determinar la dirección. Los puntos dip son para realizar el análisis computacional de la geomecánica.			
LONGITUD DE MUESTRA: 35 centímetros (Cm).						
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso, presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada.						
	DIP	DIRECCION DIP	DIP + 90	DIRECCION PERPENDICULAR AL EJE DEL TUNEL		
TOMA DE PUNTO I	80	110	170	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO		
TOMA DE PUNTO II	85	0	175	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO		
TOMA DE PUNTO III	15	80	105	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO		
TOMA DE PUNTO IV	80	115	170	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO		
TOMA DE PUNTO V	25	50	115	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO		
TOMA DE PUNTO VI	75	10	165	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO		
TOMA DE PUNTO VII	90	15	180	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO		
TOMA DE PUNTO VIII	50	0	140	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO		
TOMA DE PUNTO IX	85	0	175	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO		
TOMA DE PUNTO X	40	190	130	A FAVOR DEL BUZAMIENTO		
PROMEDIO (T)	63	57	153	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO		
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana De la Torre		Bach. Erick Gianpool Orbegoso Durand		Geo. Luis Salazar Gonzáles	
						

Geo. Luis Salazar Gonzáles  
RTM AACHEN - ALEMANIA  
Ph 286 06 75 0 1300 - 132


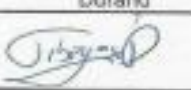



FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 3				FECHA	08/11/2022
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DÍA	Martes
				HORA	1:05 p. m.
UBICACION	Via nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 3				
COORDENADAS	U:	17N07677651	UTM:	9123369	H: 2578
<b>DESCRIPCION DE ROCA PERFORADA - MACIZO ROCOSO</b>					
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica. LONGITUD DE PERFORACION : 30 centímetros (Cm). LONGITUD DE MUESTRA: 30 centímetros (Cm). ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o áreas analizadas.					
<b>AFLORAMIENTO</b> Macizo rocoso, expuesto al intemperismo. Formado por una erupción volcánica (Volcán Urpillao), la lava andesítica solidificada es de color gris verdoso oscuro, con meteorización en el color pardo oscuro, con cristalizaciones blanquecinas. Presenta una rugosidad visible y una persistencia baja. Mineralógicamente, contiene feldespatos blancos y verdosos, con una composición de silicio, magnesio, calcio, entre otros elementos. También es visible una granulación media a fina.					
<b>EXTRACCION DE MUESTRA (DIAMANTINA DE ROCA)</b> LONGITUD DE MUESTRA SANA : La muestra, no supera los 10 centímetros (Cm). Es por ello, el ROD es del 15%. Diamantina de forma cilíndrica, muestra extraída con presencia de óxido entre los feldespatos, con matriz microcristalina compacta.			<b>AFLORAMIENTO DEL MACIZO ROCOSO</b> 		
<b>COMPUESTOS MINERALOGICOS - QUIMICOS</b> Hierro (Fe)      Magnesio (Mg)      Oxígeno (O) Silicio (Si)      Calcio (Ca)					
<b>ESTRUCTURA:</b> Isotrópica en roca sana y anisotrópica en el afloramiento. <b>TEXTURA:</b> Denominación porfírico, a causa de que los porfiroides. <b>TEXTURA DE MATRIZ:</b> Cristalización afanítica, identificación con lupa, debido a no ser perceptible a simple vista.			<b>MUESTRA - DIAMANTINA N° 3</b>		
<b>RASGOS DE AFLORAMIENTO DEL MACIZO ROCOSO EN EL RMR 3</b>					
<b>GEOFORMA:</b>	Colina, con un menor tamaño que una montaña.				
<b>COLOR:</b>	Gris Verdoso Oscuro				
<b>ESTRUCTURA SANA:</b>	ANISÓTROPO		ISÓTROPO	X	
<b>ESTRUCTURA METEORIZADA:</b>	ANISÓTROPO	X	ISÓTROPO		
<b>TIPO DE METEORIZACIÓN</b>	INALTERADA		MUY ALTERADA		
	LIGERAMENTE ALTERADA		DESCOMPUESTA		
	MODERADAMENTE ALTERADA	X	OBSERVACIÓN		
<b>OBSERVACIÓN:</b> En la superficie del macizo rocoso, se observa una anisotropía tectónica al noreste, debido al intemperismo expuesto. Por otro lado, con isotropía en la parte interior de la roca sana.					
<b>REALIZADO :</b>	Bach. C. André Chipana De La Torre Bach. Erick G. Orbegoso Durand				
<b>SUPERVISADO:</b>	Geo. Luis Salazar Gonzáles				
<b>FECHA:</b>	Martes, 8 de Noviembre del 2022		<b>HORA:</b>	01:05	
<b>FIRMAS</b>	Bach. C. André Chipana De La Torre	Bach. Erick G. Orbegoso Durand	Geo. Luis Salazar Gonzáles		
					

Geo. Luis Salazar Gonzáles  
 RTH AACHEN - ALEMANIA  
 Pb 280.06 75 9 1300 - 132


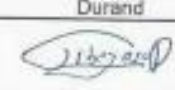

FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 3.1				FECHA	08/11/2022
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DÍA	Martes
				HORA	1:20 p. m.
UBICACION	Vía nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 3				
COORDENADAS	U:	17N07677651	UTM:	9123369	H: 2578
SEPARACION DE DISCONTINUIDADES - RMR 3					
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.			DESCRIPCIÓN		
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 30 centímetros (Cm).			Distancia media perpendicular entre los		
LONGITUD DE MUESTRA: 30 centímetros (Cm).			planos de discontinuidades del macizo		
ESTADO GENRAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso,			rocoso. Las mediciones se hicieron con		
presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de acuíferos			wincha, se tomaron 10 datos y se promedia		
de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada.			para obtener un solo valor en el diseño.		
TOMA DE PUNTO I	58.70	Centímetros (Cm)	0.587	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO II	61.40	Centímetros (Cm)	0.614	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO III	56.70	Centímetros (Cm)	0.567	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO IV	35.90	Centímetros (Cm)	0.359	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO V	66.80	Centímetros (Cm)	0.668	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO VI	52.70	Centímetros (Cm)	0.527	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO VII	69.90	Centímetros (Cm)	0.699	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO VIII	73.90	Centímetros (Cm)	0.739	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO IX	76.40	Centímetros (Cm)	0.764	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO X	57.60	Centímetros (Cm)	0.576	Metros (M)	
SUMATORIA PROMEDIO (Σ)	61	Centímetros (Cm)	0.61	Metros (M)	
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana De La Torre	Bach. Erick Gianpool Orbegoso Durand	Geo. Luis Salazar Gonzáles		
					

Geo. Luis Salazar Gonzáles  
RTM AACHEN - ALEMANIA


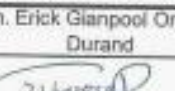
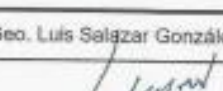
FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 3.2				FECHA	08/11/2022
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TUNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DÍA	Martes
				HORA	1:35 p. m.
UBICACION	Vía nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 3				
COORDENADAS	U:	17N07677651	UTM:	9123369	H: 2578
PERSISTENCIA - RMR 3					
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.			DESCRIPCIÓN		
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 30 centímetros (Cm).			Es la extensión en la superficie de las juntas		
LONGITUD DE MUESTRA: 30 centímetros (Cm).			en el macizo rocoso.		
ESTADO GENRAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso,			Las mediciones se hicieron con		
presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de acuíferos			wincha, se tomaron 10 datos y se promedia		
de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada.			para obtener un solo valor en el diseño.		
TOMA DE PUNTO I	109.80	Centímetros (Cm)	1.098	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO II	115.60	Centímetros (Cm)	1.156	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO III	99.30	Centímetros (Cm)	0.993	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO IV	110.70	Centímetros (Cm)	1.107	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO V	99.70	Centímetros (Cm)	0.997	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO VI	96.90	Centímetros (Cm)	0.969	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO VII	94.80	Centímetros (Cm)	0.948	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO VIII	97.70	Centímetros (Cm)	0.977	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO IX	96.90	Centímetros (Cm)	0.969	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO X	97.10	Centímetros (Cm)	0.971	Metros (M)	
SUMATORIA PROMEDIO (Σ)	101.85	Centímetros (Cm)	1.02	Metros (M)	
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana De La Torre	Bach. Erick Gianpool Orbegoso Durand	Geo. Luis Salazar Gonzáles		
					

Geo. Luis Salazar Gonzáles  
RTM AACHEN - ALEMANIA  
Pb 266/06 75 8 1300 - 132



FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 3.3				FECHA	08/11/2022	
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DÍA	Martes	
UBICACIÓN				HORA	1:50 p. m.	
Vía nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 3						
COORDENADAS	U:	17N07677651	UTM:	9123369	H:	2578
<b>ABERTURA - RMR 3</b>						
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.			<b>DESCRIPCIÓN</b>			
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 30 centímetros (Cm).			Distancia perpendicular que separa las			
LONGITUD DE MUESTRA: 30 centímetros (Cm).			paredes de la discontinuidad del macizo			
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso, presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada.			rocoso. Las mediciones se hicieron con una regla graduada en milímetros. Se tomaron 10 datos y se promedia, para obtener un solo valor en el diseño.			
TOMA DE PUNTO I	0.04	Milímetros (MM)				
TOMA DE PUNTO II	0.07	Milímetros (MM)				
TOMA DE PUNTO III	0.14	Milímetros (MM)				
TOMA DE PUNTO IV	0.06	Milímetros (MM)				
TOMA DE PUNTO V	0.31	Milímetros (MM)				
TOMA DE PUNTO VI	0.08	Milímetros (MM)				
TOMA DE PUNTO VII	0.02	Milímetros (MM)				
TOMA DE PUNTO VIII	0.06	Milímetros (MM)				
TOMA DE PUNTO IX	0.06	Milímetros (MM)				
TOMA DE PUNTO X	0.05	Milímetros (MM)				
SUMATORIA PROMEDIO (Σ)	0.09	Milímetros (MM)				
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana De La Torre	Bach. Erick Gianpool Orbegoso Durand	Geo. Luis Salazar Gonzáles			
						

Geo. Luis Salazar Gonzáles  
RTM ACHEN - ALEMARIA

FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 3.4				FECHA	08/11/2022	
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DÍA	Martes	
UBICACIÓN				HORA	2:05 p. m.	
Vía nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 3						
COORDENADAS	U:	17N07677651	UTM:	9123369	H:	2578
<b>RUGOSIDAD - RMR 3</b>						
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.			<b>DESCRIPCIÓN</b>			
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 30 centímetros (Cm).			Es la extensión en la superficie de las juntas en el macizo rocoso.			
LONGITUD DE MUESTRA: 30 centímetros (Cm).			Las mediciones se hicieron con wincha, se tomaron 10 datos y se toma el mayor valor (Ante un valor igual, se toma el más desfavorable), para obtener un solo valor en el diseño.			
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso, presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada.						
TOMA DE PUNTO I	ONDULADO					
TOMA DE PUNTO II	RUGOSO					
TOMA DE PUNTO III	MUY RUGOSO	<b>ACUMULADO</b>				
TOMA DE PUNTO IV	ONDULADO	Muy Rugoso	10%			
TOMA DE PUNTO V	ONDULADO	Rugoso	30%			
TOMA DE PUNTO VI	ONDULADO	Ondulado	50%			
TOMA DE PUNTO VII	ONDULADO	Suave	10%			
TOMA DE PUNTO VIII	SUAVE					
TOMA DE PUNTO IX	RUGOSO					
TOMA DE PUNTO X	RUGOSO					
VALOR MAYOR	Ondulado					
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana De La Torre	Bach. Erick Gianpool Orbegoso Durand	Geo. Luis Salazar Gonzáles			
						

Geo. Luis Salazar Gonzáles  
RTM ACHEN - ALEMARIA  
Pb 240 96 759 1306 - 132

FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 3.5				FECHA	08/11/2022
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TUNEL MEDIANTE EL METODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DIA	Martes
				HORA	2:20 p. m.
UBICACION	Via nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 3				
COORDENADAS	U:	17N07677651	UTM:	9123369	H: 2578
RELLENO - RMR 3					
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.			DESCRIPCIÓN		
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 30 centímetros (Cm).			Ante la alteración del macizo rocoso, este está expuesto a contener un relleno.		
LONGITUD DE MUESTRA: 30 centímetros (Cm).			Las mediciones se hicieron con una regla graduada en milímetros. Se tomaron 10 datos y se toma valor mayor, para obtener un solo valor en el diseño.		
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso, presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada.					
TOMA DE PUNTO I	Ninguno		<p><b>RELLENO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>80% Relleno Suave &lt; 5MM</li> <li>20% Ninguno</li> </ul>		
TOMA DE PUNTO II	Relleno Suave < 5 MM				
TOMA DE PUNTO III	Relleno Suave < 5 MM				
TOMA DE PUNTO IV	Ninguno				
TOMA DE PUNTO V	Relleno Suave < 5 MM				
TOMA DE PUNTO VI	Relleno Suave < 5 MM				
TOMA DE PUNTO VII	Relleno Suave < 5 MM				
TOMA DE PUNTO VIII	Relleno Suave < 5 MM				
TOMA DE PUNTO IX	Relleno Suave < 5 MM				
TOMA DE PUNTO X	Relleno Suave < 5 MM				
VALOR MAYOR			Relleno Suave < 5 MM		
FIRMAS			Bach. Cristian André Chipana De La Torre	Bach. Erick Gianpool Orbegoso Durand	Geo. Luis Salazar Gonzáles

FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 3.6				FECHA	08/11/2022
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TUNEL MEDIANTE EL METODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DIA	Martes
				HORA	2:35 p. m.
UBICACION	Via nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 3				
COORDENADAS	U:	17N07677651	UTM:	9123369	H: 2578
ALTERACION - RMR 3					
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.			DESCRIPCIÓN		
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 30 centímetros (Cm).			La alteración es la visualización de la superficie en el afloramiento del macizo rocoso en estudio.		
LONGITUD DE MUESTRA: 30 centímetros (Cm).			Se tomaron 10 datos del afloramiento rocoso y se toma valor mayor, para obtener un solo valor en el diseño.		
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso, presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada.					
TOMA DE PUNTO I	M. Alterada		<p><b>ALTERACIÓN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>80% Ligeramente Alterada</li> <li>20% Moderadamente Alterada</li> </ul>		
TOMA DE PUNTO II	M. Alterada				
TOMA DE PUNTO III	L. Alterada				
TOMA DE PUNTO IV	L. Alterada				
TOMA DE PUNTO V	L. Alterada				
TOMA DE PUNTO VI	L. Alterada				
TOMA DE PUNTO VII	L. Alterada				
TOMA DE PUNTO VIII	L. Alterada				
TOMA DE PUNTO IX	L. Alterada				
TOMA DE PUNTO X	L. Alterada				
VALOR MAYOR			Ligeramente Alterada		
FIRMAS			Bach. Cristian André Chipana	Bach. Erick Gianpool Orbegoso	Geo. Luis Salazar Gonzáles

Geo. Luis Salazar Gonzáles  
 RTH AACHEN - ALEMANIA  
 Ph 280 05 75 0 1386 - 132




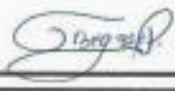
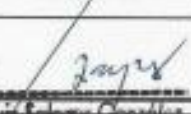


FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 3.7				FECHA	08/11/2022
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TUNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DÍA	Martes
				HORA	2:50 p. m.
UBICACION	Vía nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 3				
COORDENADAS	U:	17N07677651	UTM:	9123369	H: 2578
PUNTOS DIPS - DIRECCION DE DIPS - RMR 3					
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.			DESCRIPCIÓN		
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 30 centímetros (Cm).			Se observa que el macizo rocoso, no cuenta con presencia de vegetación a su alrededor.		
LONGITUD DE MUESTRA: 30 centímetros (Cm).			Por otro lado, no se observa presencia de acuíferos cercanos a la zona de estudio, ni en las direcciones nor este - nor oeste.		
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso, presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada.			Por tal motivo, se descarta que contenga agua en su interior o una red de flujo a una determinada profundidad. Es por ello, que se considera la zona ligeramente húmeda.		
			Por lo que no se puede descartar lluvias.		
TOMA DE PUNTO I					
TOMA DE PUNTO II					
TOMA DE PUNTO III					
TOMA DE PUNTO IV					
TOMA DE PUNTO V					
TOMA DE PUNTO VI					
TOMA DE PUNTO VII					
TOMA DE PUNTO VIII					
TOMA DE PUNTO IX					
TOMA DE PUNTO X					
VALOR GENERAL	Ligeramente Húmedo				
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana	Bach. Erick Gianpool Orbegoso	Geo. Luis Salazar Gonzáles		


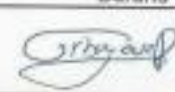

Geo. Luis Salazar Gonzáles  
RTH AACHEN - ALEMANIA

FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 3.8				FECHA	08/11/2022
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TUNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DÍA	Martes
				HORA	2:52 p. m.
UBICACION	Vía nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 3				
COORDENADAS	U:	17N07677651	UTM:	9123369	H: 2578
PUNTOS DIPS - DIRECCION DE DIPS - RMR 3					
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.			DESCRIPCIÓN		
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 30 centímetros (Cm).			Se tomaron 10 datos y se ingresaron al Software Dip, al ejecutar cada dip, tomamos el valor promedio, para determinar la dirección. Los puntos dip son para realizar el análisis computacional de la geomecánica.		
LONGITUD DE MUESTRA: 30 centímetros (Cm).					
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso, presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada.					
	DIP	DIRECCIÓN DIP	DIP + 90	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TUNEL	
TOMA DE PUNTO I	75	260	165	A FAVOR DEL BUZAMIENTO	
TOMA DE PUNTO II	85	190	175	A FAVOR DEL BUZAMIENTO	
TOMA DE PUNTO III	70	190	160	A FAVOR DEL BUZAMIENTO	
TOMA DE PUNTO IV	90	100	180	A FAVOR DEL BUZAMIENTO	
TOMA DE PUNTO V	80	190	170	A FAVOR DEL BUZAMIENTO	
TOMA DE PUNTO VI	70	100	160	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO	
TOMA DE PUNTO VII	90	80	180	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO	
TOMA DE PUNTO VIII	90	310	180	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO	
TOMA DE PUNTO IX	90	110	180	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO	
TOMA DE PUNTO X	90	20	180	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO	
PROMEDIO (°)	83	155	173	A FAVOR DEL BUZAMIENTO	
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana De La Torre	Bach. Erick Gianpool Orbegoso Durand	Geo. Luis Salazar Gonzáles		


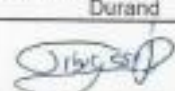
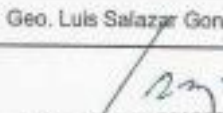
Geo. Luis Salazar Gonzáles  
RTH AACHEN - ALEMANIA  
Pb 260 06 75 9 1380 - 132

FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 4		FECHA	08/11/2022				
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO		DÍA	Martes				
		HORA	3:05 p. m.				
UBICACION	Via nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 4						
COORDENADAS	U: 17N0767597	UTM: 8123418	H: 2565				
<b>DESCRIPCIÓN DE ROCA PERFORADA - MACIZO ROCOSO</b>							
<b>TIPO DE ROCA:</b> Roca Ignea Volcánica Andesítica. <b>LONGITUD DE PERFORACIÓN:</b> 35 centímetros (Cm). <b>LONGITUD DE MUESTRA:</b> 34.3 centímetros (Cm). <b>ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO:</b> El macizo rocoso, presenta un estado húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada. Sin embargo, la presencia de vegetación, indica presencia de una cierta cantidad de humedad.							
<b>AFLORAMIENTO</b> Macizo rocoso, expuesto al intemperismo. Formado por una erupción volcánica (Volcán Urpillao), la lava andesítica solidificada es de color gris verdoso oscuro, con meteorización en el color pardo oscuro, con cristalizaciones blanquecinas. Presenta una rugosidad visible y una persistencia baja. Mineralógicamente, contiene feldespatos blancos y verdosos, con una composición de silicio, magnesio, calcio, entre otros elementos. También es visible una granulación media a fina.							
<b>EXTRACCIÓN DE MUESTRA (DIAMANTINA DE ROCA)</b> <b>LONGITUD DE MUESTRA SANA:</b> 21.5 centímetros (Cm). Diamantina de forma cilíndrica, muestra extraída con presencia de óxido entre los feldespatos, con matriz microcristalina compacta.							
<b>COMPUESTOS MINERALÓGICOS - QUÍMICOS</b> <table border="1"> <tr> <td>Hierro (Fe)</td> <td>Magnesio (Mg)</td> <td>Oxígeno (O)</td> </tr> <tr> <td>Sílice (Si)</td> <td>Calcio (Ca)</td> <td></td> </tr> </table>				Hierro (Fe)	Magnesio (Mg)	Oxígeno (O)	Sílice (Si)
Hierro (Fe)	Magnesio (Mg)	Oxígeno (O)					
Sílice (Si)	Calcio (Ca)						
<b>ESTRUCTURA:</b> Isotrópica en roca sana y anisotrópica en el afloramiento. <b>TEXTURA:</b> Denominación porfirítico, a causa de que los porfiroideos. <b>TEXTURA DE MATRIZ:</b> Cristalización afanítica, identificación con lupa, debido a no ser perceptible a simple vista.		<b>MUESTRA - DIAMANTINA N° 4</b>					
<b>RASGOS DE AFLORAMIENTO DEL MACIZO ROCOSO EN EL RMR 4</b>							
<b>GEOFORMA:</b>	Colina, con un menor tamaño que una montaña.						
<b>COLOR:</b>	Gris Verdoso Oscuro						
<b>ESTRUCTURA SANA:</b>	ANISÓTROPO		ISÓTROPO X				
<b>ESTRUCTURA METEORIZADA:</b>	ANISÓTROPO	X	ISÓTROPO				
<b>TIPO DE METEORIZACIÓN</b>	INALTERADA		MUY ALTERADA				
	LIGERAMENTE ALTERADA	X	DESCOMPUESTA				
	MODERADAMENTE ALTERADA	X	OBSERVACIÓN				
<b>OBSERVACIÓN:</b> En la superficie del macizo rocoso, se observa una anisotropía tectónica al noreste, debido al intemperismo expuesto. Por otro lado, con isotropía en la parte interior de la roca sana.							
<b>REALIZADO:</b>	Bach. C. André Chipana De La Torre Bach. Erick G. Orbegoso Durand						
<b>SUPERVISADO:</b>	Geo. Luis Salazar Gonzáles						
<b>FECHA:</b>	Marte, 8 de Noviembre del 2022	<b>HORA:</b>	03:05				
<b>FIRMAS</b>	Bach. C. André Chipana De La Torre	Bach. Erick G. Orbegoso Durand	Geo. Luis Salazar Gonzáles				
							
Geo. Luis Salazar Gonzáles RTH AACHEN - ALEMANIA Pb 260 95 75 9 1390 - 132							


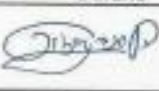
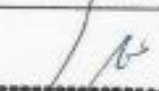


FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 4.1				FECHA	08/11/2022
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TUNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DÍA	Martes
				HORA	3:20 p. m.
UBICACION	Vía nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 4				
COORDENADAS	U:	17N0767597	UTM:	9123418	H: 2565
SEPARACION DE DISCONTINUIDADES - RMR 4					
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.			DESCRIPCIÓN		
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 35 centímetros (Cm).			Distancia media perpendicular entre los planos de discontinuidades del macizo rocoso. Las mediciones se hicieron con wincha, se tomaron 10 datos y se promedia para obtener un solo valor en el diseño.		
LONGITUD DE MUESTRA: 34.3 centímetros (Cm).					
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso, presenta un estado húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada. Sin embargo, la presencia de vegetación, indica presencia de una cierta cantidad de humedad.					
TOMA DE PUNTO I	50.40	Centímetros (Cm)	0.504	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO II	52.50	Centímetros (Cm)	0.525	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO III	56.80	Centímetros (Cm)	0.568	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO IV	75.20	Centímetros (Cm)	0.752	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO V	73.90	Centímetros (Cm)	0.739	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO VI	56.20	Centímetros (Cm)	0.562	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO VII	55.80	Centímetros (Cm)	0.558	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO VIII	65.40	Centímetros (Cm)	0.654	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO IX	45.90	Centímetros (Cm)	0.459	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO X	88.70	Centímetros (Cm)	0.887	Metros (M)	
SUMATORIA PROMEDIO (Σ)	62.08	Centímetros (Cm)	0.62	Metros (M)	
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana De La Torre	Bach. Erick Gianpool Orbegoso Durand		Geo. Luis Salazar Gonzáles	
					




Geo. Luis Salazar Gonzáles  
RTM AACHEN - ALEMANIA

FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 4.2				FECHA	08/11/2022
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TUNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DÍA	Martes
				HORA	3:35 p. m.
UBICACION	Vía nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 4				
COORDENADAS	U:	17N0767597	UTM:	9123418	H: 2565
PERSISTENCIA - RMR 4					
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.			DESCRIPCIÓN		
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 35 centímetros (Cm).			Es la extensión en la superficie de las juntas en el macizo rocoso.		
LONGITUD DE MUESTRA: 34.3 centímetros (Cm).					
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso, presenta un estado húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada. Sin embargo, la presencia de vegetación, indica presencia de una cierta cantidad de humedad.					
TOMA DE PUNTO I	45.10	Centímetros (Cm)	0.451	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO II	20.30	Centímetros (Cm)	0.203	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO III	34.50	Centímetros (Cm)	0.345	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO IV	42.10	Centímetros (Cm)	0.421	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO V	35.10	Centímetros (Cm)	0.351	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO VI	36.20	Centímetros (Cm)	0.362	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO VII	32.80	Centímetros (Cm)	0.328	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO VIII	27.30	Centímetros (Cm)	0.273	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO IX	24.10	Centímetros (Cm)	0.241	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO X	30.10	Centímetros (Cm)	0.301	Metros (M)	
SUMATORIA PROMEDIO (Σ)	32.76	Centímetros (Cm)	0.33	Metros (M)	
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana De La Torre	Bach. Erick Gianpool Orbegoso Durand		Geo. Luis Salazar Gonzáles	
					

Geo. Luis Salazar Gonzáles  
RTM AACHEN - ALEMANIA  
Ph 280 86.75 0 1300 - 132

FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 4.3				FECHA	08/11/2022	
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DÍA	Martes	
UBICACIÓN				HORA	3:50 p. m.	
Vía nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 4						
COORDENADAS	U:	17N0767597	UTM:	9123418	H:	2565
ABERTURA - RMR 4						
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.			DESCRIPCIÓN			
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 35 centímetros (Cm).			Distancia perpendicular que separa las			
LONGITUD DE MUESTRA: 34.3 centímetros (Cm).			paredes de la discontinuidad del macizo			
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso, presenta un estado húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada. Sin embargo, la presencia de vegetación, indica presencia de una cierta cantidad de humedad.			rocoso. Las mediciones se hicieron con una regla graduada en milímetros. Se tomaron 10 datos y se promedia, para obtener un solo valor en el diseño.			
TOMA DE PUNTO I	0.3	Milímetros (MM)				
TOMA DE PUNTO II	0.03	Milímetros (MM)				
TOMA DE PUNTO III	0.05	Milímetros (MM)				
TOMA DE PUNTO IV	0.05	Milímetros (MM)				
TOMA DE PUNTO V	0.2	Milímetros (MM)				
TOMA DE PUNTO VI	0.03	Milímetros (MM)				
TOMA DE PUNTO VII	0.03	Milímetros (MM)				
TOMA DE PUNTO VIII	0.01	Milímetros (MM)				
TOMA DE PUNTO IX	0.01	Milímetros (MM)				
TOMA DE PUNTO X	0.05	Milímetros (MM)				
SUMATORIA PROMEDIO (Σ)	0.08	Milímetros (MM)				
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana De La Torre	Bach. Erick Gianpool Orbegoso Durand	Geo. Luis Salazar Gonzáles			
						

Geo. Luis Salazar Gonzáles  
RTM AACHEN - ALEMANIA

FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 4.4				FECHA	08/11/2022	
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DÍA	Martes	
UBICACIÓN				HORA	4:05 p. m.	
Vía nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 4						
COORDENADAS	U:	17N0767597	UTM:	9123418	H:	2565
RUGOSIDAD - RMR 4						
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.			DESCRIPCIÓN			
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 35 centímetros (Cm).			Es la extensión en la superficie de las juntas en el macizo rocoso.			
LONGITUD DE MUESTRA: 34.3 centímetros (Cm).			Las mediciones se hicieron con wincha, se tomaron 10 datos y se toma el mayor valor (Ante un valor igual, se toma el más desfavorable), para obtener un solo valor en el diseño.			
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso, presenta un estado húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada. Sin embargo, la presencia de vegetación, indica presencia de una cierta cantidad de humedad.						
TOMA DE PUNTO I	RUGOSO					
TOMA DE PUNTO II	RUGOSO					
TOMA DE PUNTO III	ONDULADO	ACUMULADO				
TOMA DE PUNTO IV	RUGOSO	Muy Rugoso	40%			
TOMA DE PUNTO V	RUGOSO	Rugoso	40%			
TOMA DE PUNTO VI	MUY RUGOSO	Ondulado	20%			
TOMA DE PUNTO VII	ONDULADO					
TOMA DE PUNTO VIII	MUY RUGOSO	Al tener valores iguales, se toma				
TOMA DE PUNTO IX	MUY RUGOSO	el valor de diseño geotécnico				
TOMA DE PUNTO X	MUY RUGOSO	más desfavorable.				
VALOR MAYOR	Rugoso					
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana De La Torre	Bach. Erick Gianpool Orbegoso Durand	Geo. Luis Salazar Gonzáles			
						

Geo. Luis Salazar Gonzáles  
RTM AACHEN - ALEMANIA  
Ph 280 86 75 9 1380 - 132



FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 4.5				FECHA	08/11/2022
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TUNEL MEDIANTE EL METODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO				DIA	Martes
				HORA	4:20 p. m.
UBICACION	Via nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 4				
COORDENADAS	U:	17N0767597	UTM:	9123418	H: 2565
RELLENO - RMR 4					
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.			DESCRIPCIÓN		
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 35 centímetros (Cm).			Ante la alteración del macizo rocoso, este está expuesto a contener un relleno.		
LONGITUD DE MUESTRA: 34.3 centímetros (Cm).					
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso, presenta un estado húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada. Sin embargo, la presencia de vegetación, indica presencia de una cierta cantidad de humedad.			Las mediciones se hicieron con una regla graduada en milímetros. Se tomaron 10 datos y se toma valor mayor, para obtener un solo valor en el diseño.		
TOMA DE PUNTO I	Relleno Suave < 5 MM		<p><b>RELLENO</b></p> <p>100%</p> <p>■ Relleno Suave &lt; 5MM</p>		
TOMA DE PUNTO II	Relleno Suave < 5 MM				
TOMA DE PUNTO III	Relleno Suave < 5 MM				
TOMA DE PUNTO IV	Relleno Suave < 5 MM				
TOMA DE PUNTO V	Relleno Suave < 5 MM				
TOMA DE PUNTO VI	Relleno Suave < 5 MM				
TOMA DE PUNTO VII	Relleno Suave < 5 MM				
TOMA DE PUNTO VIII	Relleno Suave < 5 MM				
TOMA DE PUNTO IX	Relleno Suave < 5 MM				
TOMA DE PUNTO X	Relleno Suave < 5 MM				
VALOR MAYOR	Relleno Suave < 5 MM				
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipans De La Torre		Bach. Erick Gianpool Orbegoso Durand		Geo. Luis Salazar Gonzáles

Geo. Luis Salazar González

RTM AACHEN - ALEMANIA



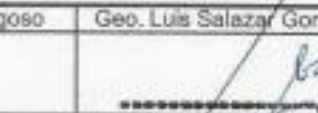
Pb 290 05 75 0 1380 - 132

FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 4.6				FECHA	08/11/2022
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TUNEL MEDIANTE EL METODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO				DIA	Martes
				HORA	4:35 p. m.
UBICACION	Via nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 4				
COORDENADAS	U:	17N0767597	UTM:	9123418	H: 2565
ALTERACION - RMR 4					
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.			DESCRIPCIÓN		
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 35 centímetros (Cm).			La alteración es la visualización de la superficie en el afloramiento del macizo rocoso en estudio.		
LONGITUD DE MUESTRA: 34.3 centímetros (Cm).					
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso, presenta un estado húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada. Sin embargo, la presencia de vegetación, indica presencia de una cierta cantidad de humedad.			Se tomaron 10 datos del afloramiento rocoso y se toma valor mayor, para obtener un solo valor en el diseño.		
TOMA DE PUNTO I	L. Alterada		<p><b>ALTERACIÓN</b></p> <p>80%</p> <p>20%</p> <p>■ Ligeramente Alterada</p> <p>■ Moderadamente Alterada</p>		
TOMA DE PUNTO II	L. Alterada				
TOMA DE PUNTO III	L. Alterada				
TOMA DE PUNTO IV	L. Alterada				
TOMA DE PUNTO V	L. Alterada				
TOMA DE PUNTO VI	M. Alterada				
TOMA DE PUNTO VII	M. Alterada				
TOMA DE PUNTO VIII	L. Alterada				
TOMA DE PUNTO IX	L. Alterada				
TOMA DE PUNTO X	L. Alterada				
VALOR MAYOR	Ligeramente Alterada				
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipans		Bach. Erick Gianpool Orbegoso		Geo. Luis Salazar Gonzáles


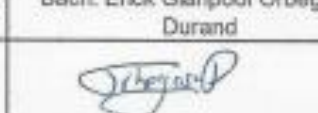

Geo. Luis Salazar González

RTM AACHEN - ALEMANIA

Pb 290 05 75 0 1380 - 132




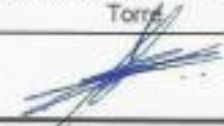
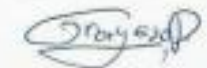
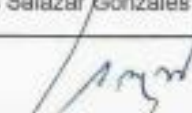
FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 4.7				FECHA	08/11/2022
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TUNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DÍA	Martes
				HORA	4:50 p. m.
UBICACION	Vía nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 4				
COORDENADAS	U:	17N0767597	UTM:	9123418	H: 2565
PUNTOS DIPS - DIRECCIÓN DE DIPS - RMR 4					
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.	DESCRIPCIÓN				
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 35 centímetros (Cm).	Se observa que el macizo rocoso, cuenta con presencia de vegetación a su alrededor.				
LONGITUD DE MUESTRA: 34.3 centímetros (Cm).	Por otro lado, no se observa presencia de acuíferos cercanos a la zona de estudio, ni en las direcciones nor este - nor oeste.				
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso, presenta un estado húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada. Sin embargo, la presencia de vegetación, indica presencia de una cierta cantidad de humedad.	Por tal motivo, se descarta que contenga agua en su interior o una red de flujo a una determinada profundidad. Sin embargo, es de considerar que la zona es húmeda, por la presencia de vegetación causada por las lluvias eventuales. Por lo que no se puede descartar que presente una humedad.				
TOMA DE PUNTO I					
TOMA DE PUNTO II					
TOMA DE PUNTO III					
TOMA DE PUNTO IV					
TOMA DE PUNTO V					
TOMA DE PUNTO VI					
TOMA DE PUNTO VII					
TOMA DE PUNTO VIII					
TOMA DE PUNTO IX					
TOMA DE PUNTO X					
VALOR GENERAL	Húmedo				
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana	Bach. Erick Gianpool Orbegoso	Geo. Luis Salazar Gonzáles		
					

Geo. Luis Salazar Gonzáles  
RTN/AACHEN - ALEMANIA

FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 4.8				FECHA	08/11/2022
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TUNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DÍA	Martes
				HORA	4:52 p. m.
UBICACION	Vía nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 4				
COORDENADAS	U:	17N0767597	UTM:	9123418	H: 2565
PUNTOS DIPS - DIRECCIÓN DE DIPS - RMR 4					
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.	DESCRIPCIÓN				
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 35 centímetros (Cm).	Se tomaron 10 datos y se ingresaron al Software Dip, al ejecutar cada dip, tomamos el valor promedio, para determinar la dirección. Los puntos dip son para realizar el análisis computacional de la geomecánica.				
LONGITUD DE MUESTRA: 34.3 centímetros (Cm).					
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso, presenta un estado húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada. Sin embargo, la presencia de vegetación, indica presencia de una cierta cantidad de humedad.					
	DIP	DIRECCIÓN DIP	DIP + 90	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TUNEL	
TOMA DE PUNTO I	90	95	180	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO	
TOMA DE PUNTO II	90	90	180	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO	
TOMA DE PUNTO III	40	190	130	A FAVOR DEL BUZAMIENTO	
TOMA DE PUNTO IV	60	330	150	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO	
TOMA DE PUNTO V	50	350	140	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO	
TOMA DE PUNTO VI	28	175	126	A FAVOR DEL BUZAMIENTO	
TOMA DE PUNTO VII	90	270	180	A FAVOR DEL BUZAMIENTO	
TOMA DE PUNTO VIII	10	0	100	EN CONTRA DEL BUZAMIENTO	
TOMA DE PUNTO IX	25	190	115	A FAVOR DEL BUZAMIENTO	
TOMA DE PUNTO X	60	275	150	A FAVOR DEL BUZAMIENTO	
PROMEDIO (Σ)	55	197	145	A FAVOR DEL BUZAMIENTO	
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana De La Torre	Bach. Erick Gianpool Orbegoso Durand	Geo. Luis Salazar Gonzáles		
					


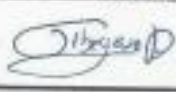
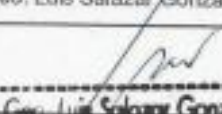
Geo. Luis Salazar Gonzáles  
RTN/AACHEN - ALEMANIA  
Pb 280-85 75 0 1300 - 132



FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 5				FECHA	09/11/2022	
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DÍA	Miercoles	
				HORA	8:00 a. m.	
UBICACION	Vía nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 5					
COORDENADAS	U:	17N0767557	UTM:	9123445	H:	2565
DESCRIPCIÓN DE ROCA PERFORADA - MACIZO ROCOSO						
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.						
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 35 centímetros (Cm).						
LONGITUD DE MUESTRA: 34.7 centímetros (Cm).						
ESTADO GENRAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso, presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada.						
AFLORAMIENTO						
Macizo rocoso, expuesto al intemperismo. Formado por una erupción volcánica (Volcán Urpilla), la lava andesítica solidificada es de color gris verdoso oscuro, con meteorización en el color pardo oscuro, con cristalizaciones blanquecinas. Presenta una rugosidad visible y una persistencia baja. Mineralógicamente, contiene feldespatos blancos y verdosos, con una composición de silicio, magnesio, calcio, entre otros elementos. También es visible una granulación media a fina.						
EXTRACCIÓN DE MUESTRA (DIAMANTINA DE ROCA)			AFLORAMIENTO DEL MACIZO ROCOSO			
LONGITUD DE MUESTRA SANA : La muestra, no supera los 10 centímetros (Cm). Es por ello, el RQD es del 15%.						
Diamantina de forma cilíndrica, muestra extraída con presencia de óxido entre los feldespatos, con matriz microcristalina compacta.						
COMPUESTOS MINERALÓGICOS - QUÍMICOS						
Hierro (Fe)	Magnesio (Mg)	Oxígeno (O)				
Silice (Si)	Calcio (Ca)					
						
ESTRUCTURA: Isotrópica en roca sana y anisotrópica en el afloramiento.			MUESTRA - DIAMANTINA N° 5			
TEXTURA: Denominación porfirítico, a causa de que los porfiroides						
TEXTURA DE MATRIZ: Cristalización afanítica, identificación con lupa, debido a no ser perceptible a simple vista.						
RASGOS DE AFLORAMIENTO DEL MACIZO ROCOSO EN EL RMR 5						
GEOFORMA:	Colina, con un menor tamaño que una montaña.					
COLOR:	Gris Verdoso Oscuro					
ESTRUCTURA SANA:	ANISÓTROPO		ISÓTROPO	X		
ESTRUCTURA METEORIZADA:	ANISÓTROPO	X	ISÓTROPO			
TIPO DE METEORIZACIÓN	INALTERADA		MUY ALTERADA			
	LIGERAMENTE ALTERADA	X	DESCOMPUESTA			
	MODERADAMENTE ALTERADA	X	OBSERVACIÓN			
OBSERVACIÓN: En la superficie del macizo rocoso, se observa una anisotropía tectónica al noreste, debido al intemperismo expuesto. Por otro lado, con isotropía en la parte interior de la roca sana.						
REALIZADO :	Bach. C. André Chipana De La Torre Bach. Erick G. Orbegoso Durand					
SUPERVISADO:	Geo. Luis Salazar Gonzáles					
FECHA:	Miercoles, 9 de Noviembre del 2022			HORA:	08:00	
FIRMAS	Bach. C. André Chipana De La Torre	Bach. Erick G. Orbegoso Durand	Geo. Luis Salazar Gonzáles			
						



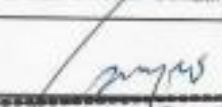
Geo. Luis Salazar Gonzáles  
 RTH AACHEN - ALEMANIA  
 Pb 280 05 75 0 1300 - 132



FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 5.1				FECHA	09/11/2022
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DÍA	Miércoles
				HORA	8:20 a. m.
UBICACION	Via nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 5				
COORDENADAS	U:	17N0767557	UTM:	9123445	H: 2585
SEPARACION DE DISCONTINUIDADES - RMR 5					
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.			DESCRIPCIÓN		
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 35 centímetros (Cm).			Distancia media perpendicular entre los planos de discontinuidades del macizo		
LONGITUD DE MUESTRA: 34.7 centímetros (Cm).			rocoso. Las mediciones se hicieron con		
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso, presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada.			wincha, se tomaron 10 datos y se promedia para obtener un solo valor en el diseño.		
TOMA DE PUNTO I	25.40	Centímetros (Cm)	0.254	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO II	35.60	Centímetros (Cm)	0.356	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO III	28.70	Centímetros (Cm)	0.287	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO IV	32.10	Centímetros (Cm)	0.321	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO V	36.50	Centímetros (Cm)	0.365	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO VI	41.20	Centímetros (Cm)	0.412	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO VII	37.80	Centímetros (Cm)	0.378	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO VIII	34.90	Centímetros (Cm)	0.349	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO IX	40.80	Centímetros (Cm)	0.408	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO X	43.70	Centímetros (Cm)	0.437	Metros (M)	
SUMATORIA PROMEDIO (Σ)	35.67	Centímetros (Cm)	0.36	Metros (M)	
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana De La Torre		Bach. Erick Gianpool Orbegoso Durand		Geo. Luis Salazar Gonzáles
					

RTH ANCHEN - ALEMANIA

Ph 280 95 75 0 1300 - 132



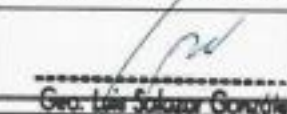
FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 5.2				FECHA	09/11/2022
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO				DÍA	Miércoles
				HORA	8:35 a. m.
UBICACION	Via nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 5				
COORDENADAS	U:	17N0767557	UTM:	9123445	H: 2585
PERSISTENCIA - RMR 5					
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.			DESCRIPCIÓN		
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 35 centímetros (Cm).			Es la extensión en la superficie de las juntas en el macizo rocoso.		
LONGITUD DE MUESTRA: 34.7 centímetros (Cm).			Las mediciones se hicieron con		
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso, presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada.			wincha, se tomaron 10 datos y se promedia para obtener un solo valor en el diseño.		
TOMA DE PUNTO I	25.10	Centímetros (Cm)	0.251	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO II	20.40	Centímetros (Cm)	0.204	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO III	32.40	Centímetros (Cm)	0.324	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO IV	22.40	Centímetros (Cm)	0.224	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO V	21.80	Centímetros (Cm)	0.218	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO VI	20.90	Centímetros (Cm)	0.209	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO VII	22.40	Centímetros (Cm)	0.224	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO VIII	26.70	Centímetros (Cm)	0.267	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO IX	34.20	Centímetros (Cm)	0.342	Metros (M)	
TOMA DE PUNTO X	26.80	Centímetros (Cm)	0.268	Metros (M)	
SUMATORIA PROMEDIO (Σ)	25.31	Centímetros (Cm)	0.25	Metros (M)	
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana De La Torre		Bach. Erick Gianpool Orbegoso Durand		Geo. Luis Salazar Gonzáles
					

Geo. Luis Salazar Gonzáles

RTH ANCHEN - ALEMANIA

Ph 280 95 75 0 1300 - 132


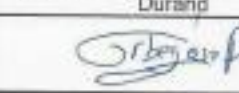
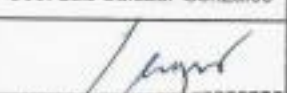


FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 8.3				FECHA	09/11/2022
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO				DÍA	Miércoles
UBICACIÓN				HORA	8:50 a. m.
Via nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 5					
COORDENADAS	U:	17N0767557	UTM:	9123445	H: 2565
ABERTURA - RMR 5					
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.			DESCRIPCIÓN		
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 35 centímetros (Cm).			Distancia perpendicular que separa las		
LONGITUD DE MUESTRA: 34.7 centímetros (Cm).			paredes de la discontinuidad del macizo		
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso, presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada.			rocoso. Las mediciones se hicieron con una regla graduada en milímetros. Se tomaron 10 datos y se promedia, para obtener un solo valor en el diseño.		
TOMA DE PUNTO I	0.1	Milímetros (MM)			
TOMA DE PUNTO II	0.05	Milímetros (MM)			
TOMA DE PUNTO III	0.12	Milímetros (MM)			
TOMA DE PUNTO IV	0.11	Milímetros (MM)			
TOMA DE PUNTO V	0.02	Milímetros (MM)			
TOMA DE PUNTO VI	0.06	Milímetros (MM)			
TOMA DE PUNTO VII	0.13	Milímetros (MM)			
TOMA DE PUNTO VIII	0.02	Milímetros (MM)			
TOMA DE PUNTO IX	0.05	Milímetros (MM)			
TOMA DE PUNTO X	0.12	Milímetros (MM)			
SUMATORIA PROMEDIO (Σ)	0.08	Milímetros (MM)			
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana De La Torre	Bach. Erick Gianpool Orbegoso Durand	Geo. Luis Salazar Gonzáles		
					

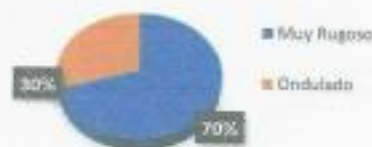
Geo. Luis Salazar Gonzáles

RTH AACHEN - ALEMANIA

Ph 280-05 75 8 1380 - 132

FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 5.4				FECHA	09/11/2022
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO				DÍA	Miércoles
UBICACIÓN				HORA	9:05 a. m.
Via nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 5					
COORDENADAS	U:	17N0767557	UTM:	9123445	H: 2565
RUGOSIDAD - RMR 5					
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.			DESCRIPCIÓN		
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 35 centímetros (Cm).			Es la extensión en la superficie de las juntas en el macizo rocoso.		
LONGITUD DE MUESTRA: 34.7 centímetros (Cm).			Las mediciones se hicieron con wincha, se tomaron 10 datos y se toma el mayor valor (Ante un valor igual, se toma el más desfavorable), para obtener un solo valor en el diseño.		
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso, presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada.					
TOMA DE PUNTO I	ONDULADO				
TOMA DE PUNTO II	MUY RUGOSO				
TOMA DE PUNTO III	MUY RUGOSO	<b>ACUMULADO</b>			
TOMA DE PUNTO IV	ONDULADO	Muy Rugoso	70%		
TOMA DE PUNTO V	MUY RUGOSO	Ondulado	30%		
TOMA DE PUNTO VI	MUY RUGOSO				
TOMA DE PUNTO VII	MUY RUGOSO				
TOMA DE PUNTO VIII	ONDULADO				
TOMA DE PUNTO IX	MUY RUGOSO				
TOMA DE PUNTO X	MUY RUGOSO				
VALOR MAYOR	Muy Rugoso				
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana De La Torre	Bach. Erick Gianpool Orbegoso Durand	Geo. Luis Salazar Gonzáles		
					

## RUGOSIDAD



Geo. Luis Salazar Gonzáles

RTH AACHEN - ALEMANIA

Ph 280-05 75 8 1380 - 132

FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 5.5				FECHA	09/11/2022	
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TUNEL MEDIANTE EL METODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO				DÍA	Miercoles	
				HORA	9:20 a. m.	
UBICACION Via nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 5						
COORDENADAS	U:	17N0767557	UTM:	9123445	H:	2565
<b>RELLENO - RMR 5</b>						
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.			DESCRIPCIÓN			
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 35 centímetros (Cm).			Ante la alteración del macizo rocoso, este está expuesto a contener un relleno.			
LONGITUD DE MUESTRA: 34.7 centímetros (Cm).			Las mediciones se hicieron con una regla graduada en milímetros. Se tomaron 10 datos y se toma valor mayor, para obtener un solo valor en el diseño.			
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso, presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada.						
TOMA DE PUNTO I	Relleno Suave < 5 MM	ACUMULADO		<p><b>RELLENO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Relleno Suave &lt; 5MM</li> <li>■ Ninguno</li> </ul>		
TOMA DE PUNTO II	Ninguno					
TOMA DE PUNTO III	Relleno Suave < 5 MM	Relleno Suave	90%			
TOMA DE PUNTO IV	Relleno Suave < 5 MM	< 5MM				
TOMA DE PUNTO V	Relleno Suave < 5 MM	Ninguno	10%			
TOMA DE PUNTO VI	Relleno Suave < 5 MM					
TOMA DE PUNTO VII	Relleno Suave < 5 MM					
TOMA DE PUNTO VIII	Relleno Suave < 5 MM					
TOMA DE PUNTO IX	Relleno Suave < 5 MM					
TOMA DE PUNTO X	Relleno Suave < 5 MM					
VALOR MAYOR	Relleno Suave < 5 MM					
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana De La Torre	Bach. Erick Gianpool Orbegoso Durand	Geo. Luis Salazar González			

Geo. Luis Salazar González

RTM AACHEN - ALEMANIA

P. 290 05 75 9 1380 - 132

FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 5.6				FECHA	09/11/2022	
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TUNEL MEDIANTE EL METODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO				DÍA	Miercoles	
				HORA	9:35 a. m.	
UBICACION Via nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilómetro 61) - RMR 5						
COORDENADAS	U:	17N0767557	UTM:	9123445	H:	2565
<b>ALTERACION - RMR 5</b>						
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.			DESCRIPCIÓN			
LONGITUD DE PERFORACIÓN : 35 centímetros (Cm).			La alteración es la visualización de la superficie en el afloramiento del macizo rocoso en estudio.			
LONGITUD DE MUESTRA: 34.7 centímetros (Cm).			Se tomaron 10 datos del afloramiento rocoso y se toma valor mayor, para obtener un solo valor en el diseño.			
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso, presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada.						
TOMA DE PUNTO I	L. Alterada	ACUMULADO		<p><b>ALTERACIÓN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ligeramente Alterada</li> </ul>		
TOMA DE PUNTO II	L. Alterada					
TOMA DE PUNTO III	L. Alterada	Ligeramente Alterada	80%			
TOMA DE PUNTO IV	L. Alterada	Alterada				
TOMA DE PUNTO V	L. Alterada					
TOMA DE PUNTO VI	L. Alterada					
TOMA DE PUNTO VII	L. Alterada					
TOMA DE PUNTO VIII	L. Alterada					
TOMA DE PUNTO IX	L. Alterada					
TOMA DE PUNTO X	L. Alterada					
VALOR MAYOR	Ligeramente Alterada					
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana	Bach. Erick Gianpool Orbegoso	Geo. Luis Salazar González			

Geo. Luis Salazar González

RTM AACHEN - ALEMANIA

P. 290 05 75 9 1380 - 132



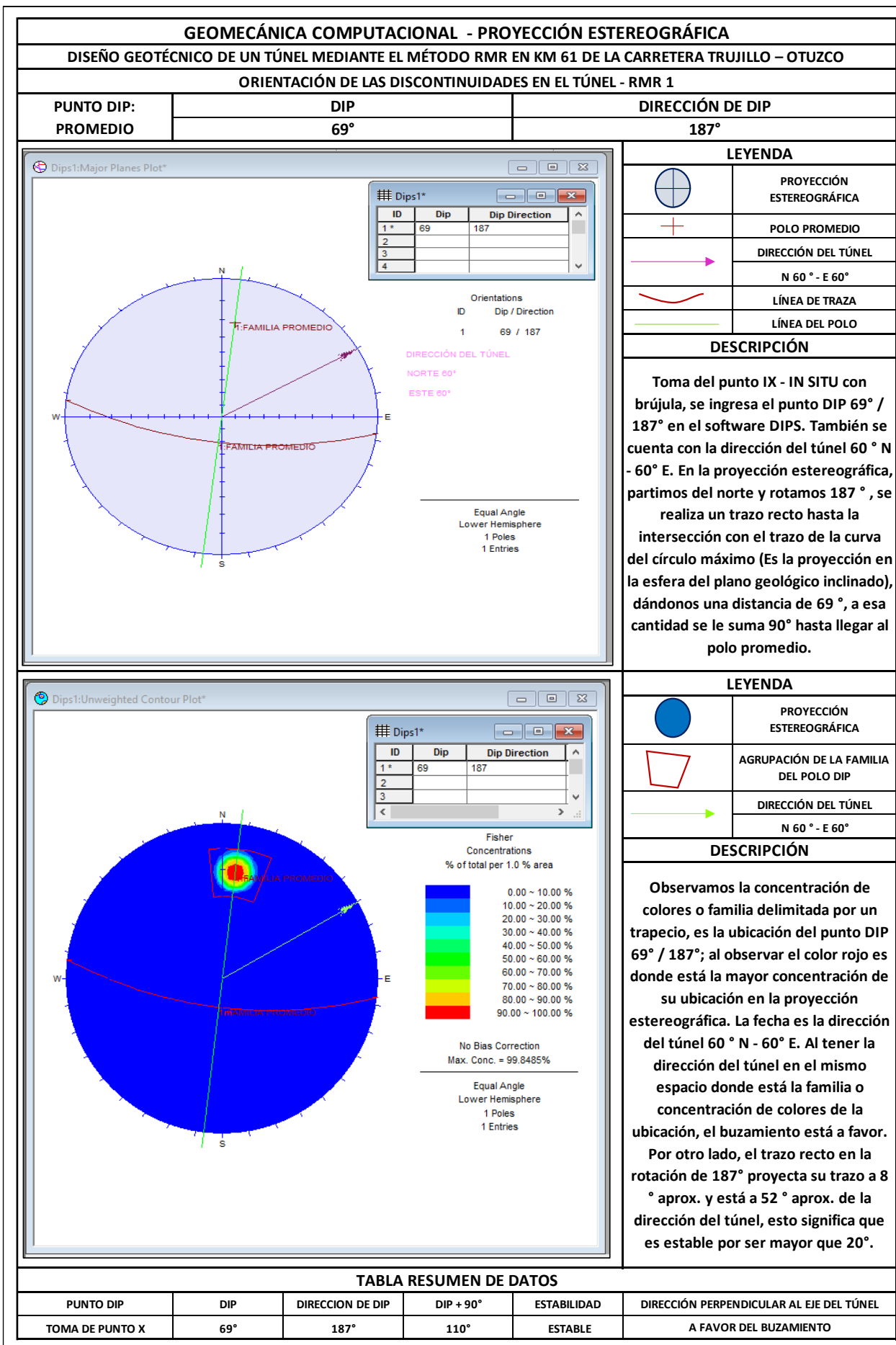
FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 5.7						FECHA	09/11/2022
DISEÑO GEOTECNICO DE UN TUNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO						DÍA	Miércoles
						HORA	9:50 a. m.
UBICACION	Via nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilometro 61) - RMR 5						
COORDENADAS	U:	17N0767557	UTM:	9123445	H:	2565	
PUNTOS DIPS - DIRECCION DE DIPS - RMR 5							
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.				DESCRIPCION			
LONGITUD DE PERFORACION : 35 centímetros (Cm).				Se observa que el macizo rocoso, no cuenta con presencia de vegetación a su alrededor. Por otro lado, no se observa presencia de acuíferos cercanos a la zona de estudio, ni en las direcciones nor este - nor oeste. Por tal motivo, se descarta que contenga agua en su interior o una red de flujo a una determinada profundidad. Es por ello, que se considera la zona ligeramente húmeda. Por lo que no se puede descartar lluvias.			
LONGITUD DE MUESTRA: 34.7 centímetros (Cm).							
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso, presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada.							
TOMA DE PUNTO I							
TOMA DE PUNTO II							
TOMA DE PUNTO III							
TOMA DE PUNTO IV							
TOMA DE PUNTO V							
TOMA DE PUNTO VI							
TOMA DE PUNTO VII							
TOMA DE PUNTO VIII							
TOMA DE PUNTO IX							
TOMA DE PUNTO X							
VALOR GENERAL	Ligeramente Húmedo						
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana		Bach. Erick Gianpool Orbegoso		Geo. Luis Salazar Obnzáles		

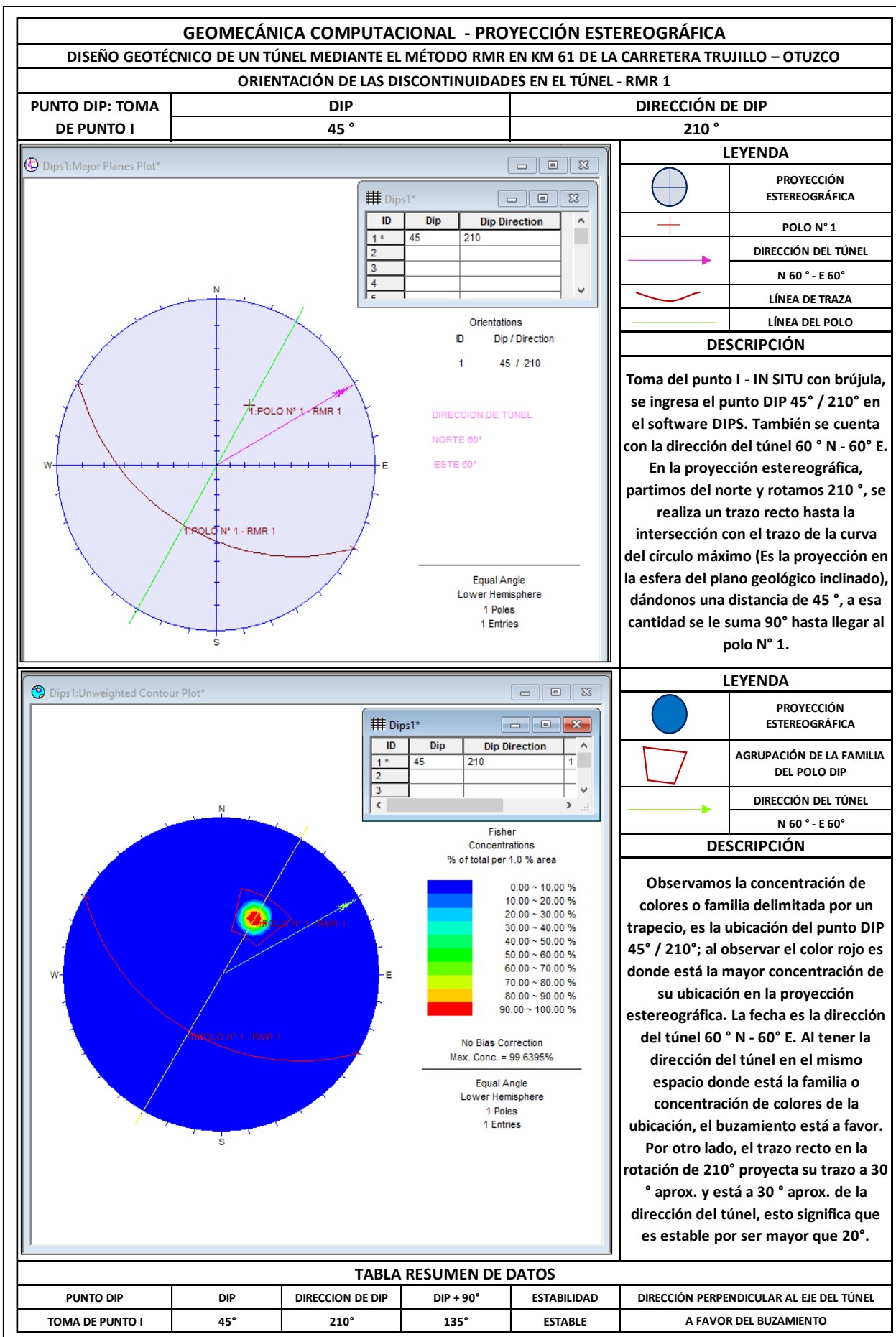
Geo. Luis Salazar González  
RTH AACHEN - ALEMANIA  
PS 280 85 75 0 1300

FORMATO DE TOMA DE DATOS EN CAMPO (IN SITU) - N° 5.8						FECHA	09/11/2022
DISEÑO GEOTECNICO DE UN TUNEL MEDIANTE EL METODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO						DÍA	Miércoles
						HORA	10:00 a. m.
UBICACION	Via nacional 114, carretera Trujillo a Otuzco (Kilometro 61) - RMR 5						
COORDENADAS	U:	17N0767557	UTM:	9123445	H:	2565	
PUNTOS DIPS - DIRECCION DE DIPS - RMR 5							
TIPO DE ROCA: Roca Ignea Volcánica Andesítica.				DESCRIPCION			
LONGITUD DE PERFORACION : 35 centímetros (Cm).				Se tomaron 10 datos y se ingresaron al Software Dip, al ejecutar cada dip, tomamos el valor promedio, para determinar la dirección. Los puntos dip son para realizar el análisis computacional de la geomecánica.			
LONGITUD DE MUESTRA: 34.7 centímetros (Cm).							
ESTADO GENERAL DEL MACIZO ROCOSO: El macizo rocoso, presenta un estado ligeramente húmedo, sin presencia de acuíferos de agua cerca de la zona de estudio y/o área analizada.							
TOMA DE PUNTO I							
TOMA DE PUNTO II							
TOMA DE PUNTO III							
TOMA DE PUNTO IV							
TOMA DE PUNTO V							
TOMA DE PUNTO VI							
TOMA DE PUNTO VII							
TOMA DE PUNTO VIII							
TOMA DE PUNTO IX							
TOMA DE PUNTO X							
PROMEDIO (Σ)	70 137 160 A FAVOR DEL BUZAMIENTO						
FIRMAS	Bach. Cristian André Chipana De La Torre		Bach. Erick Gianpool Orbegoso Durand		Geo. Luis Salazar González		

Geo. Luis Salazar González  
RTH AACHEN - ALEMANIA  
PS 280 85 75 0 1300 - 132

**PUNTOS DISP**



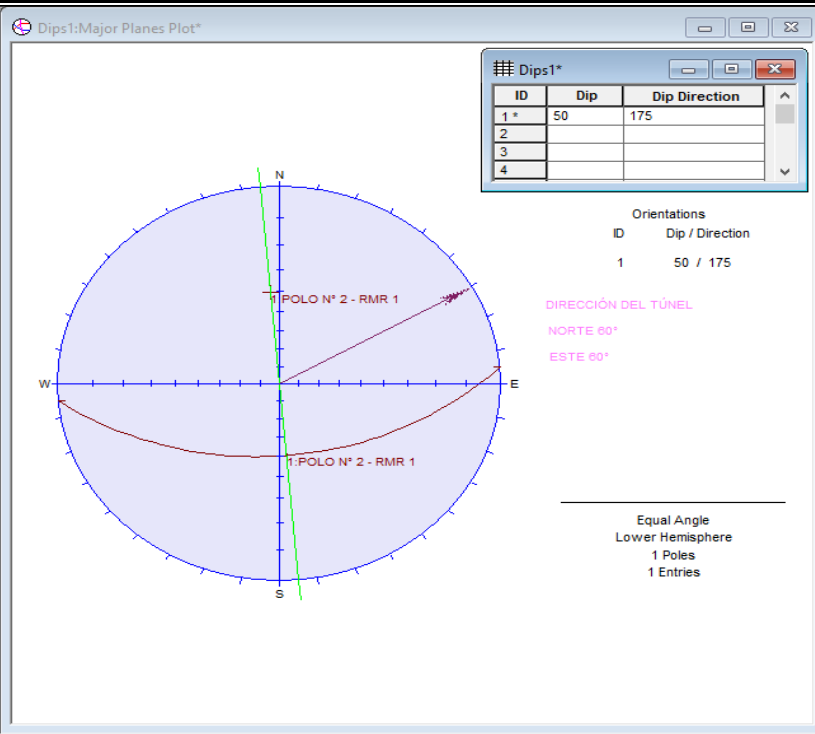


**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 1**

<b>PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO II</b>	<b>DIP</b> 50°	<b>DIRECCIÓN DE DIP</b> 175°
------------------------------------	-------------------	---------------------------------



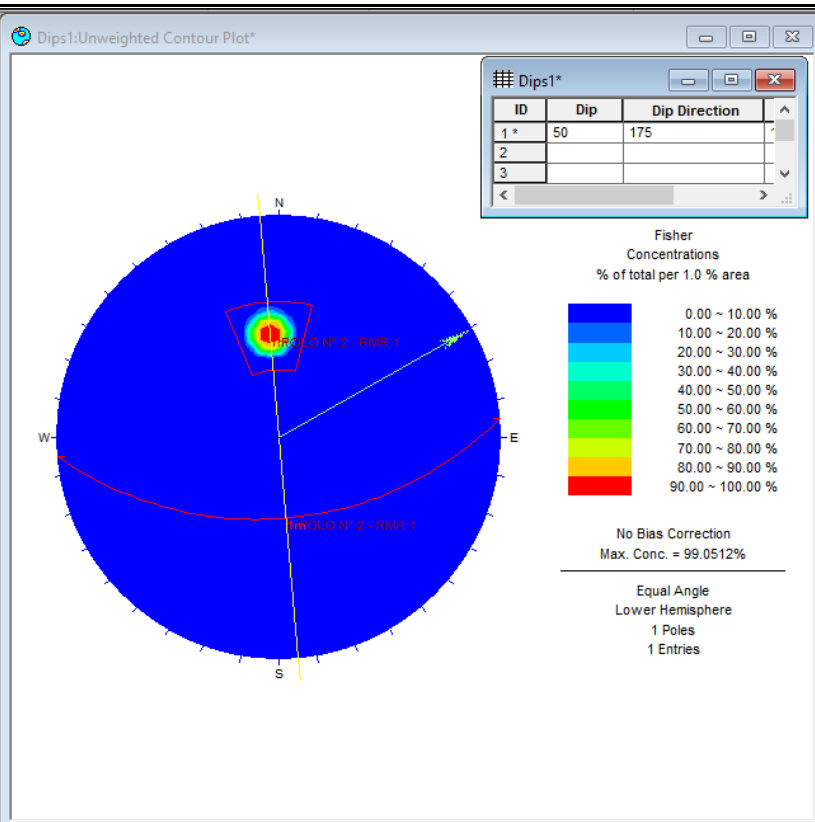
**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 2
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto II - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 50° / 175° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E.

En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 175°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 50°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 2.



**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL N 60° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 50° / 175°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en el mismo espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está a favor.

Por otro lado, el trazo recto en la rotación de 175° proyecta su trazo a 355° aprox. y está a 65° aprox. de la dirección del túnel, esto significa que es estable por ser mayor que 20°.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO II	50°	175°	140°	ESTABLE	A FAVOR DEL BUZAMIENTO

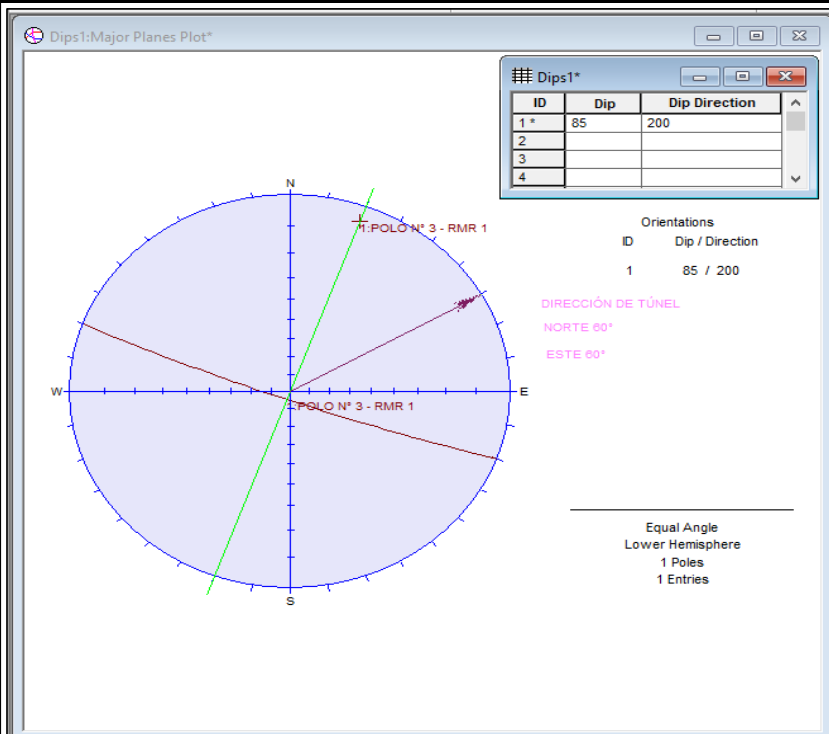


**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 1**

<b>PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO III</b>	<b>DIP</b>	<b>DIRECCIÓN DE DIP</b>
	<b>85°</b>	<b>200°</b>

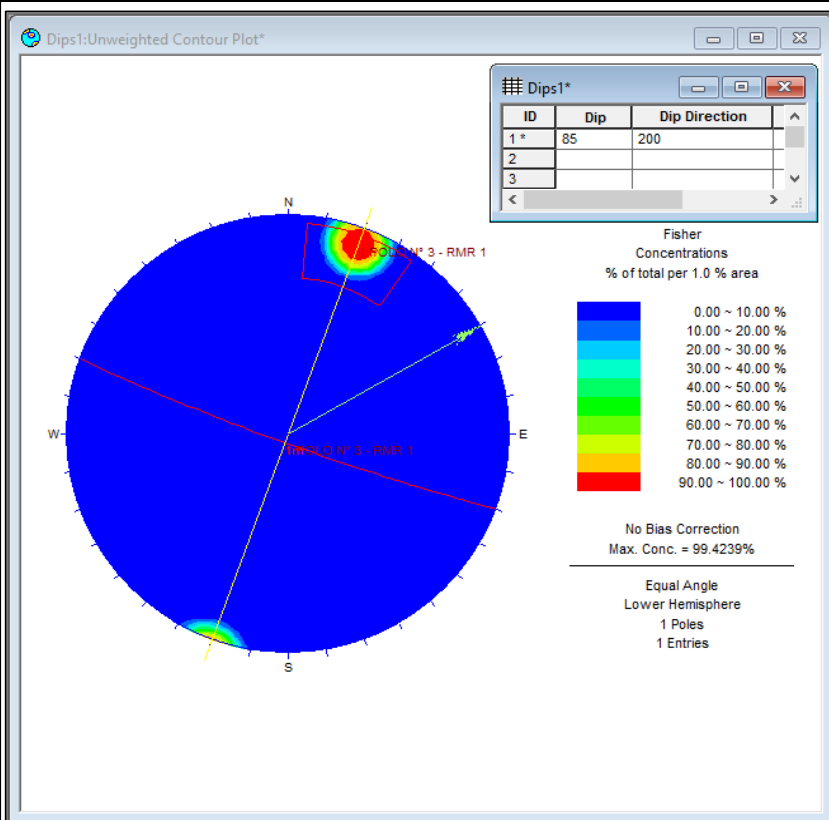


**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 3
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto III - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 85° / 200° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 200° , se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 85°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 3.



**LEYENDA**

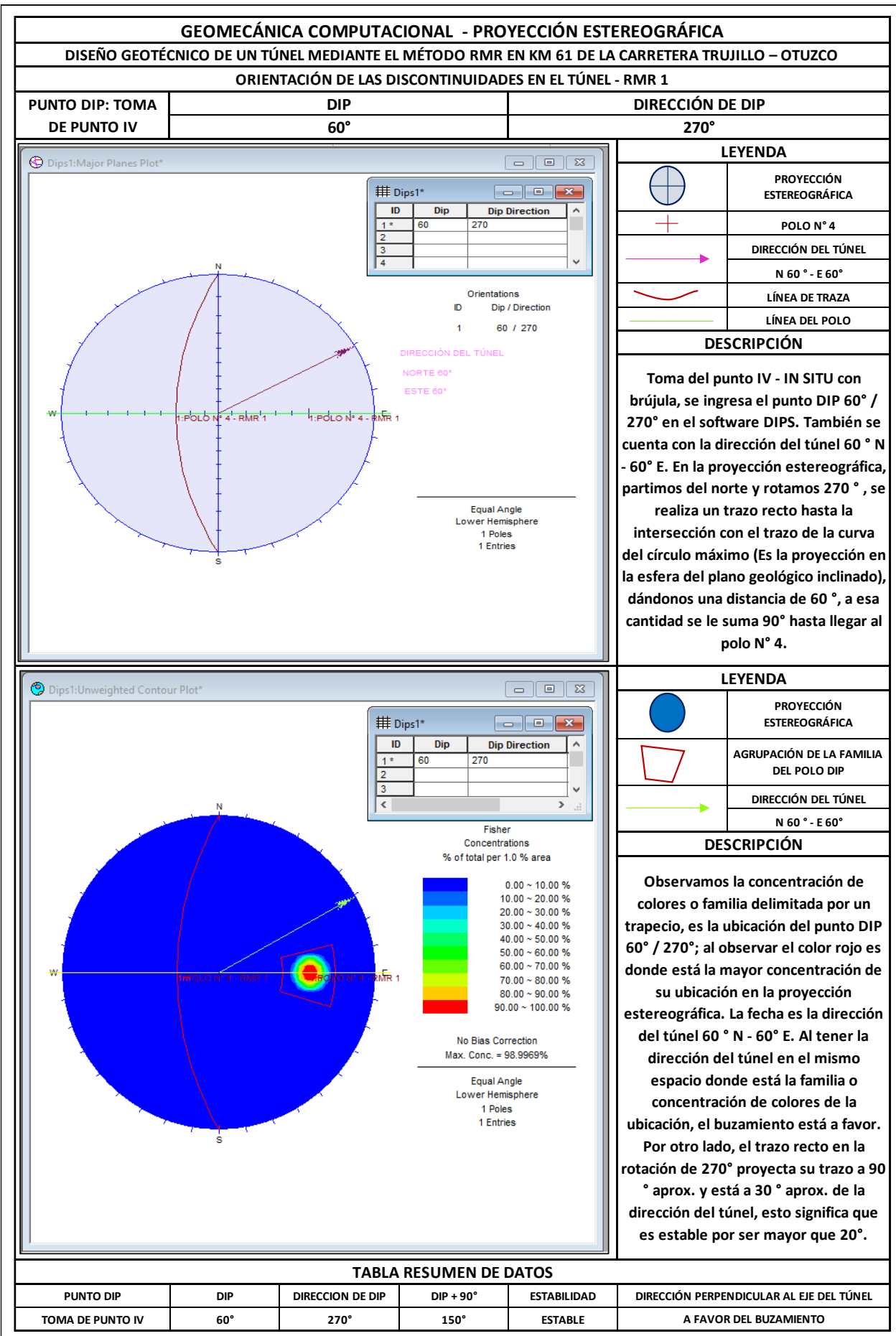
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 85° / 200°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en el mismo espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está a favor. Por otro lado, el trazo recto en la rotación de 200° proyecta su trazo a 20° aprox. y está a 40° aprox. de la dirección del túnel, esto significa que es estable por ser mayor que 20°.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

<b>PUNTO DIP</b>	<b>DIP</b>	<b>DIRECCION DE DIP</b>	<b>DIP + 90°</b>	<b>ESTABILIDAD</b>	<b>DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL</b>
TOMA DE PUNTO III	85°	200°	175°	ESTABLE	A FAVOR DEL BUZAMIENTO

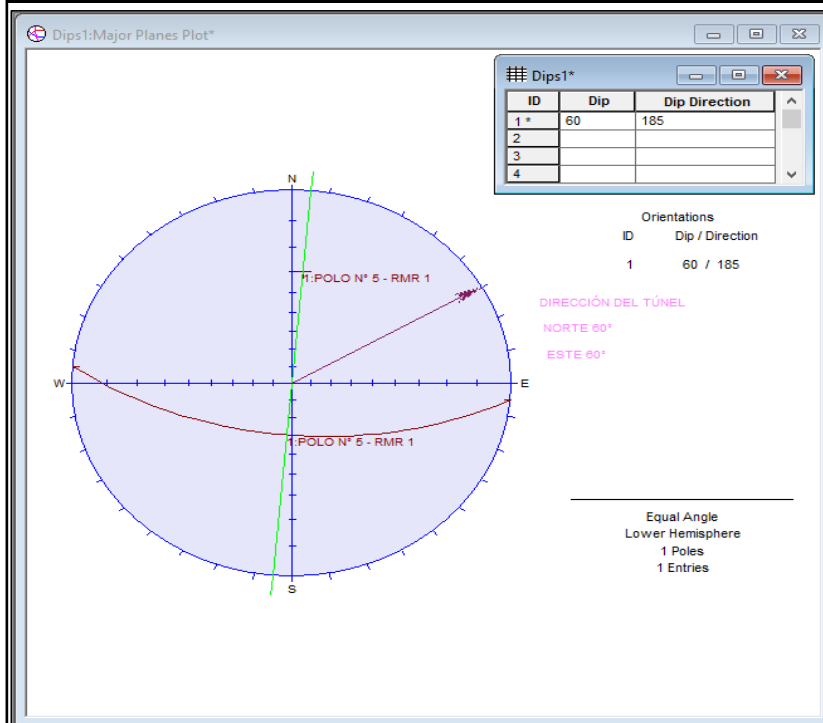


**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 1**

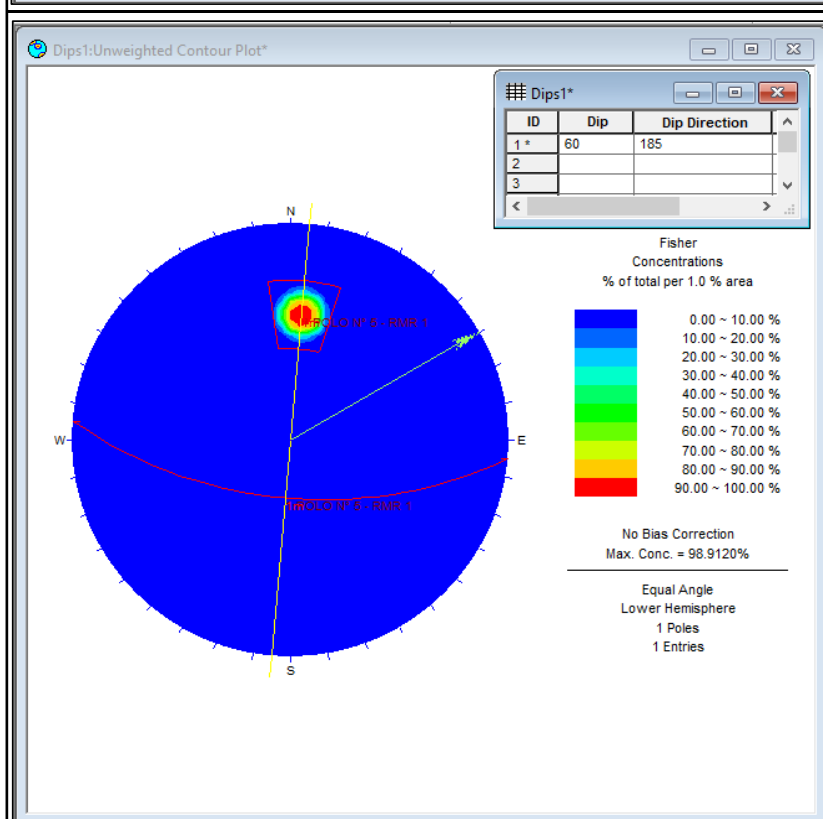
<b>PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO V</b>	<b>DIP</b> 60°	<b>DIRECCIÓN DE DIP</b> 185°
-----------------------------------	-------------------	---------------------------------



LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 5
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto V - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 60° / 185° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 185°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 60°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 5.



LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 60° / 185°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en el mismo espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está a favor. Por otro lado, el trazo recto en la rotación de 185° proyecta su trazo a 5° aprox. y está a 55° aprox. de la dirección del túnel, esto significa que es estable por ser mayor que 20°.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

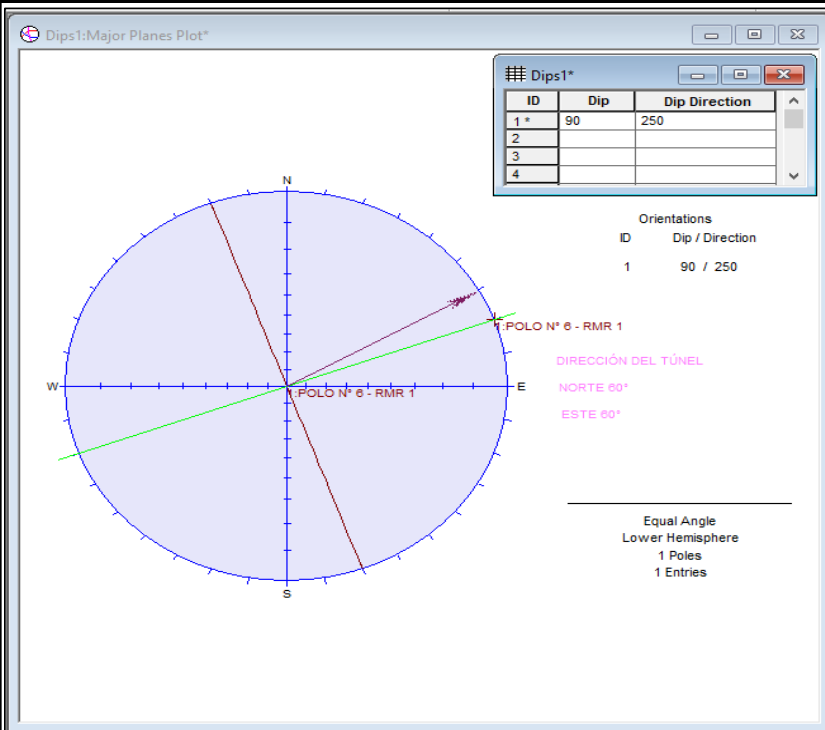
PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO V	60°	185°	150°	ESTABLE	A FAVOR DEL BUZAMIENTO

**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 1**

<b>PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO VI</b>	<b>DIP</b> 90°	<b>DIRECCIÓN DE DIP</b> 250°
------------------------------------	-------------------	---------------------------------

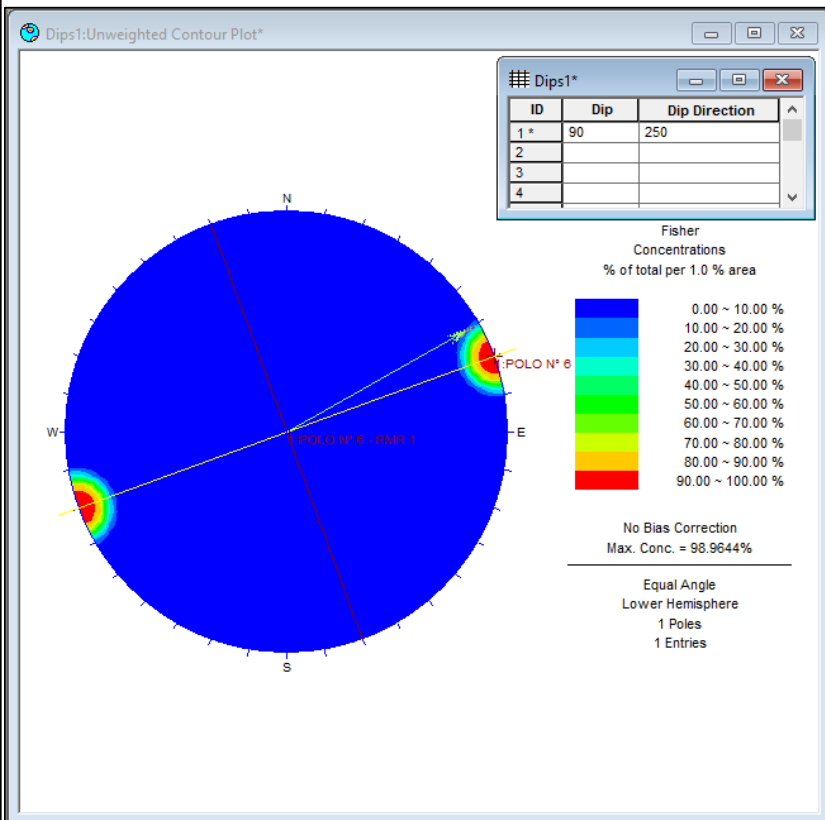


**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 6
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto VI - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 90° / 250° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 250°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 90°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 6.



**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 90° / 250°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en el mismo espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está encontra. Por otro lado, el trazo recto en la rotación de 250° proyecta su trazo a 70° aprox. y está a 10° aprox. de la dirección del túnel, esto significa que no es estable por ser menor que 20°.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

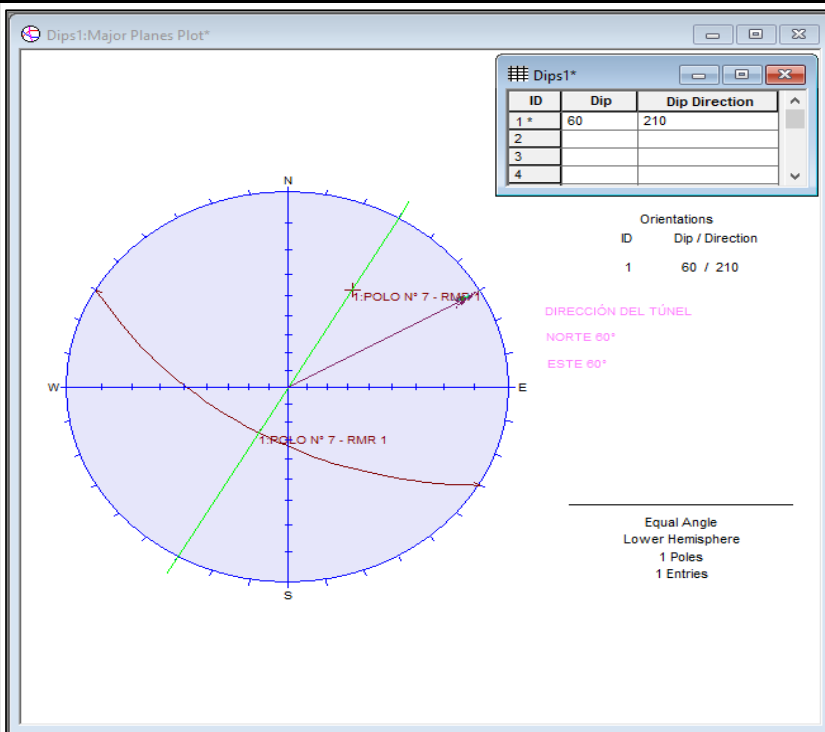
<b>PUNTO DIP</b>	<b>DIP</b>	<b>DIRECCION DE DIP</b>	<b>DIP + 90°</b>	<b>ESTABILIDAD</b>	<b>DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL</b>
TOMA DE PUNTO VI	90°	250°	180°	NO ESTABLE	ENCONTRA DEL BUZAMIENTO

**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 1**

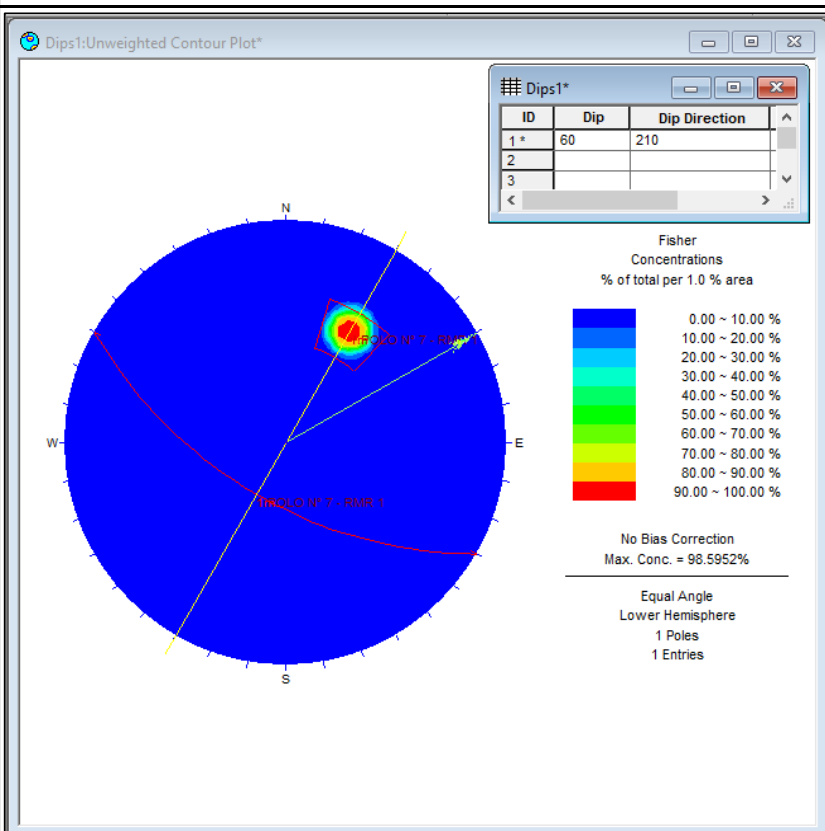
PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO VII	DIP	DIRECCIÓN DE DIP
	60°	210°



LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 7
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto VII - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 60° / 210° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 210°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 60°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 7.



LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 60° / 210°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en el mismo espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está a favor. Por otro lado, el trazo recto en la rotación de 210° proyecta su trazo a 30° aprox. y está a 30° aprox. de la dirección del túnel, esto significa que es estable por ser mayor que 20°.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

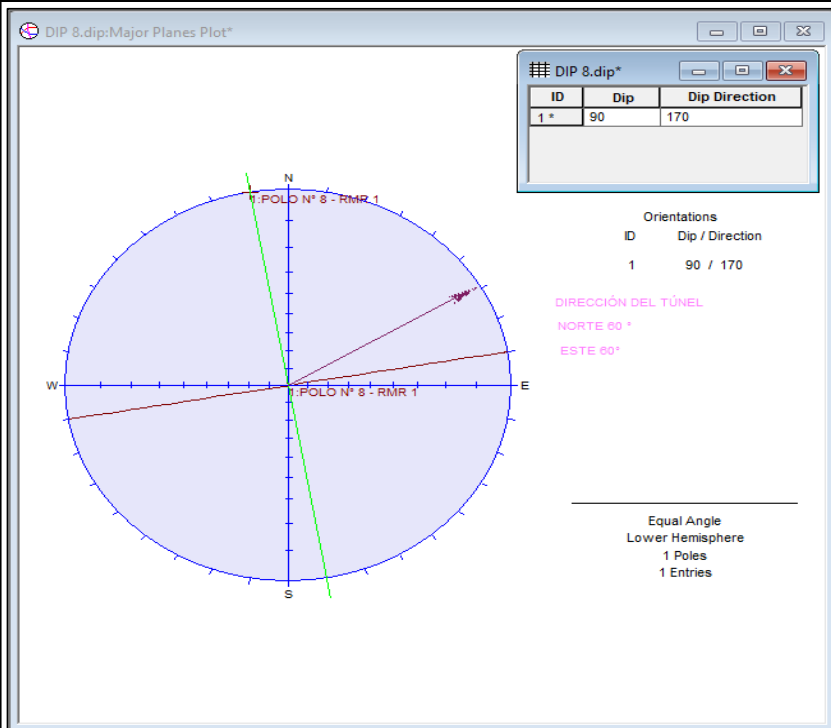
PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO VII	60°	210°	150°	ESTABLE	A FAVOR DEL BUZAMIENTO

**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 1**

PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO VIII	DIP	DIRECCIÓN DE DIP
	90°	170°

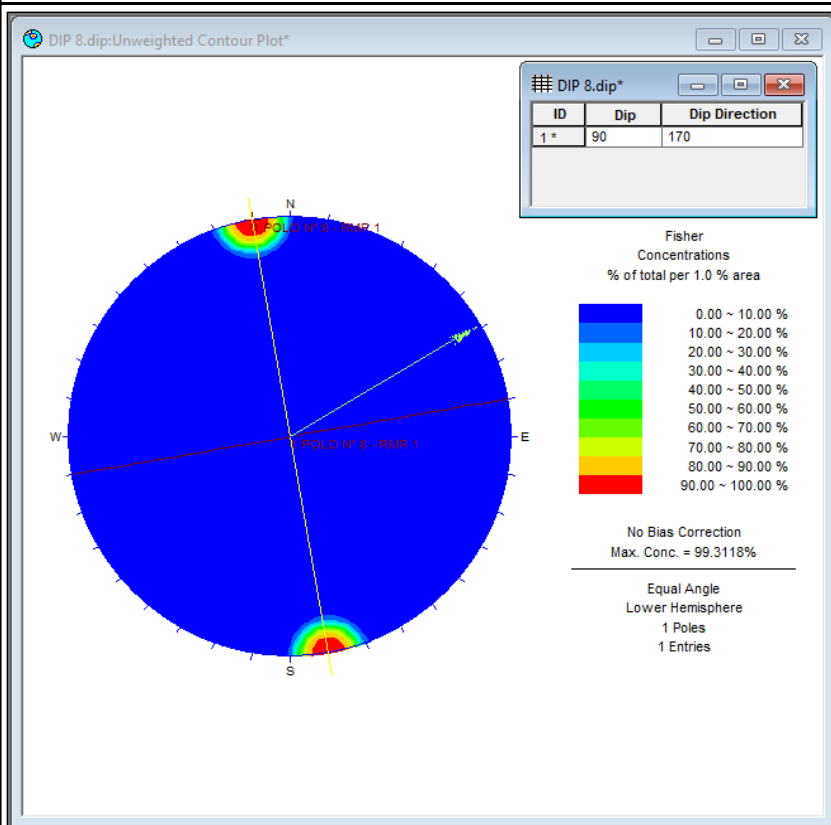


**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 8
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto VIII - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 90° / 170° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 170°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 90°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 8.



**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 90° / 170°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en el mismo espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está encontra. Por otro lado, el trazo recto en la rotación de 170° proyecta su trazo a 350° aprox. y está a 70° aprox. de la dirección del túnel, esto significa que es estable por ser mayor que 20°.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

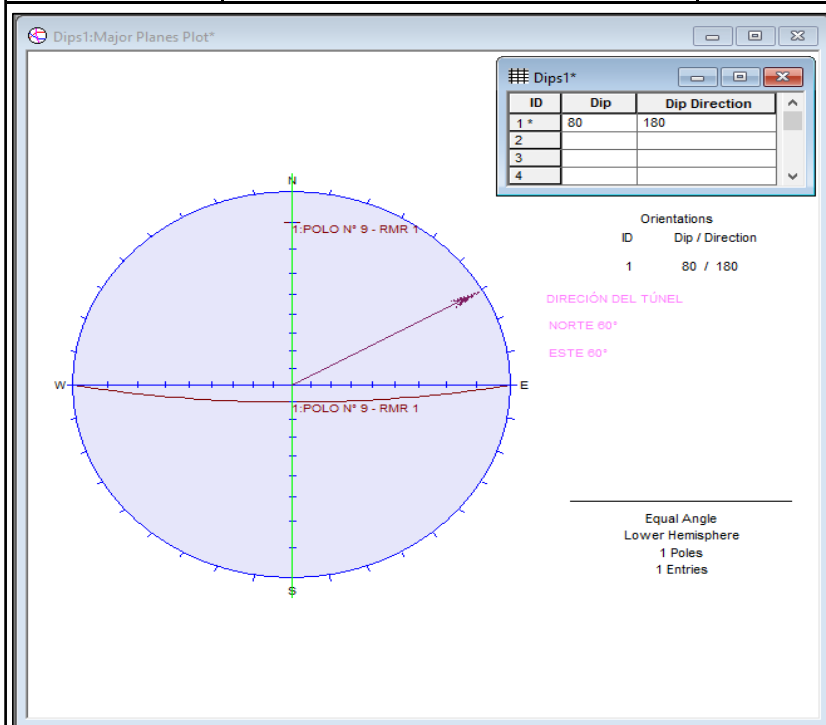
PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO VII	90°	170°	180°	ESTABLE	ENCONTRA DEL BUZAMIENTO

**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 1**

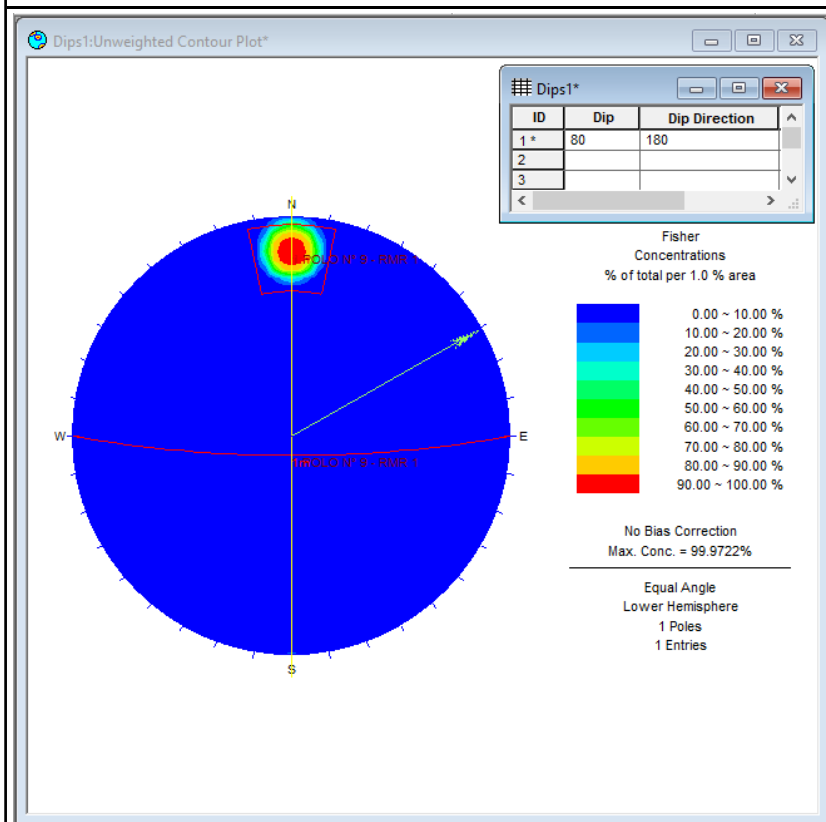
PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO IX	DIP	DIRECCIÓN DE DIP
	80°	180°



LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 9
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto IX - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 80° / 180° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 180°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 80°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 9.



LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 80° / 180°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en el mismo espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está a favor. Por otro lado, el trazo recto en la rotación de 180° proyecta su trazo a 0° aprox. y está a 60° aprox. de la dirección del túnel, esto significa que es estable por ser mayor que 20°.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO IX	80°	180°	170°	ESTABLE	A FAVOR DEL BUZAMIENTO

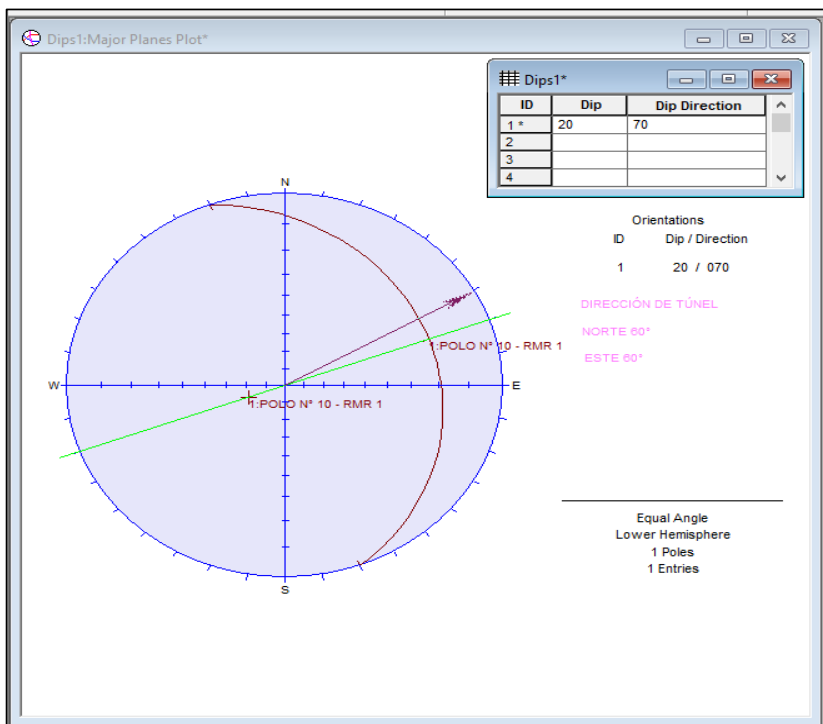


**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 1**

<b>PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO X</b>	<b>DIP</b> 20°	<b>DIRECCIÓN DE DIP</b> 70°
-----------------------------------	-------------------	--------------------------------

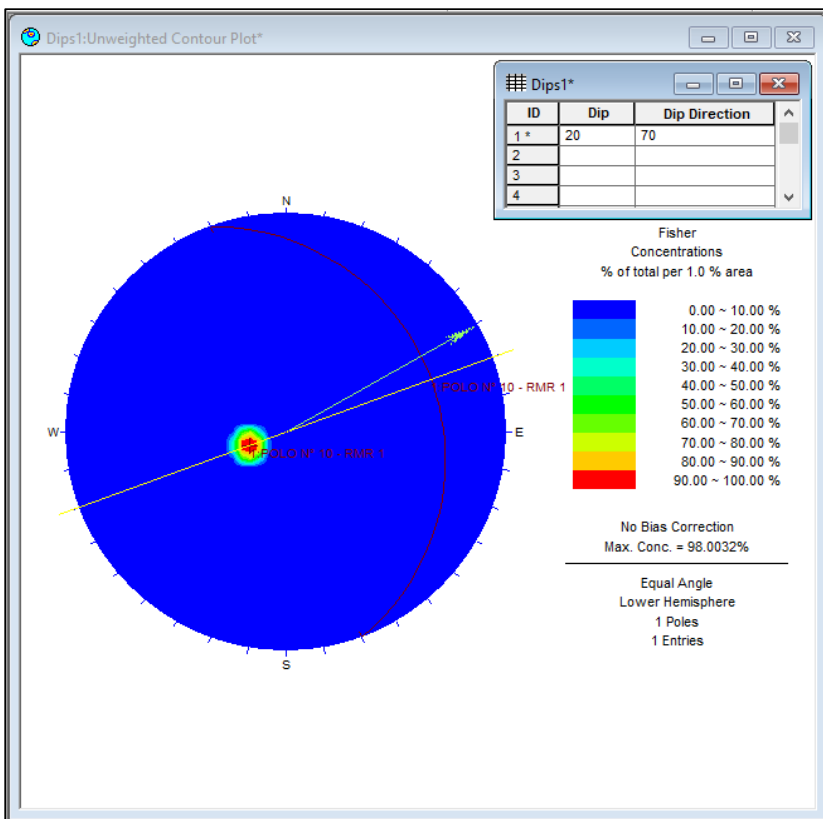


**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 10
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto IX - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 20° / 70° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 70°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 20°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 10.



**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 20° / 70°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en el mismo espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está encontra. Por otro lado, el trazo recto en la rotación de 70° proyecta su trazo a 250° aprox. y está a 170° aprox. de la dirección del túnel, esto significa que es estable por ser mayor que 20°.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO X	20°	70°	110°	ESTABLE	ENCONTRA DEL BUZAMIENTO

**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

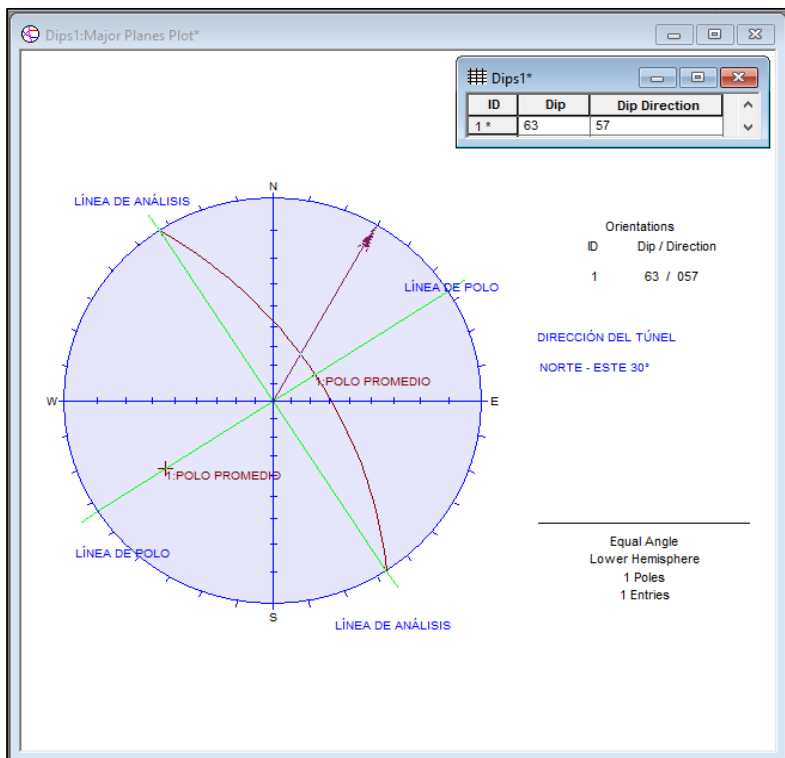
**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 2**

**PUNTO DIP:  
PROMEDIO**

**DIP  
63**

**DIRECCIÓN DE DIP  
57**

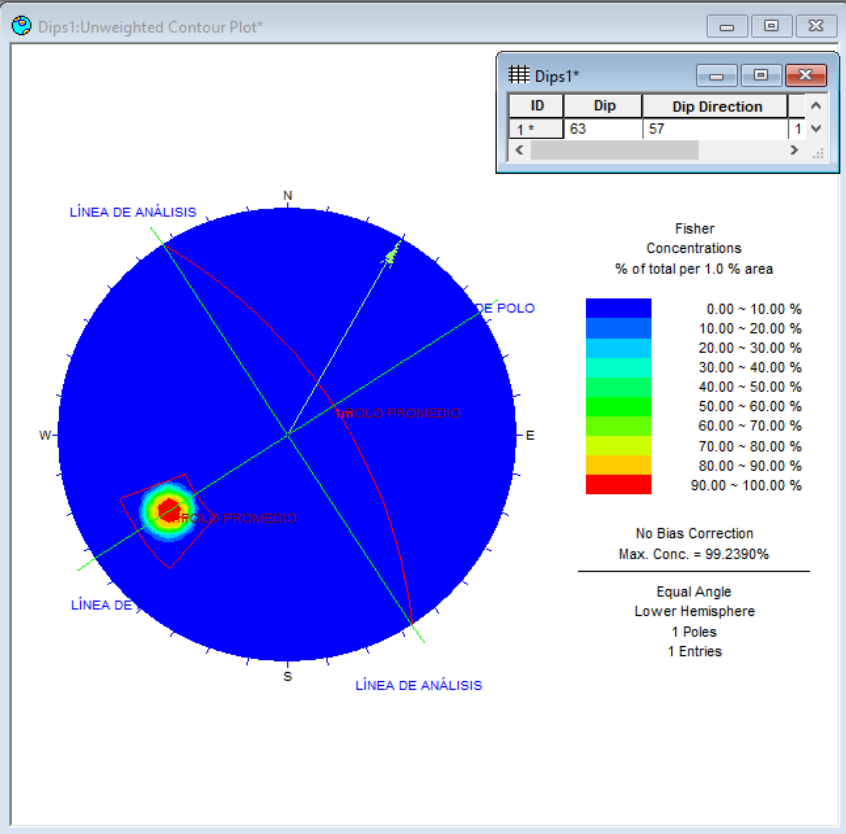


**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO PROMEDIO
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto IX - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 63° / 57° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 57°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 63°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo promedio.



**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 63° / 57°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en diferente espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está en contra.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

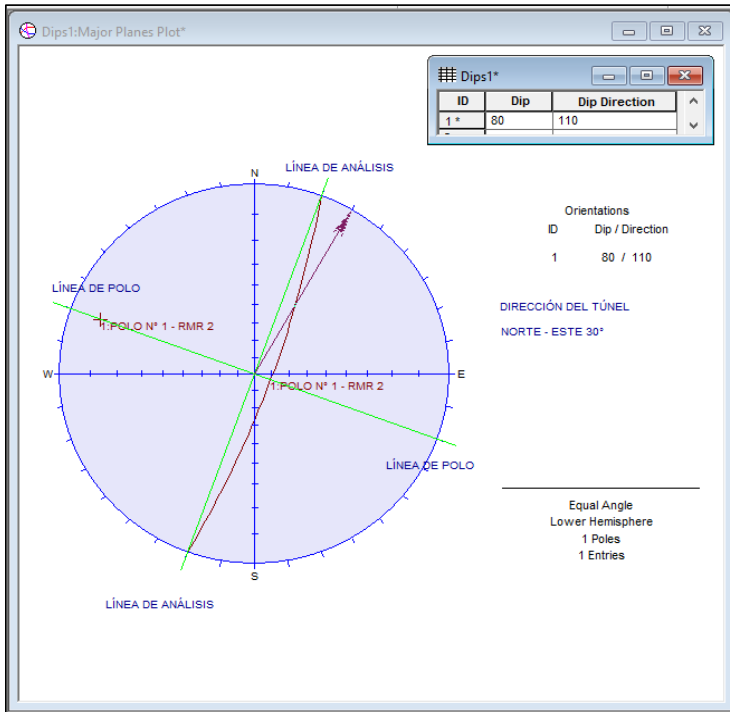
PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO X	63	57	110°	ESTABLE	ENCONTRA DEL BUZAMIENTO

**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 2**

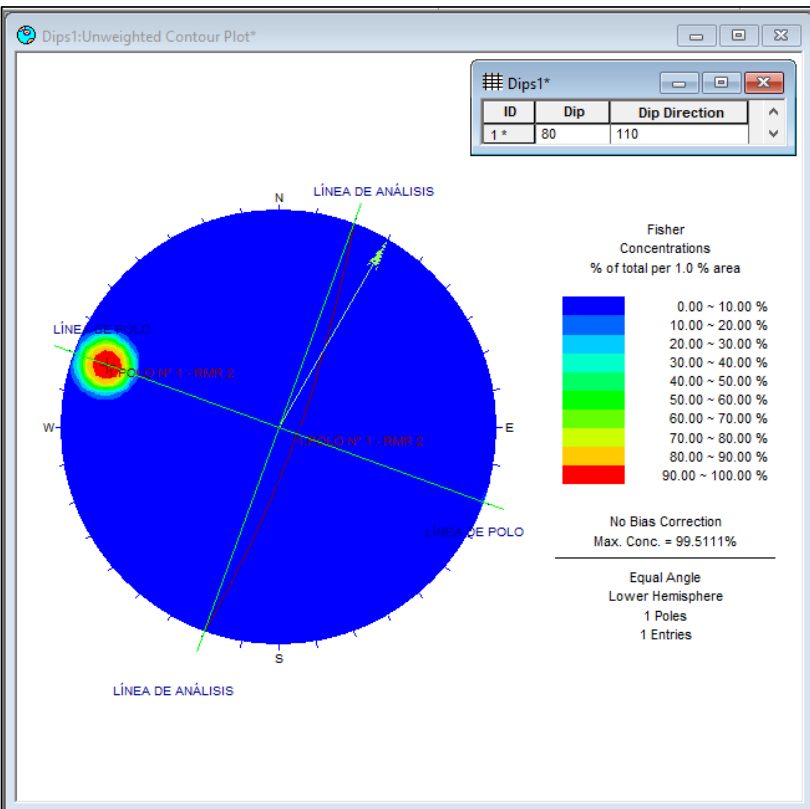
PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO I	DIP	DIRECCIÓN DE DIP
	80°	110°



LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 1
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto I - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 80° / 110° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 110°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 80°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 1.



LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGrupación de la familia del polo dip
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 80° / 110°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en diferente espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está encontra.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

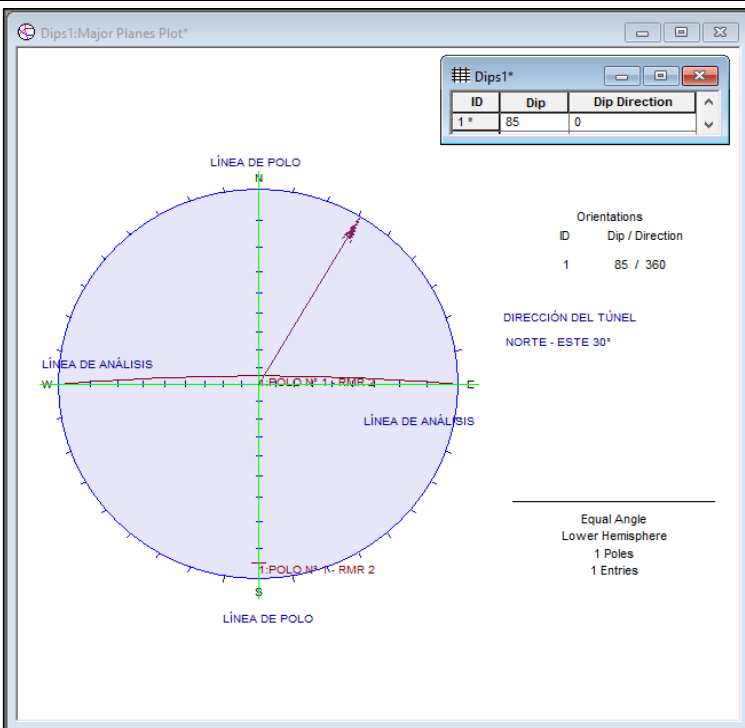
PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO I	80°	110°	170°	ESTABLE	ENCONTRA DEL BUZAMIENTO

**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 2**

<b>PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO II</b>	<b>DIP</b> 85°	<b>DIRECCIÓN DE DIP</b> 0°
------------------------------------	-------------------	-------------------------------

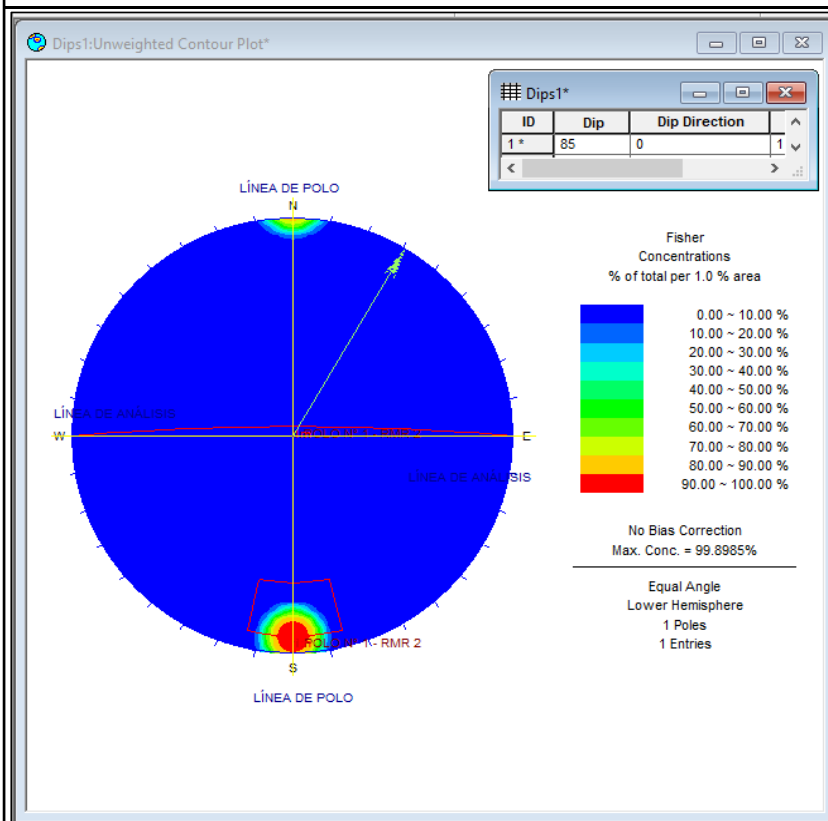


**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 2
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto II - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 85° / 0° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 0°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 85°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 2.



**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 85° / 0°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en diferente espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está encontra.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

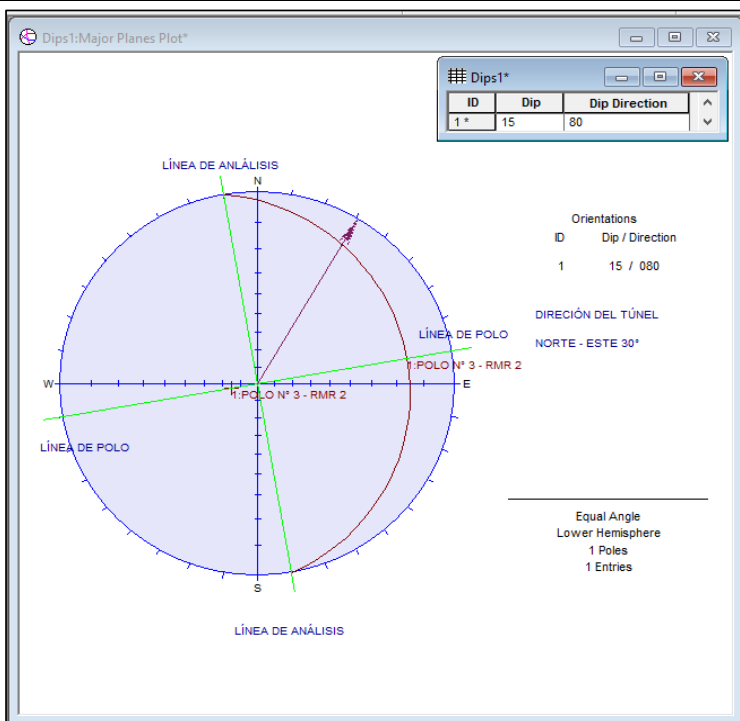
PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO II	85°	0°	175°	ESTABLE	ENCONTRA DEL BUZAMIENTO

**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 2**

<b>PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO III</b>	<b>DIP</b> 15°	<b>DIRECCIÓN DE DIP</b> 80°
-------------------------------------	-------------------	--------------------------------



**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 3
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

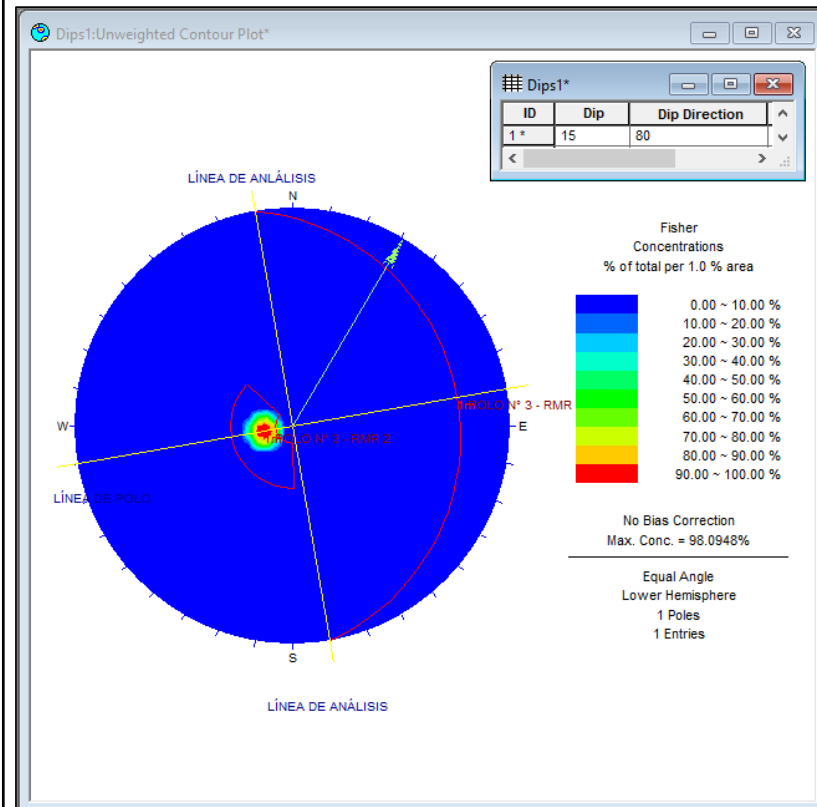
Toma del punto III - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 15° / 80° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 80°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 15°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 3.

**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 15° / 80°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en diferente espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está encontra.



**TABLA RESUMEN DE DATOS**

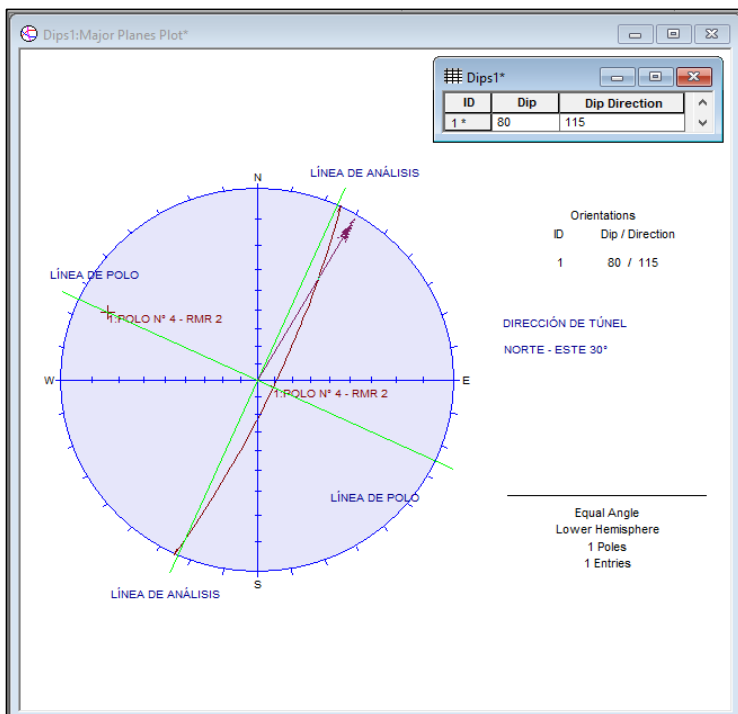
<b>PUNTO DIP</b>	<b>DIP</b>	<b>DIRECCION DE DIP</b>	<b>DIP + 90°</b>	<b>ESTABILIDAD</b>	<b>DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL</b>
TOMA DE PUNTO III	15°	80°	105°	ESTABLE	ENCONTRA DEL BUZAMIENTO

**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 2**

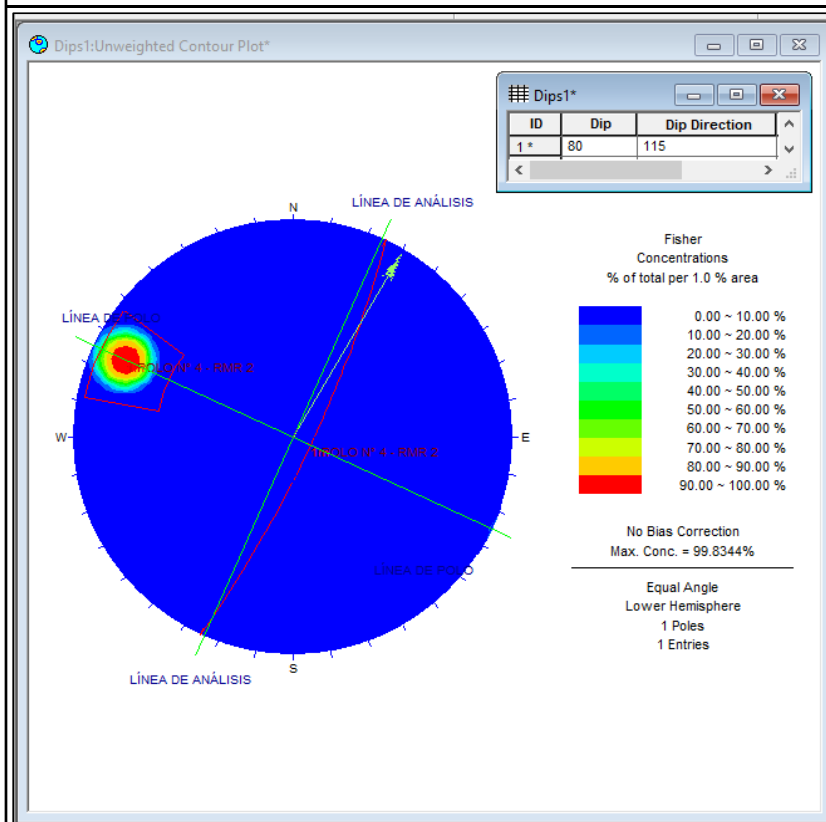
PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO IV	DIP	DIRECCIÓN DE DIP
	80°	115°



LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 4
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto IV - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 80° / 115° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 115°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 80°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 4.



LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 80° / 115°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en diferente espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está encontra.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

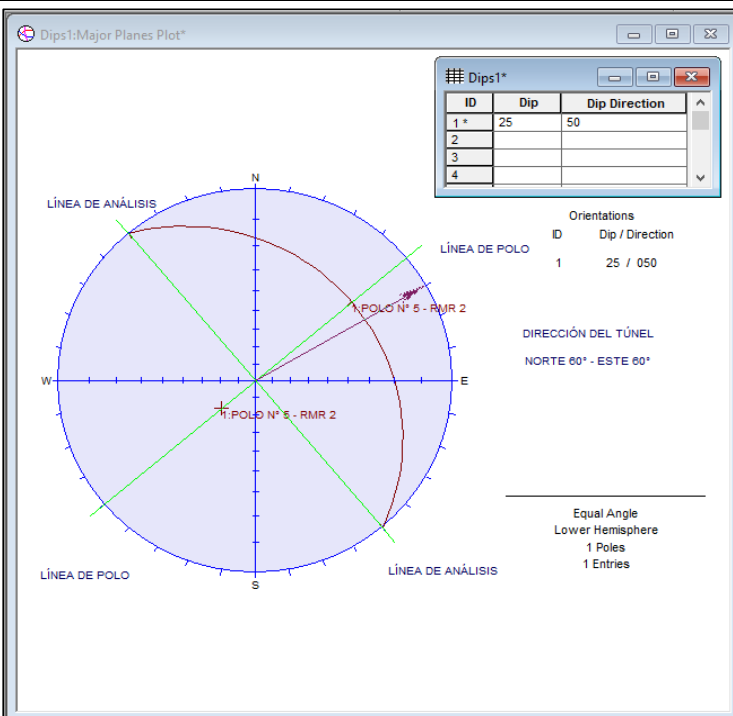
PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO IV	80°	115°	170°	ESTABLE	ENCONTRA DEL BUZAMIENTO

**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 2**

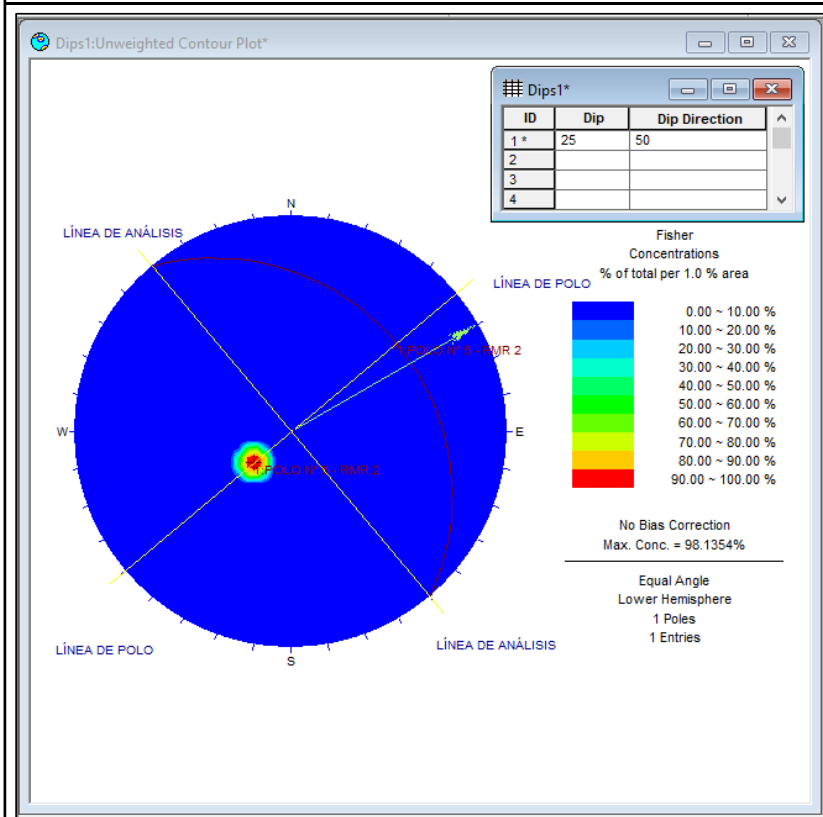
PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO V	DIP	DIRECCIÓN DE DIP
	25°	50°



LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 5
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto V - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 25° / 50° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 50°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 25°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 5.



LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 25° / 50°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel en diferente espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está a encontra.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO V	25°	50°	115°	ESTABLE	ENCONTRA DEL BUZAMIENTO

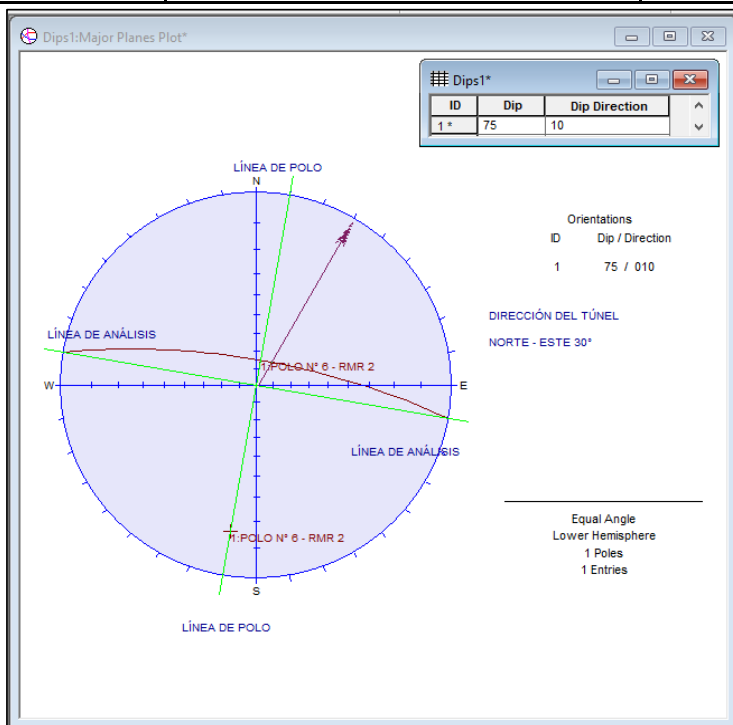


**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 2**

<b>PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO VI</b>	<b>DIP</b> 75°	<b>DIRECCIÓN DE DIP</b> 10°
------------------------------------	-------------------	--------------------------------

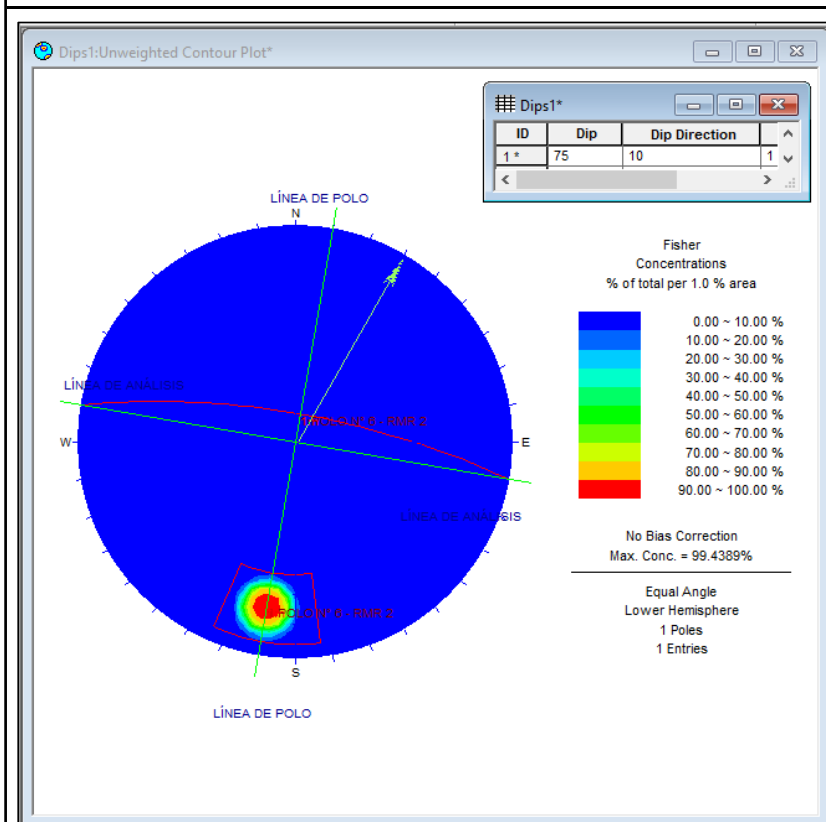


**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 6
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto VI - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 75° / 10° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 10°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 75°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 6.



**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 75° / 10°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel en diferente espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está encontra.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

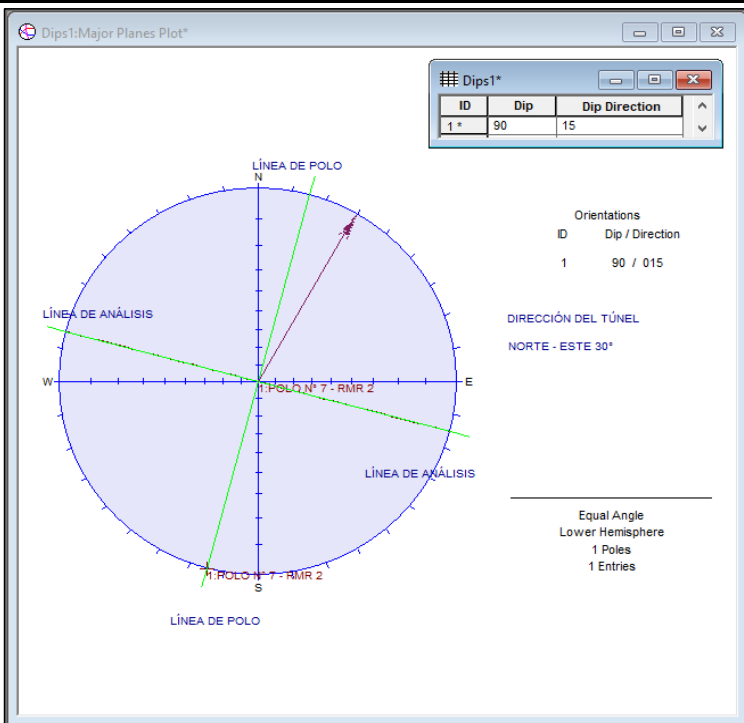
PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO VI	75°	10°	165°	ESTABLE	ENCONTRA DEL BUZAMIENTO

**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 2**

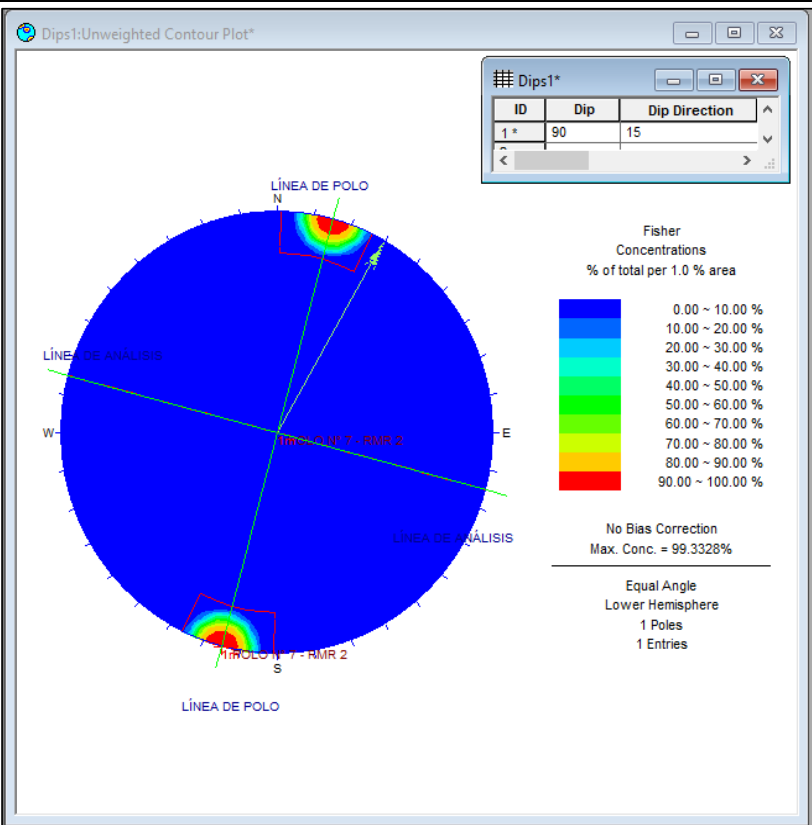
PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO VII	DIP	DIRECCIÓN DE DIP
	90°	15°



LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 7
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto VII - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 90° / 15° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 15°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 90°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 7.



LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 90° / 15°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en diferente espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está encontra.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

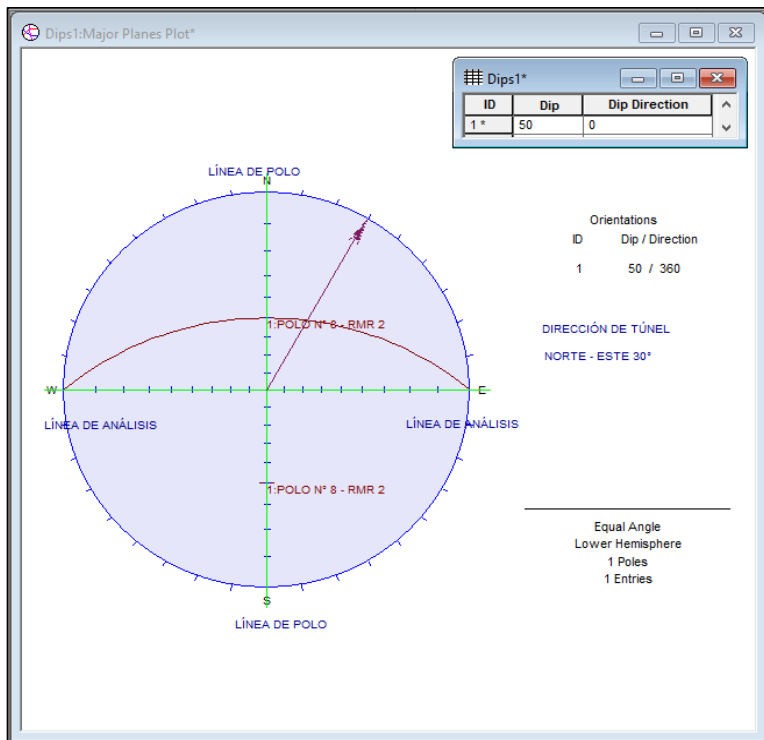
PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO VII	90°	15°	180°	ESTABLE	ENCONTRA DEL BUZAMIENTO

**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 2**

PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO VIII	DIP	DIRECCIÓN DE DIP
	50°	0°

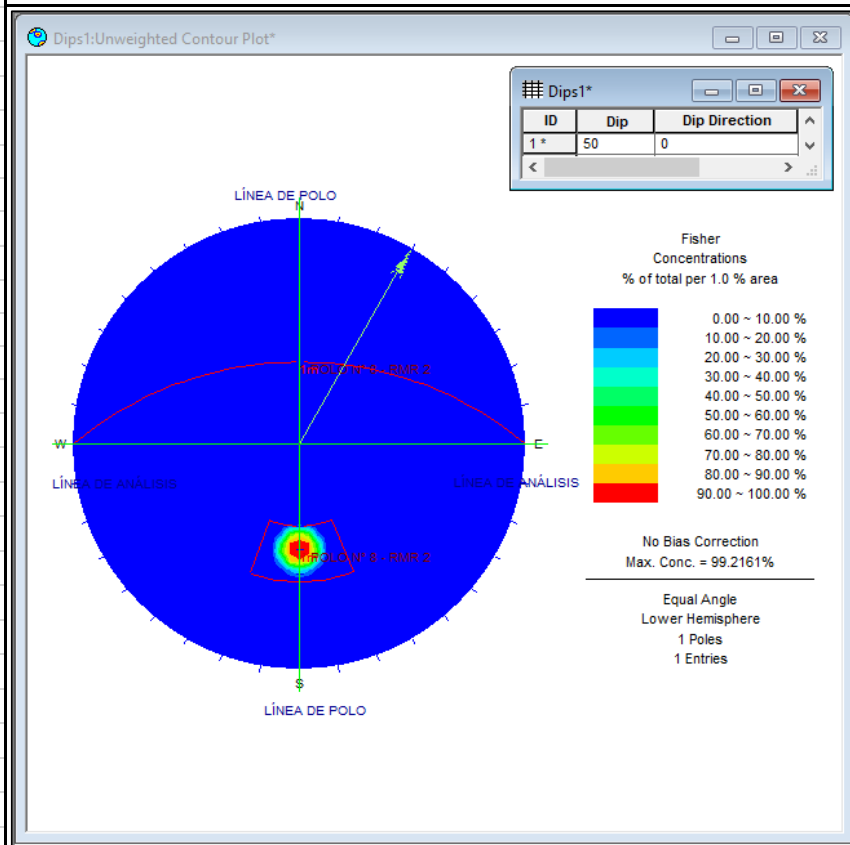


**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 8
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto VIII - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 50° / 0° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 0°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 50°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 8.



**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 50° / 0°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel en diferente espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está encontra.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

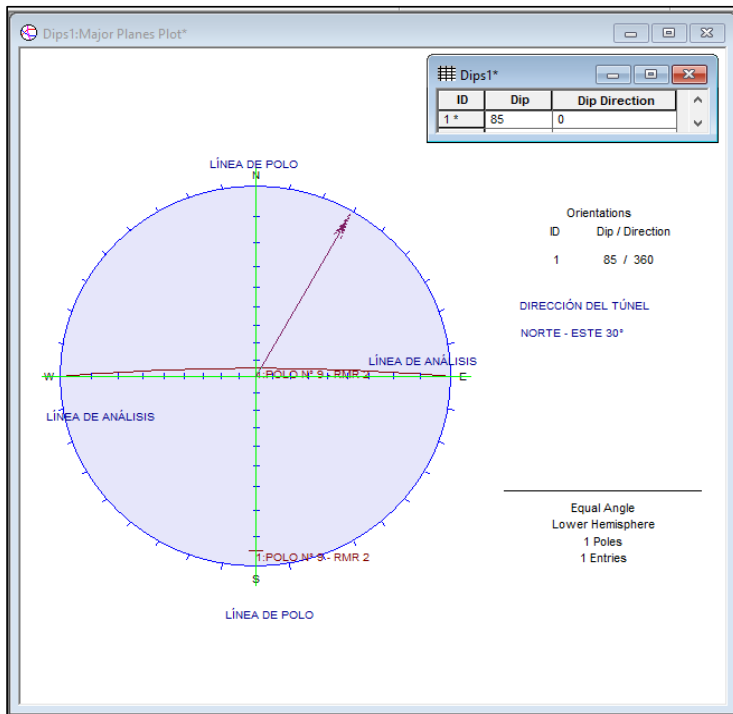
PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO VIII	50°	0°	140°	ESTABLE	ENCONTRA DEL BUZAMIENTO

**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 2**

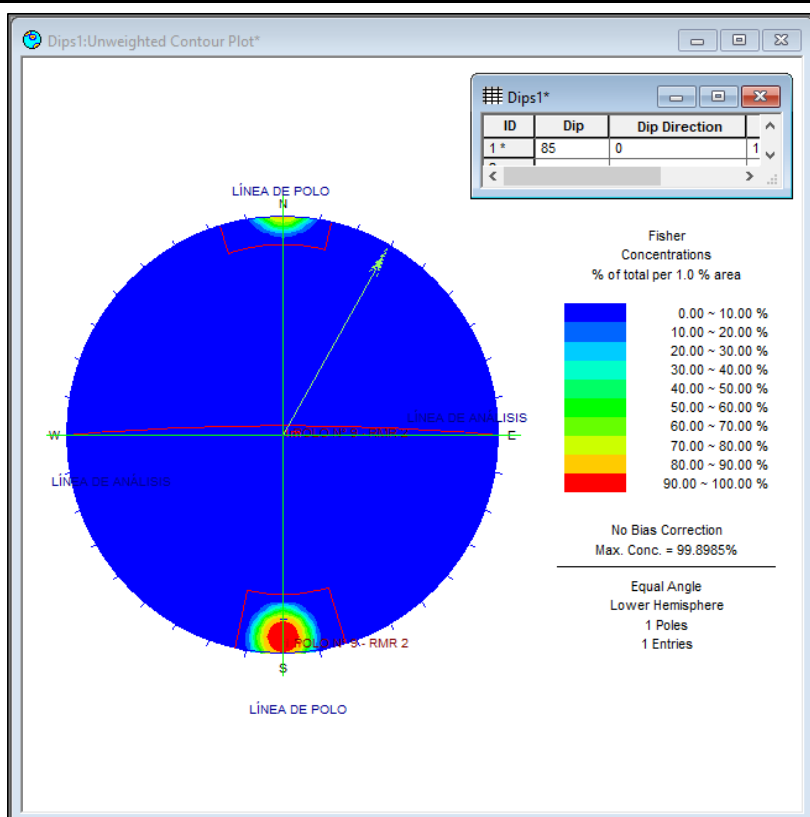
<b>PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO IX</b>	<b>DIP</b> 85°	<b>DIRECCIÓN DE DIP</b> 0°
------------------------------------	-------------------	-------------------------------



LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 9
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60 ° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto IX - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 85° / 0° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 0°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 85°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 9.



LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60 ° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 85° / 0°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en diferente espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está encontra.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

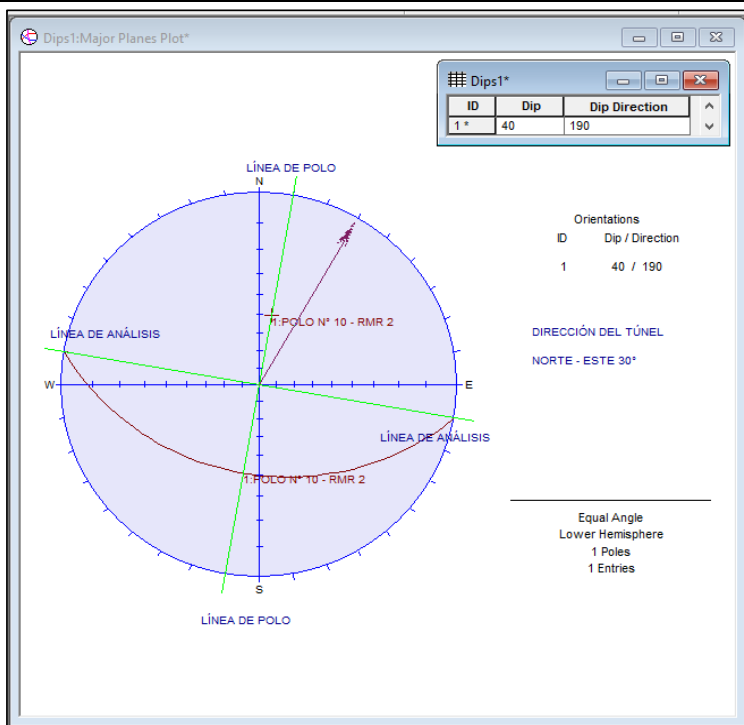
PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO IX	85°	0°	170°	ESTABLE	ENCONTRA DEL BUZAMIENTO

**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 2**

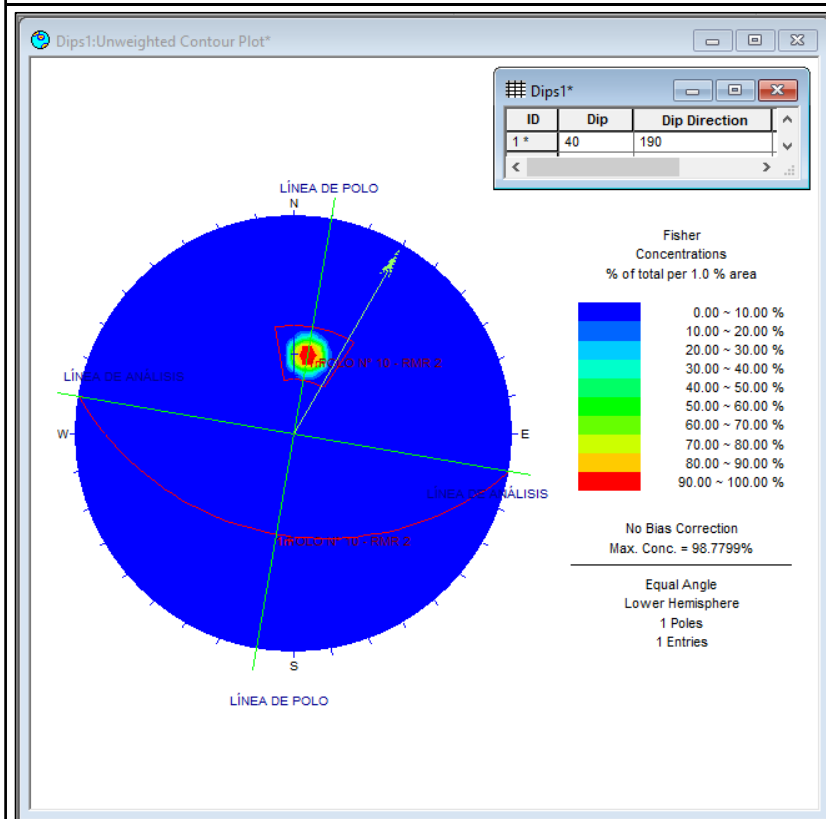
<b>PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO X</b>	<b>DIP</b> 40°	<b>DIRECCIÓN DE DIP</b> 190°
-----------------------------------	-------------------	---------------------------------



LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 10
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto IX - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 40° / 190° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 190°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 40°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 10.



LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 40° / 190°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en el mismo espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está a favor.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

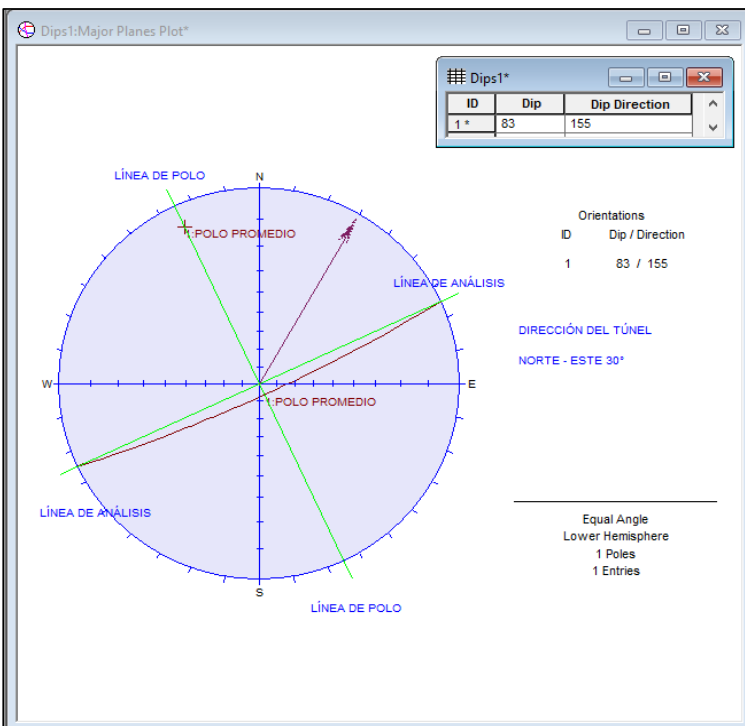
PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO X	40°	190°	130°	ESTABLE	A FAVOR DEL BUZAMIENTO

**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 3**

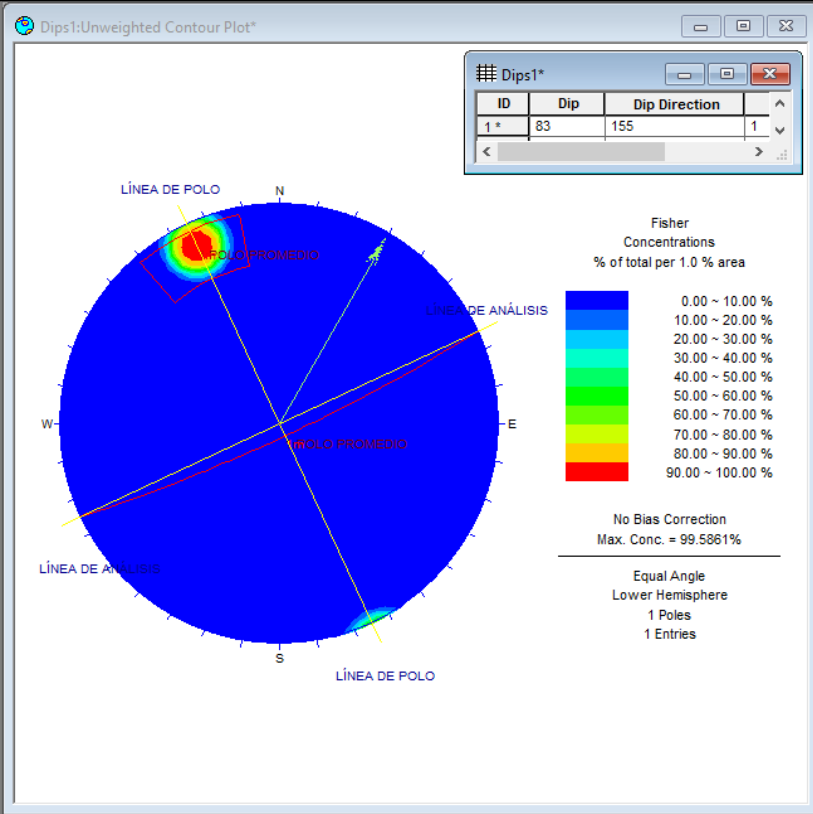
<b>PUNTO DIP:</b>	<b>DIP</b>	<b>DIRECCIÓN DE DIP</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>83°</b>	<b>155°</b>



LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO PROMEDIO
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto IX - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 83° / 155° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 155°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 83°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo promedio.



LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 83° / 155°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en el mismo espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está a favor.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

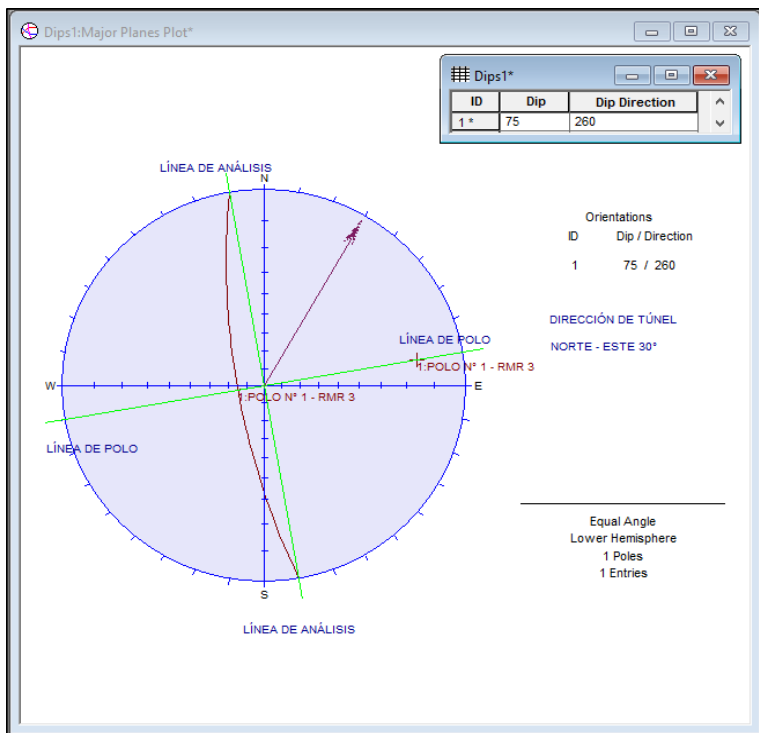
PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO X	83°	155°	173°	ESTABLE	A FAVOR DEL BUZAMIENTO

**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 3**

<b>PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO I</b>	<b>DIP</b>	<b>DIRECCIÓN DE DIP</b>
	<b>75°</b>	<b>260°</b>

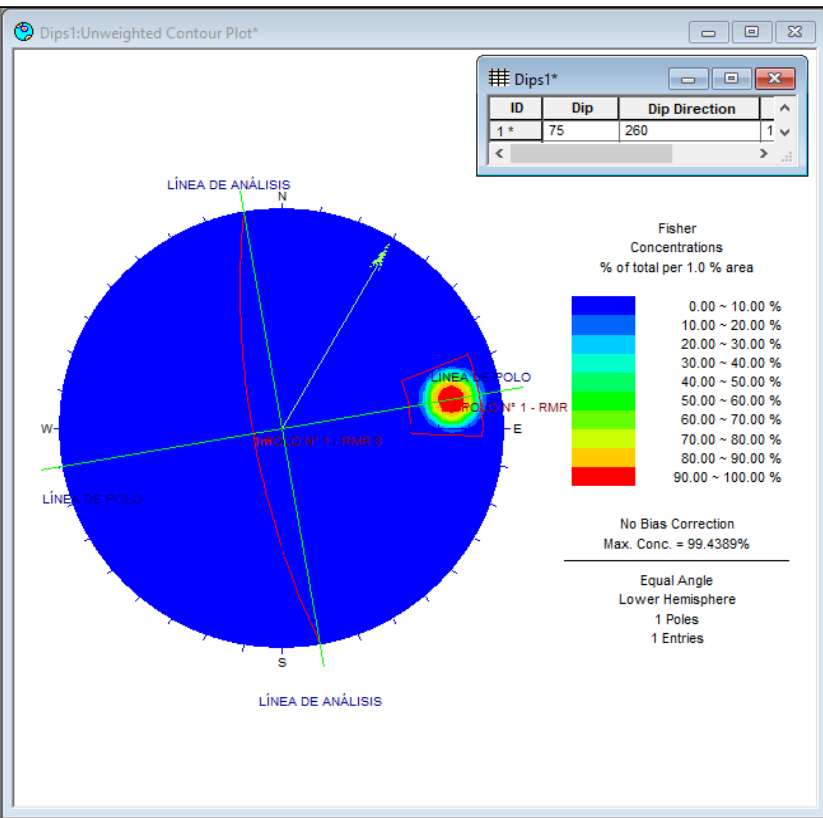


**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 1
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto I - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 75° / 260° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 260°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 75°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 1.



**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 75° / 260°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en el mismo espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está a favor.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

<b>PUNTO DIP</b>	<b>DIP</b>	<b>DIRECCION DE DIP</b>	<b>DIP + 90°</b>	<b>ESTABILIDAD</b>	<b>DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL</b>
TOMA DE PUNTO I	75°	260°	165°	ESTABLE	A FAVOR DEL BUZAMIENTO

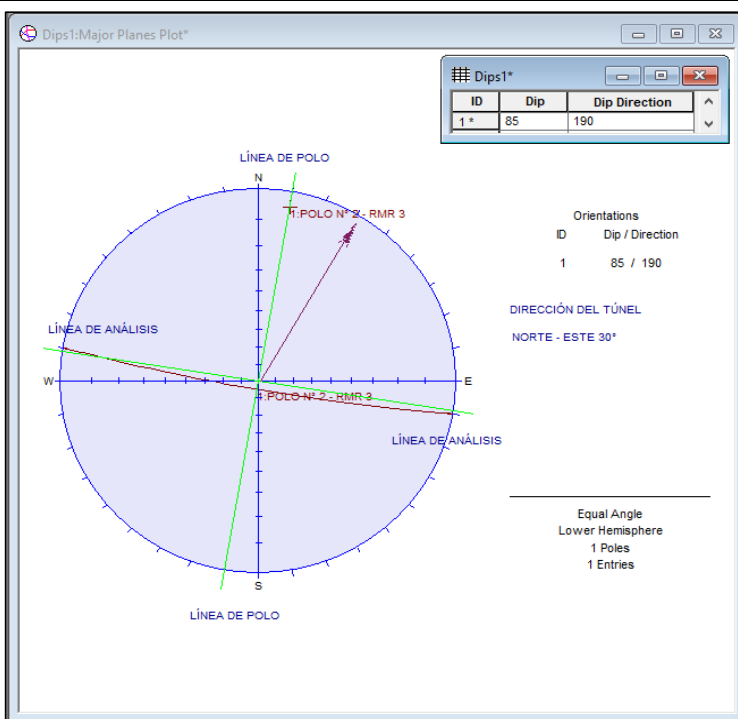


**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 3**

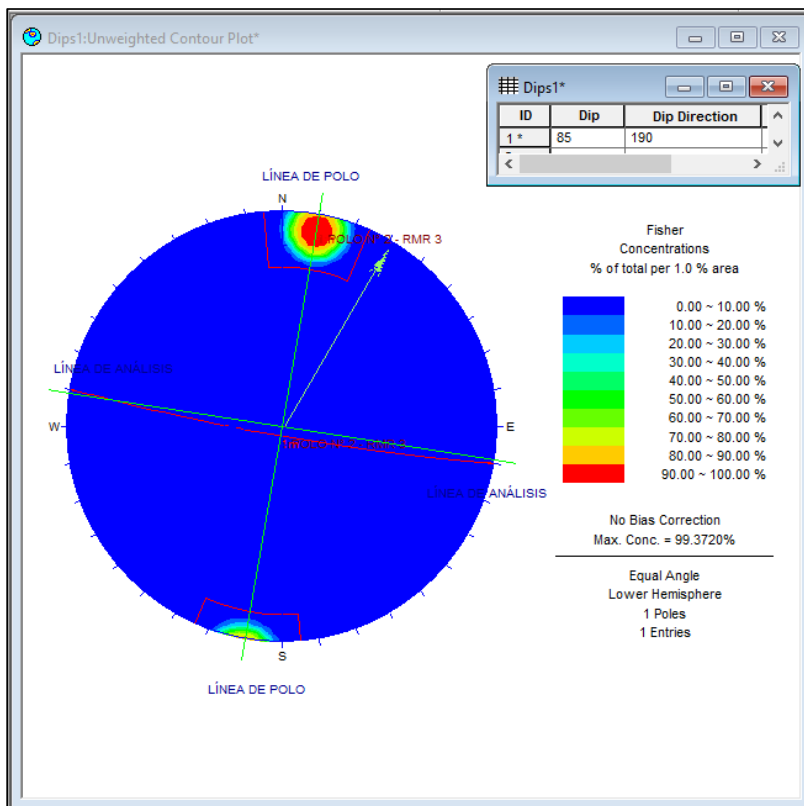
<b>PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO II</b>	<b>DIP</b> 85°	<b>DIRECCIÓN DE DIP</b> 190°
------------------------------------	-------------------	---------------------------------



LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 2
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto II - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 85° / 190° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 190°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 85°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 2.



LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 85° / 190°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en el mismo espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está a favor.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

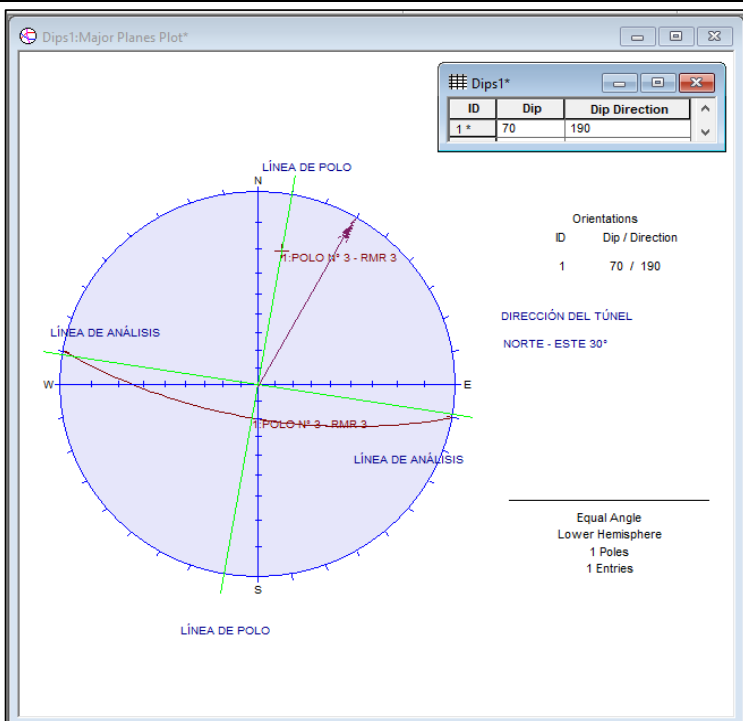
PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO II	85°	190°	175°	ESTABLE	A FAVOR DEL BUZAMIENTO

**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 3**

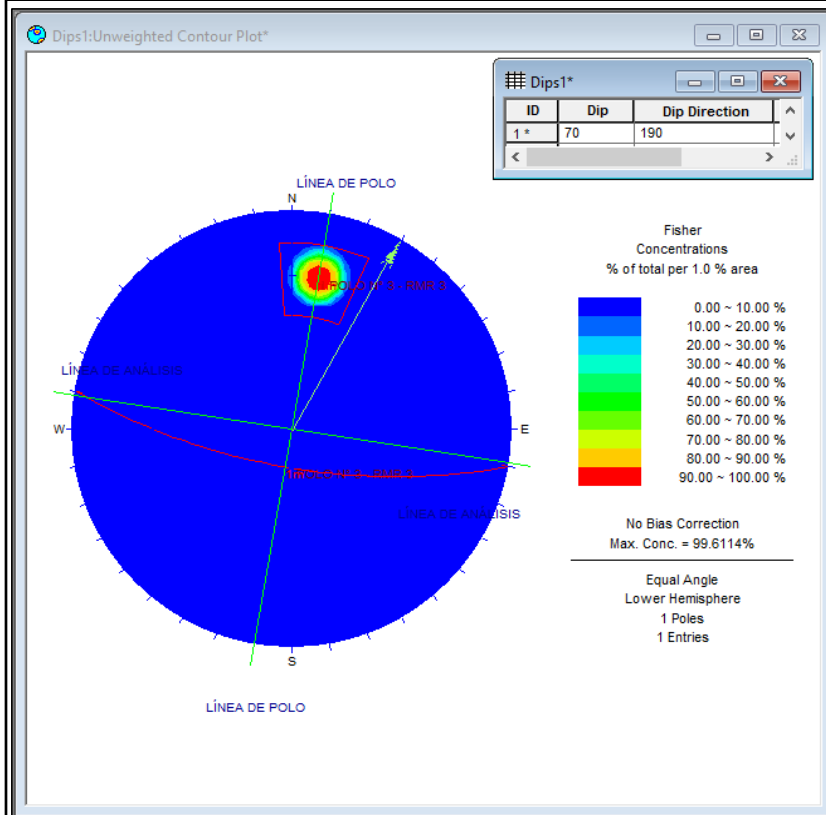
PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO III	DIP	DIRECCIÓN DE DIP
	70°	190°



LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 3
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto III - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 70° / 190° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 190°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 70°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 3.



LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 70° / 190°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en el mismo espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está a favor.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

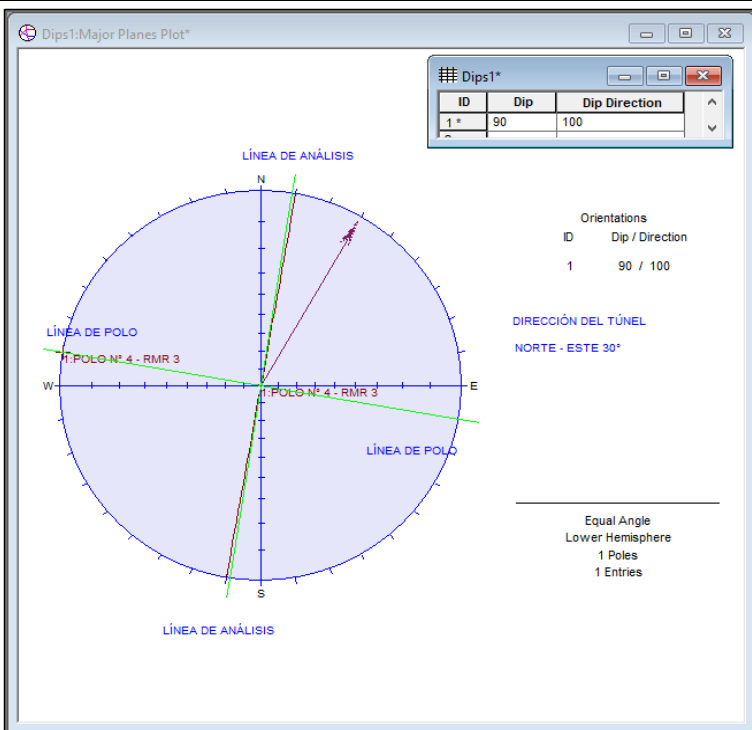
PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO III	70°	190°	160°	ESTABLE	A FAVOR DEL BUZAMIENTO

**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 3**

PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO IV	DIP	DIRECCIÓN DE DIP
	90°	100°

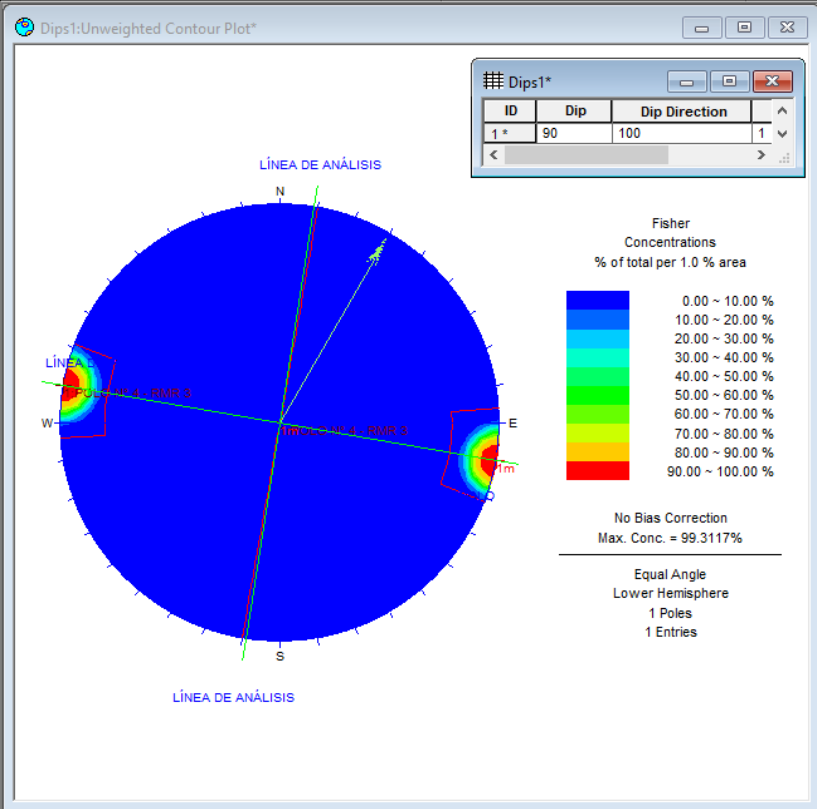


**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 4
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto IV - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 90° / 100° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 100°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 90°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 4.



**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 90° / 100°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel en el mismo espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está a favor.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

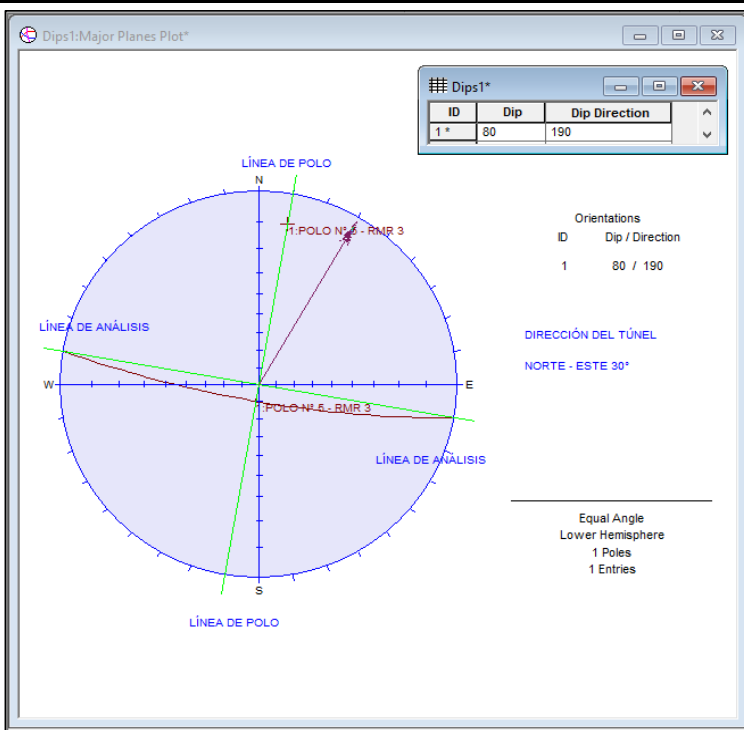
PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO IV	90°	100°	180°	ESTABLE	A FAVOR DEL BUZAMIENTO

**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 3**

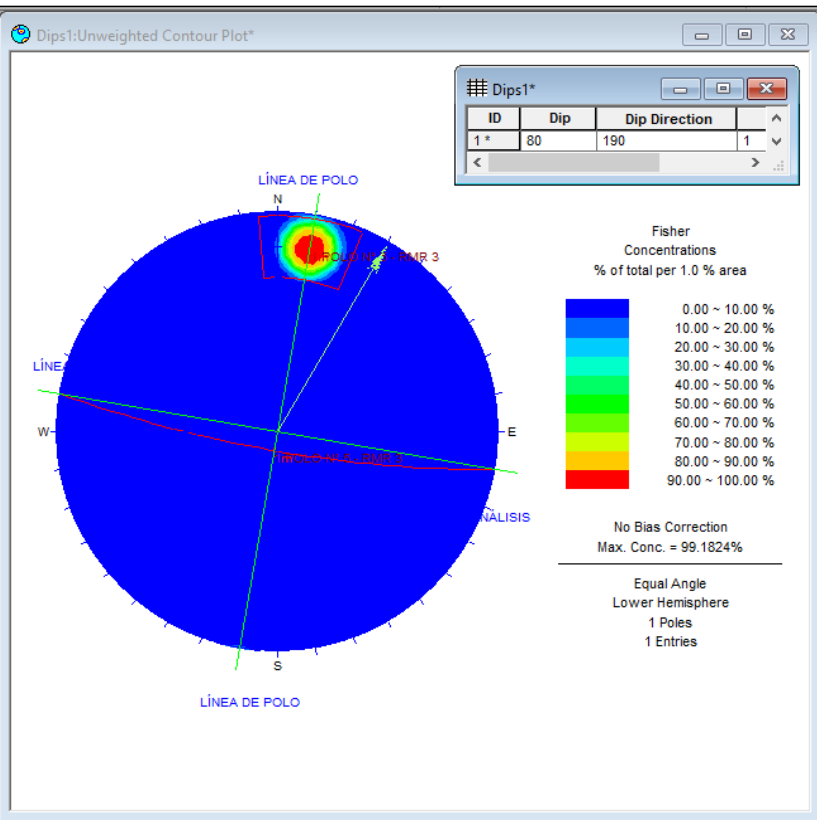
<b>PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO V</b>	<b>DIP</b> 80°	<b>DIRECCIÓN DE DIP</b> 190°
-----------------------------------	-------------------	---------------------------------



LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 5
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto V - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 80° / 190° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 190°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 80°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 5.



LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 80° / 190°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en el mismo espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está a favor.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO V	80°	190°	170°	ESTABLE	A FAVOR DEL BUZAMIENTO

**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

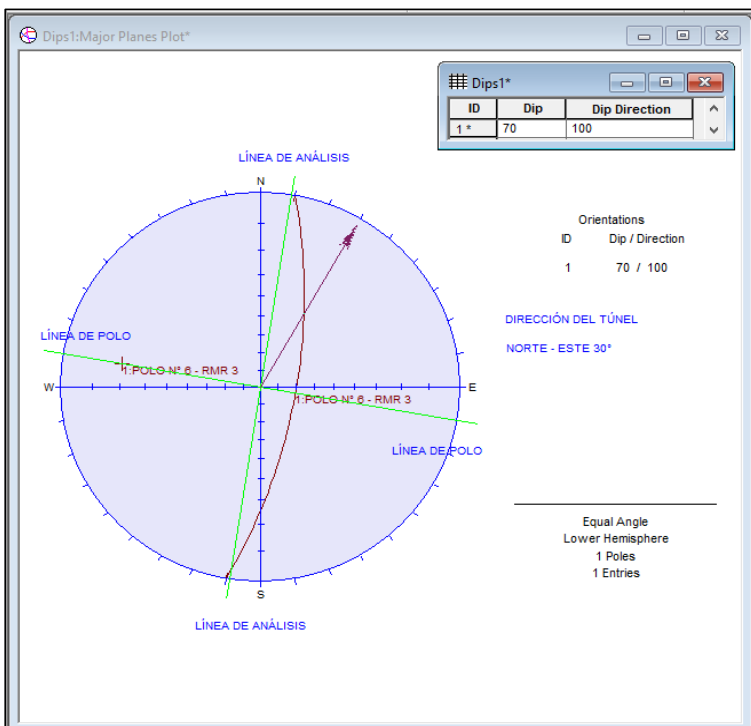
**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 3**

PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO VI

DIP  
70°

DIRECCIÓN DE DIP  
100°

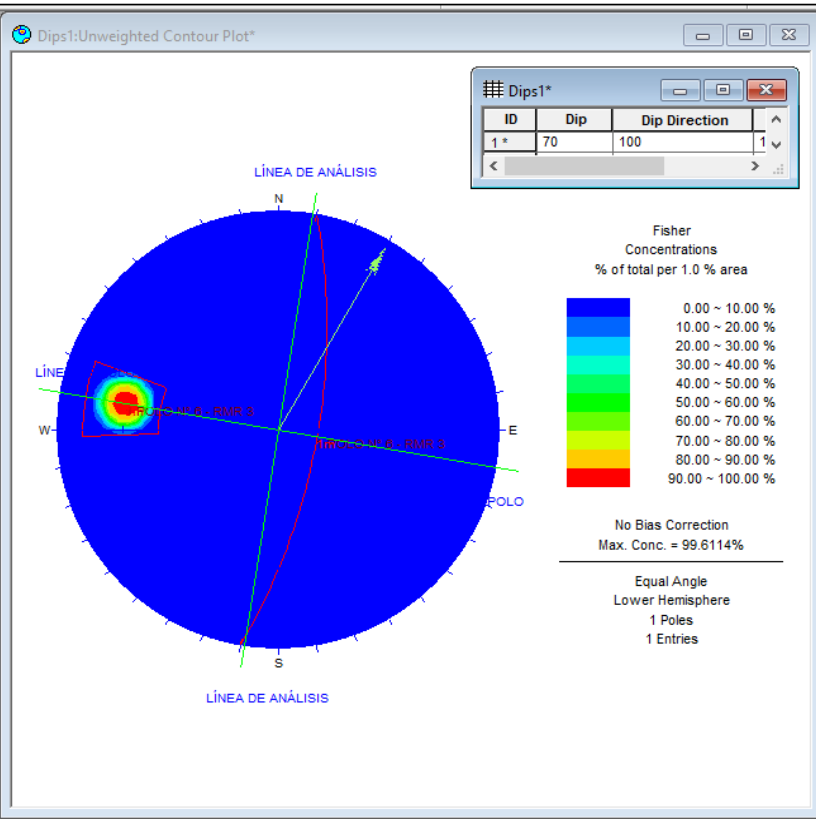


**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 6
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto VI - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 70° / 100° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 100°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 70°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 6.



**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

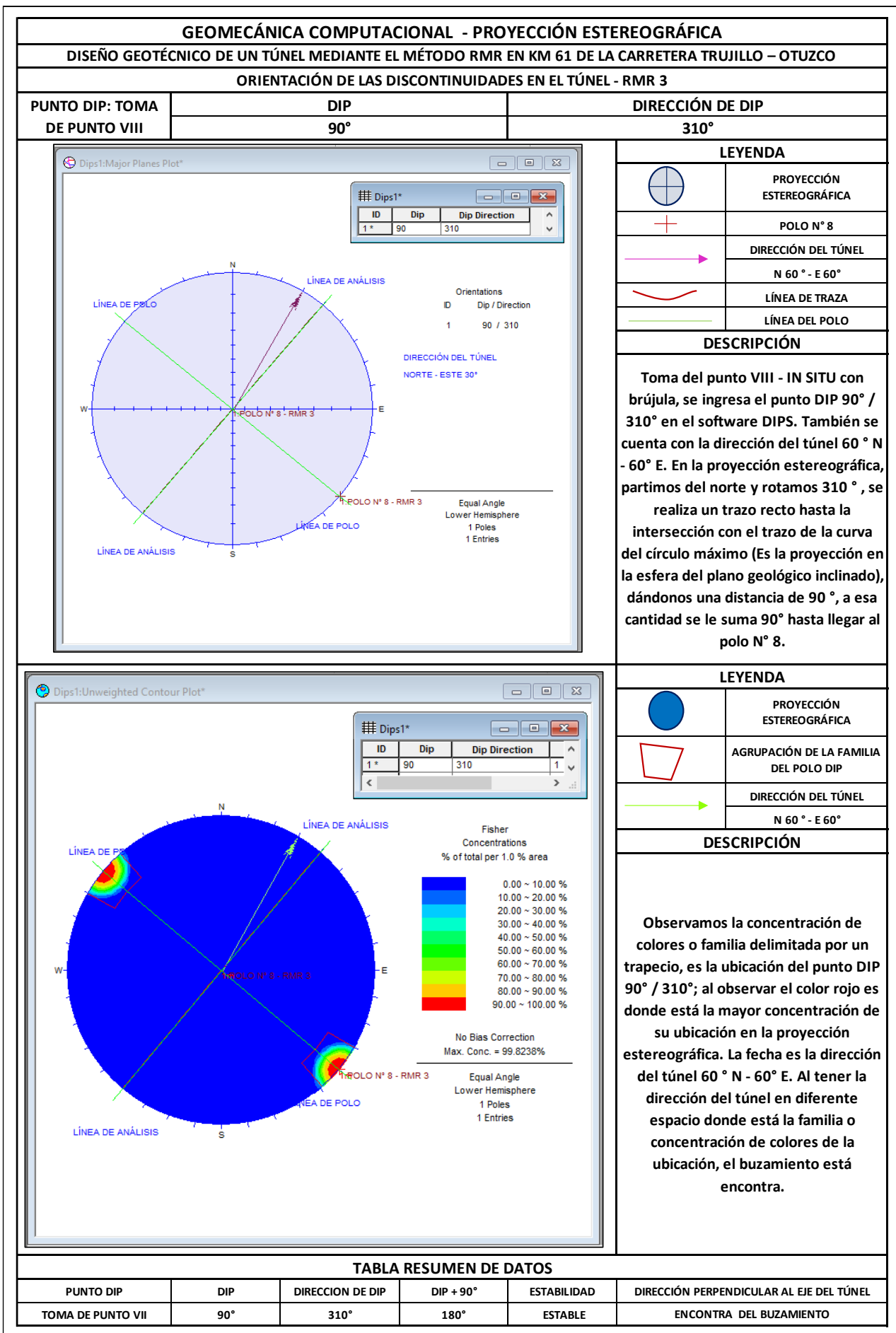
**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 70° / 100°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en diferente espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está encontra.

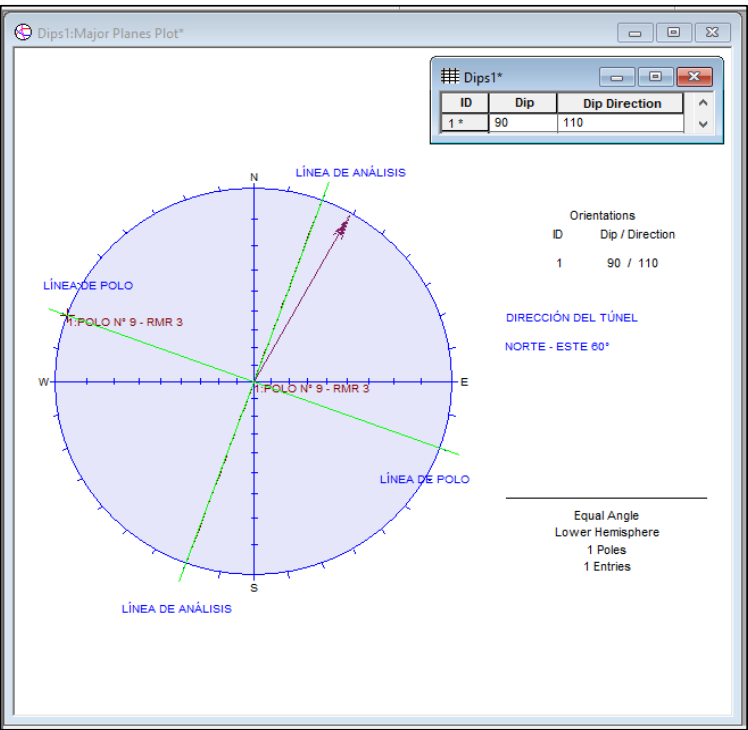


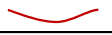



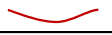



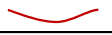

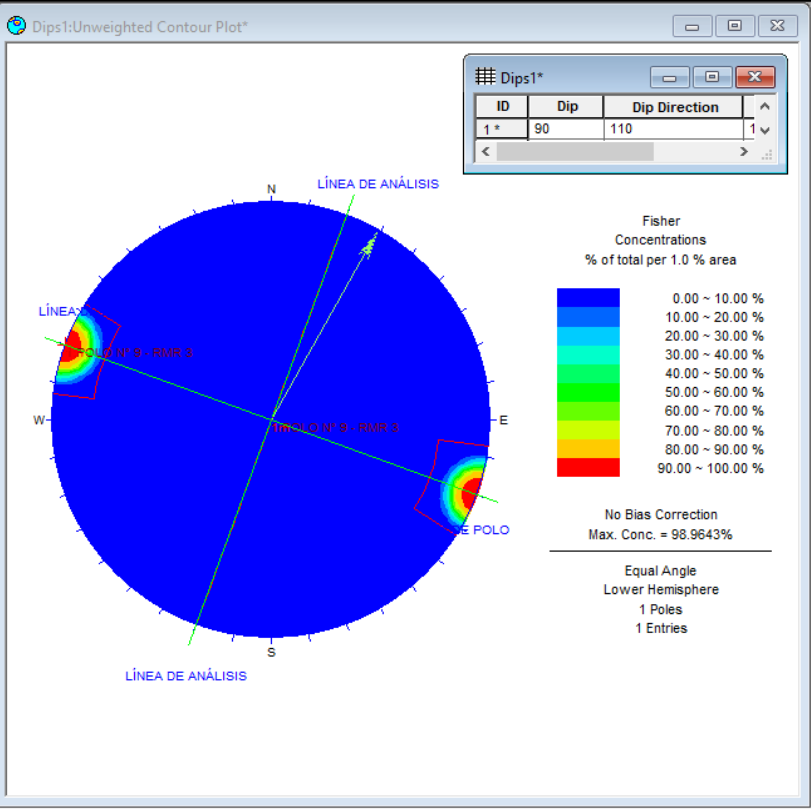









**TABLA RESUMEN DE DATOS**

PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO VI	70°	100°	160°	ESTABLE	ENCONTRA DEL BUZAMIENTO

GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA																			
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO																			
ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 3																			
PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO VII	DIP	DIRECCIÓN DE DIP																	
	90°	80°																	
		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">LEYENDA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">POLO N° 7</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">DIRECCIÓN DEL TÚNEL</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">N 60° - E 60°</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">LÍNEA DE TRAZA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">LÍNEA DEL POLO</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><b>DESCRIPCIÓN</b></p> <p>Toma del punto VII - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 90° / 15° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 15°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 90°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 7.</p>				LEYENDA			PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA		POLO N° 7		DIRECCIÓN DEL TÚNEL		N 60° - E 60°		LÍNEA DE TRAZA		LÍNEA DEL POLO
LEYENDA																			
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA																		
	POLO N° 7																		
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL																		
	N 60° - E 60°																		
	LÍNEA DE TRAZA																		
	LÍNEA DEL POLO																		
		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">LEYENDA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">DIRECCIÓN DEL TÚNEL</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">N 60° - E 60°</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><b>DESCRIPCIÓN</b></p> <p>Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 90° / 80°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel en diferente espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está encontra.</p>				LEYENDA			PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA		AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP		DIRECCIÓN DEL TÚNEL		N 60° - E 60°				
LEYENDA																			
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA																		
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP																		
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL																		
	N 60° - E 60°																		
TABLA RESUMEN DE DATOS																			
PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL														
TOMA DE PUNTO VII	90°	80°	180°	ESTABLE	ENCONTRA DEL BUZAMIENTO														





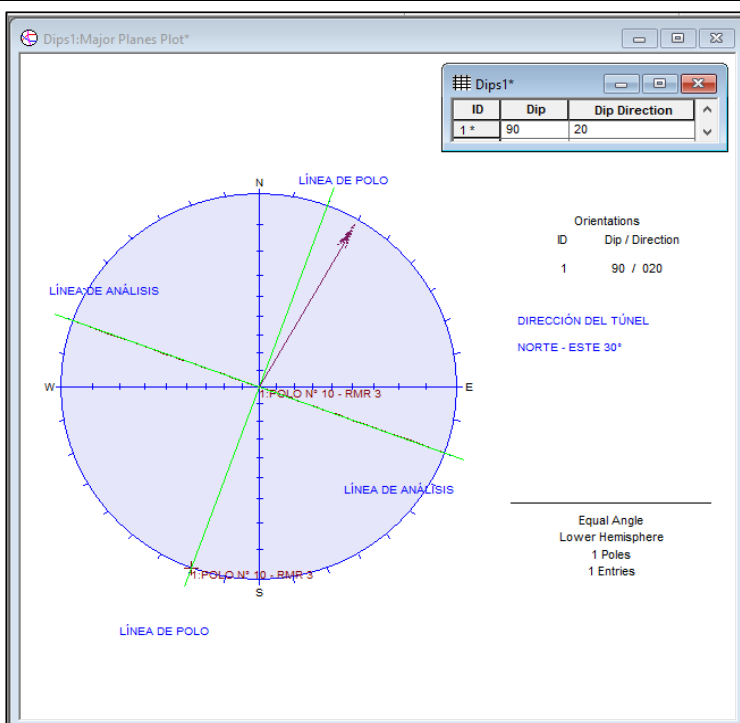
<b>GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA</b>																			
<b>DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO</b>																			
<b>ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 3</b>																			
PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO IX	DIP	DIRECCIÓN DE DIP																	
	<b>90°</b>	<b>110°</b>																	
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center; padding: 5px;">LEYENDA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">+</td> <td style="padding: 5px;">POLO N° 9</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">DIRECCIÓN DEL TÚNEL</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">N 60° - E 60°</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">LÍNEA DE TRAZA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">LÍNEA DEL POLO</td> </tr> </tbody> </table>				LEYENDA			PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA	+	POLO N° 9		DIRECCIÓN DEL TÚNEL		N 60° - E 60°		LÍNEA DE TRAZA		LÍNEA DEL POLO
LEYENDA																			
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA																		
+	POLO N° 9																		
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL																		
	N 60° - E 60°																		
	LÍNEA DE TRAZA																		
	LÍNEA DEL POLO																		
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center; padding: 5px;">LEYENDA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">DIRECCIÓN DEL TÚNEL</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">N 60° - E 60°</td> </tr> </tbody> </table>				LEYENDA			PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA		AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP		DIRECCIÓN DEL TÚNEL		N 60° - E 60°				
LEYENDA																			
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA																		
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP																		
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL																		
	N 60° - E 60°																		
		<p><b>DESCRIPCIÓN</b></p> <p>Toma del punto IX - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 90° / 110° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 110°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 90°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 9.</p>																	
		<p><b>DESCRIPCIÓN</b></p> <p>Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 90° / 110°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en diferente espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está encontra.</p>																	
<b>TABLA RESUMEN DE DATOS</b>																			
PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL														
TOMA DE PUNTO IX	90°	110°	180°	ESTABLE	ENCONTRA DEL BUZAMIENTO														

**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 3**

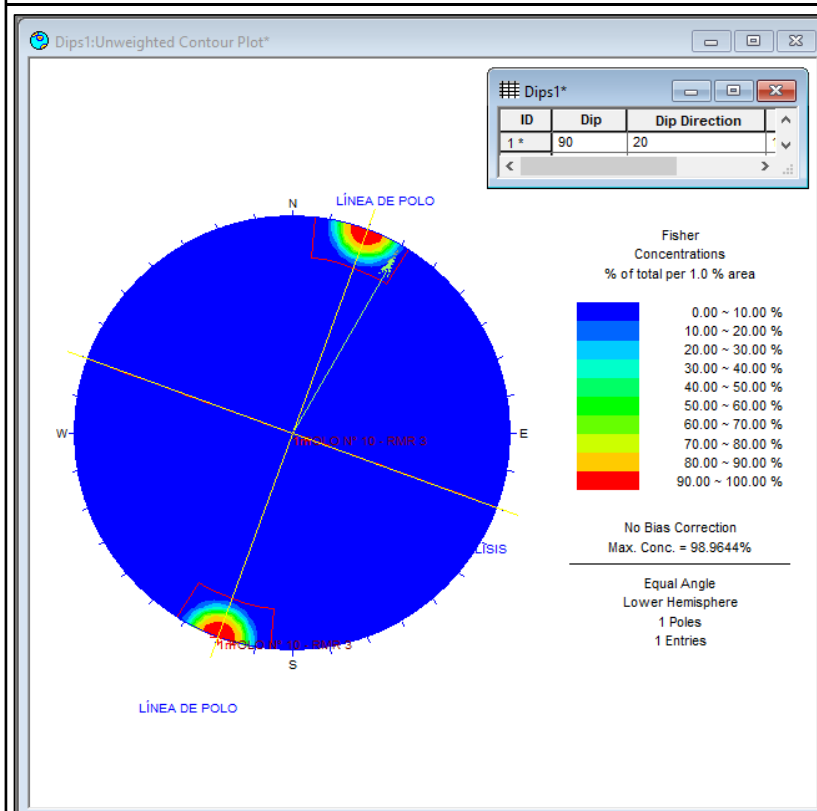
PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO X	DIP	DIRECCIÓN DE DIP
	90°	20°



LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 10
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto IX - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 90° / 20° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 20°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 90°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 10.



LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 90° / 20°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en diferente espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está encontra.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

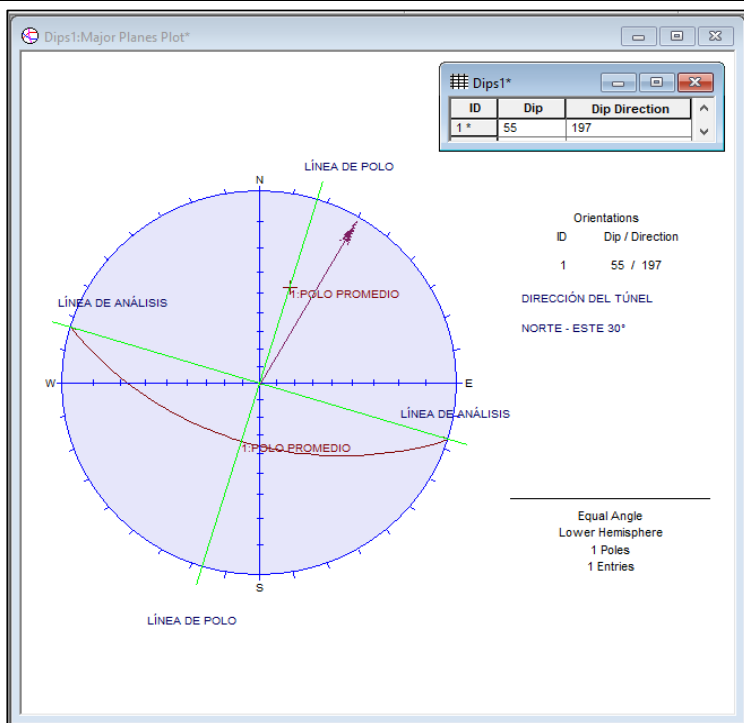
PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO X	90°	20°	180°	ESTABLE	ENCONTRA DEL BUZAMIENTO

**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 4**

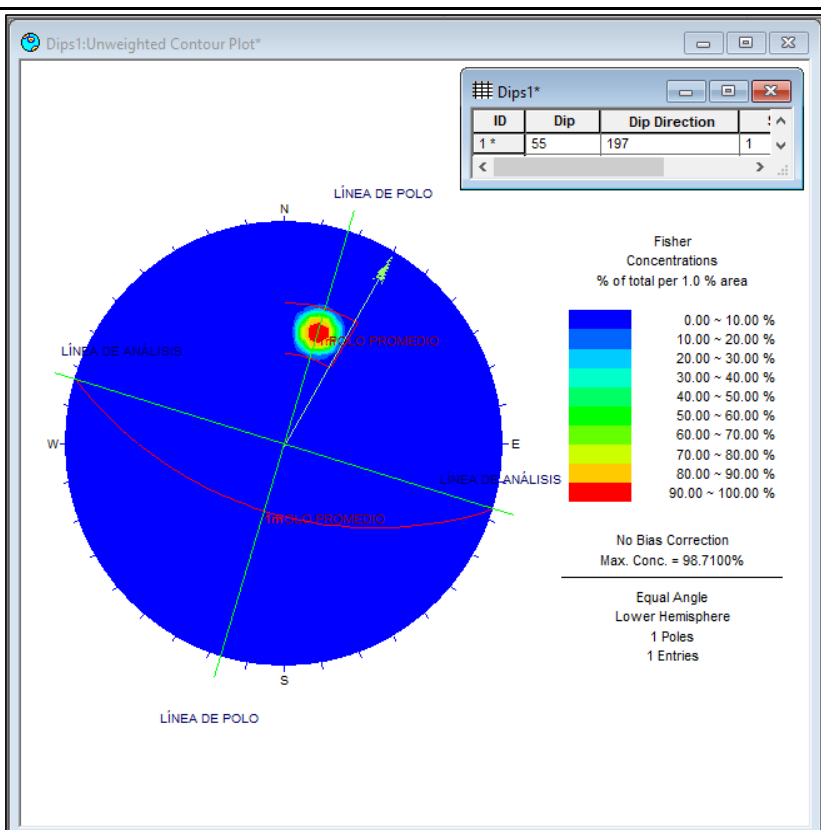
<b>PUNTO DIP:</b>	<b>DIP</b>	<b>DIRECCIÓN DE DIP</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>55°</b>	<b>197°</b>



LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO PROMEDIO
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto IX - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 55° / 197° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 197°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 55°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo promedio.



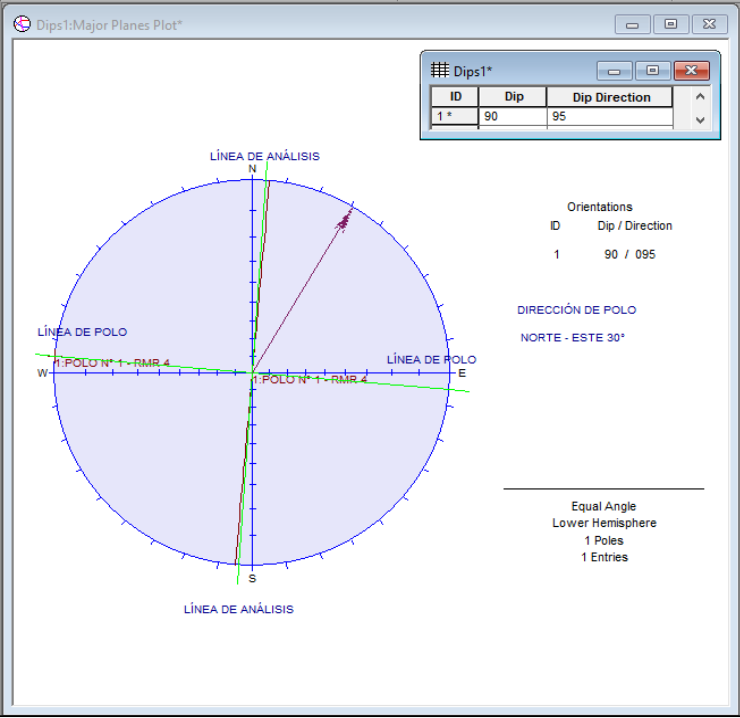


















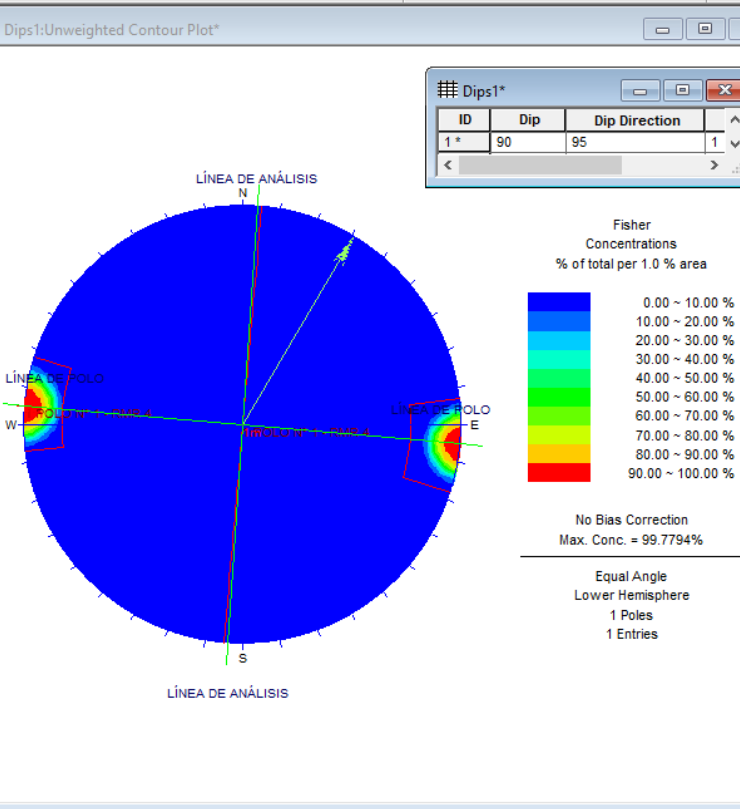












LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

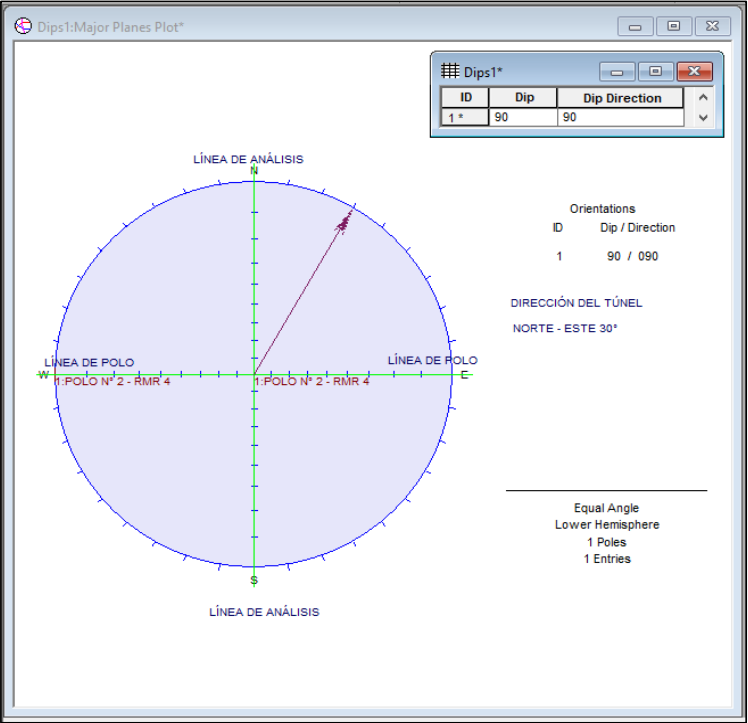



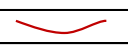




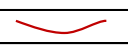




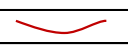

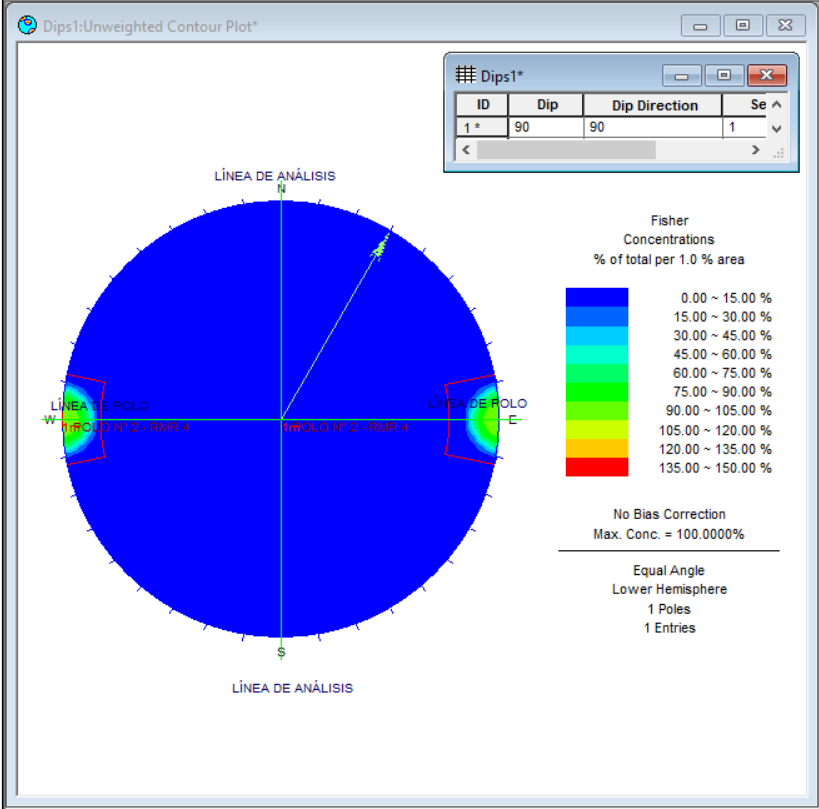









**DESCRIPCIÓN**

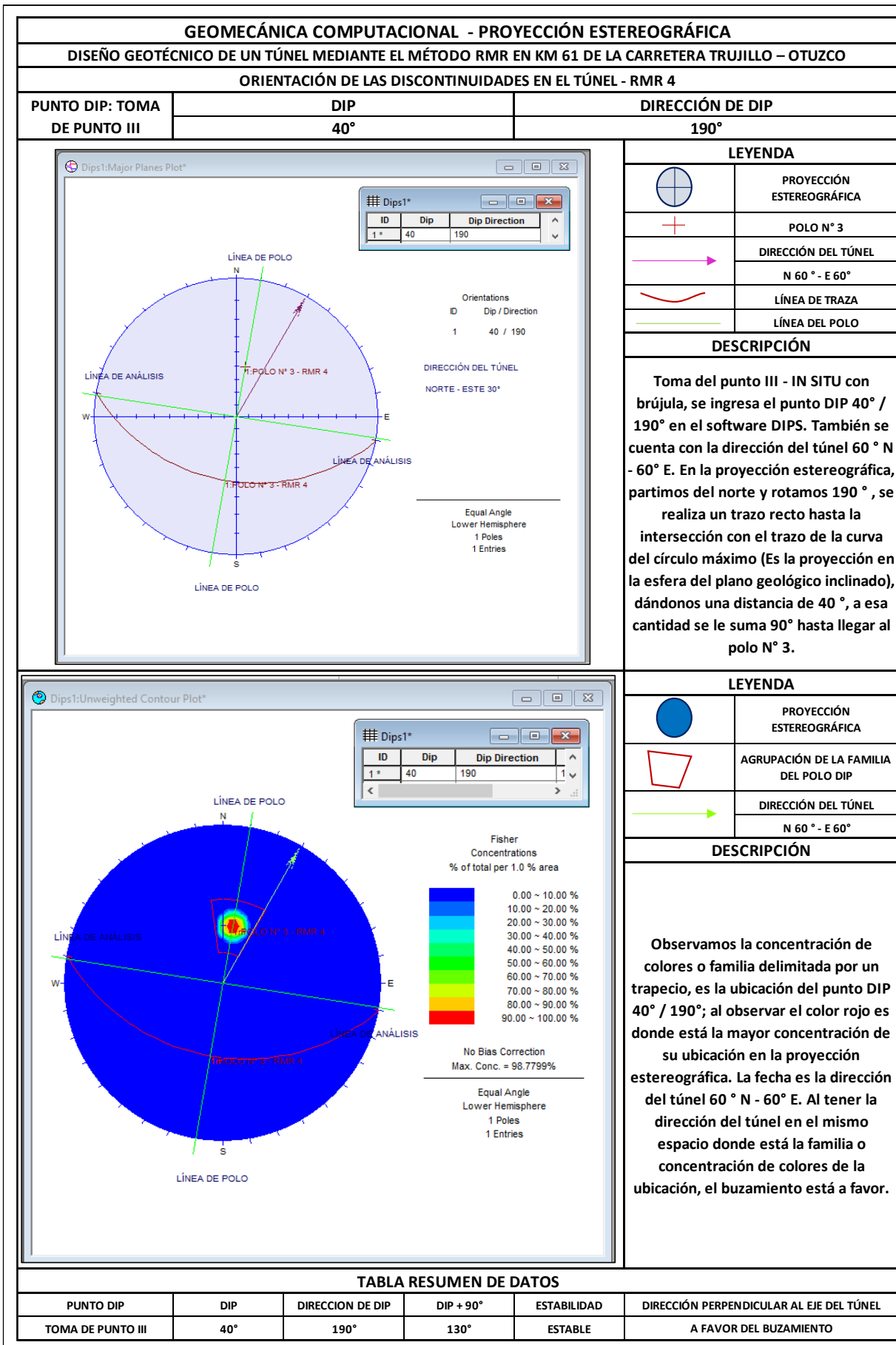
Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 55° / 197°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en el mismo espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está a favor.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO X	55°	197°	110°	ESTABLE	A FAVOR DEL BUZAMIENTO

<b>GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA</b>																			
<b>DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO</b>																			
<b>ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 4</b>																			
PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO I	DIP	DIRECCIÓN DE DIP																	
	<b>90°</b>	<b>95°</b>																	
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center; padding: 5px;">LEYENDA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">POLO N° 1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">DIRECCIÓN DEL TÚNEL</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">N 60° - E 60°</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">LÍNEA DE TRAZA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">LÍNEA DEL POLO</td> </tr> </tbody> </table>				LEYENDA			PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA		POLO N° 1		DIRECCIÓN DEL TÚNEL		N 60° - E 60°		LÍNEA DE TRAZA		LÍNEA DEL POLO
LEYENDA																			
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA																		
	POLO N° 1																		
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL																		
	N 60° - E 60°																		
	LÍNEA DE TRAZA																		
	LÍNEA DEL POLO																		
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center; padding: 5px;">LEYENDA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">DIRECCIÓN DEL TÚNEL</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">N 60° - E 60°</td> </tr> </tbody> </table>				LEYENDA			PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA		AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP		DIRECCIÓN DEL TÚNEL		N 60° - E 60°				
LEYENDA																			
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA																		
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP																		
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL																		
	N 60° - E 60°																		
<b>DESCRIPCIÓN</b>																			
<p>Toma del punto I - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 90° / 95° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 95°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 90°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 1.</p>																			
<b>DESCRIPCIÓN</b>																			
<p>Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 90° / 95°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en diferente espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está encontra.</p>																			
TABLA RESUMEN DE DATOS																			
PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL														
TOMA DE PUNTO I	90°	95°	180°	ESTABLE	ENCONTRA DEL BUZAMIENTO														

<b>GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA</b>																			
<b>DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO</b>																			
<b>ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 4</b>																			
PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO II	DIP	DIRECCIÓN DE DIP																	
	<b>90°</b>	<b>90°</b>																	
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center; padding: 5px;">LEYENDA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">POLO N° 2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">DIRECCIÓN DEL TÚNEL</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">N 60° - E 60°</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">LÍNEA DE TRAZA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">LÍNEA DEL POLO</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center; padding: 5px;"><b>DESCRIPCIÓN</b></p> <p style="padding: 5px;">Toma del punto II - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 90° / 90° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 90°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 90°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 2.</p>				LEYENDA			PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA		POLO N° 2		DIRECCIÓN DEL TÚNEL		N 60° - E 60°		LÍNEA DE TRAZA		LÍNEA DEL POLO
LEYENDA																			
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA																		
	POLO N° 2																		
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL																		
	N 60° - E 60°																		
	LÍNEA DE TRAZA																		
	LÍNEA DEL POLO																		
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center; padding: 5px;">LEYENDA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">DIRECCIÓN DEL TÚNEL</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">N 60° - E 60°</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center; padding: 5px;"><b>DESCRIPCIÓN</b></p> <p style="padding: 5px;">Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 90° / 90°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en diferente espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está encontra.</p>				LEYENDA			PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA		AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP		DIRECCIÓN DEL TÚNEL		N 60° - E 60°				
LEYENDA																			
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA																		
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP																		
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL																		
	N 60° - E 60°																		
<b>TABLA RESUMEN DE DATOS</b>																			
PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL														
TOMA DE PUNTO II	90°	90°	180°	ESTABLE	ENCONTRA DEL BUZAMIENTO														

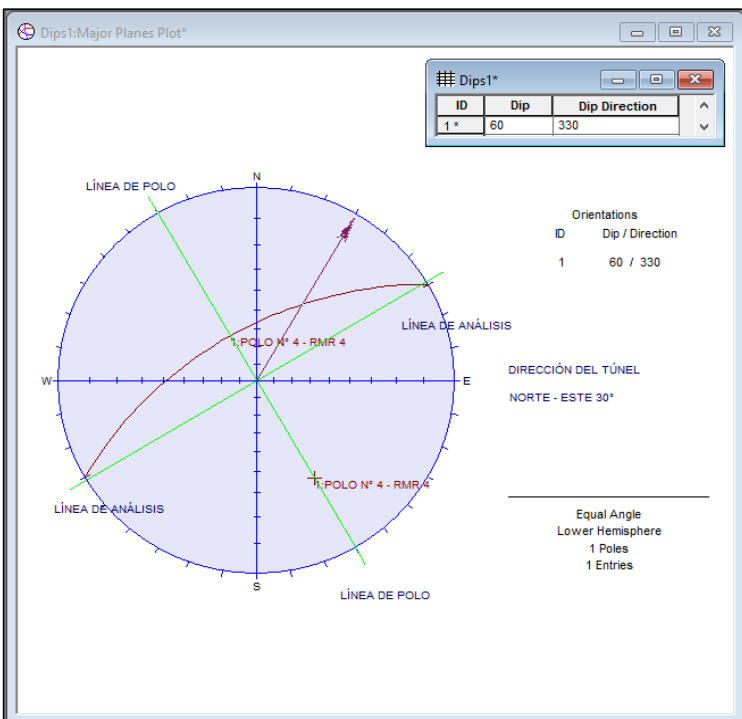


**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 4**

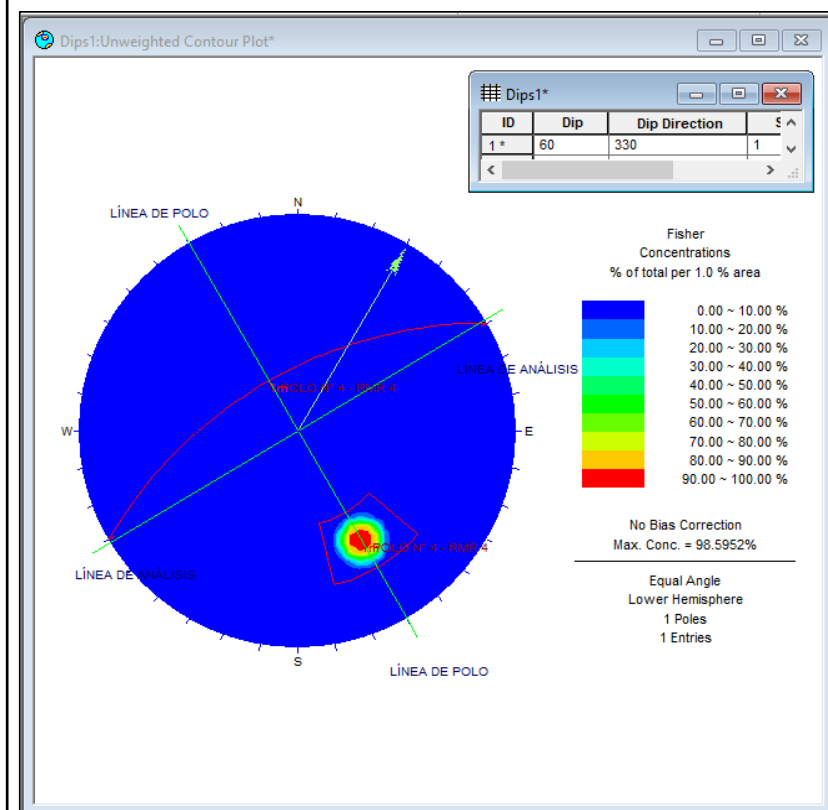
PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO IV	DIP	DIRECCIÓN DE DIP
	60°	330°



LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 4
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto IV - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 60° / 330° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 330°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 60°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 4.



LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

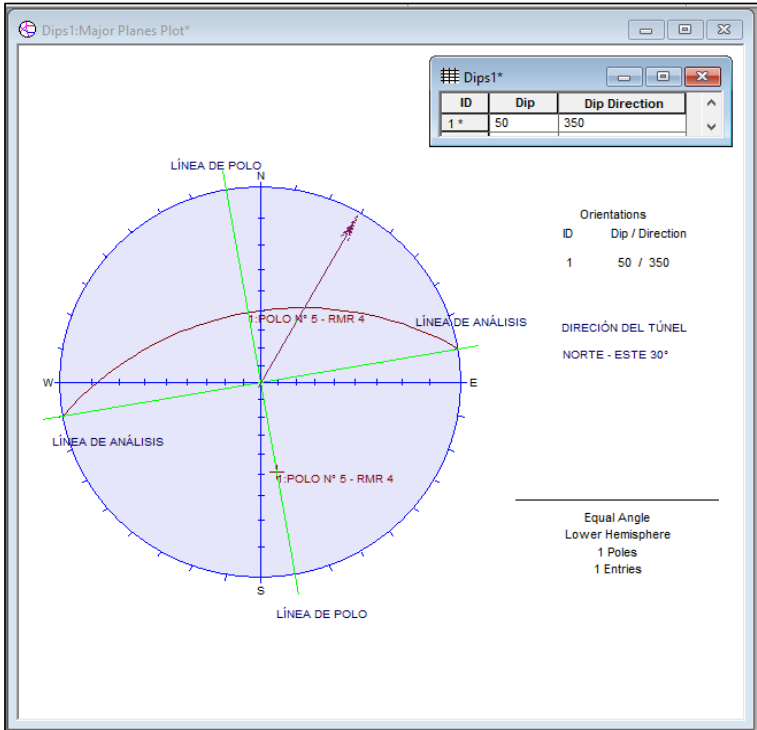



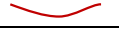




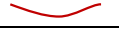




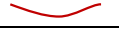

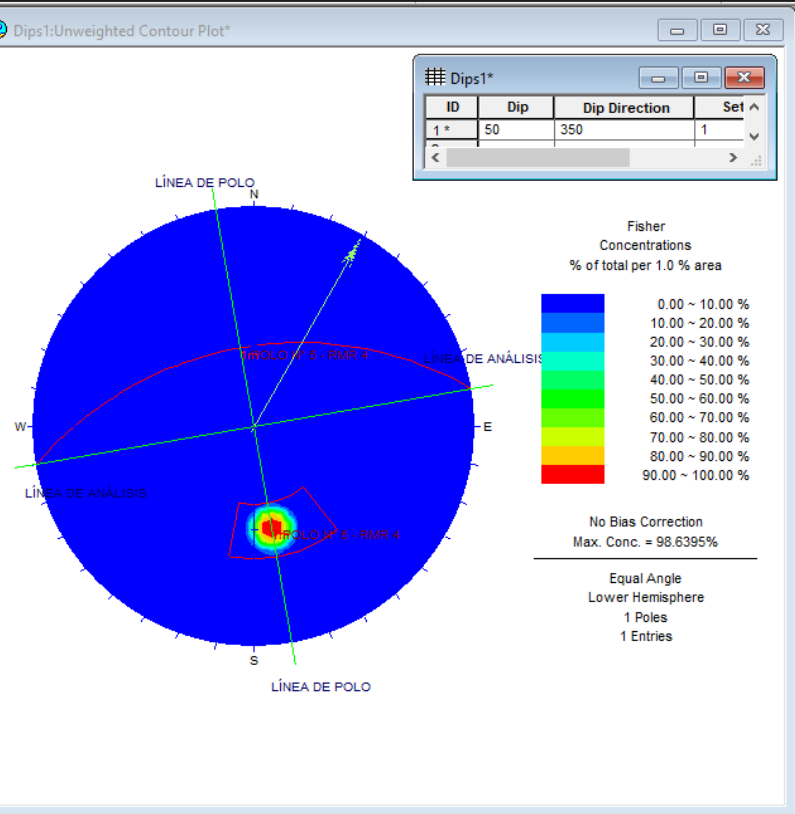









**DESCRIPCIÓN**

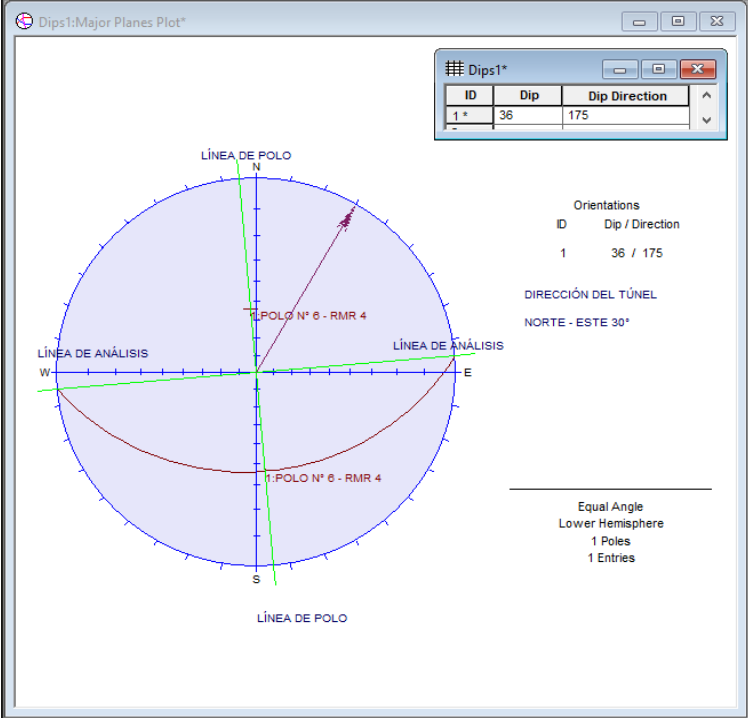


















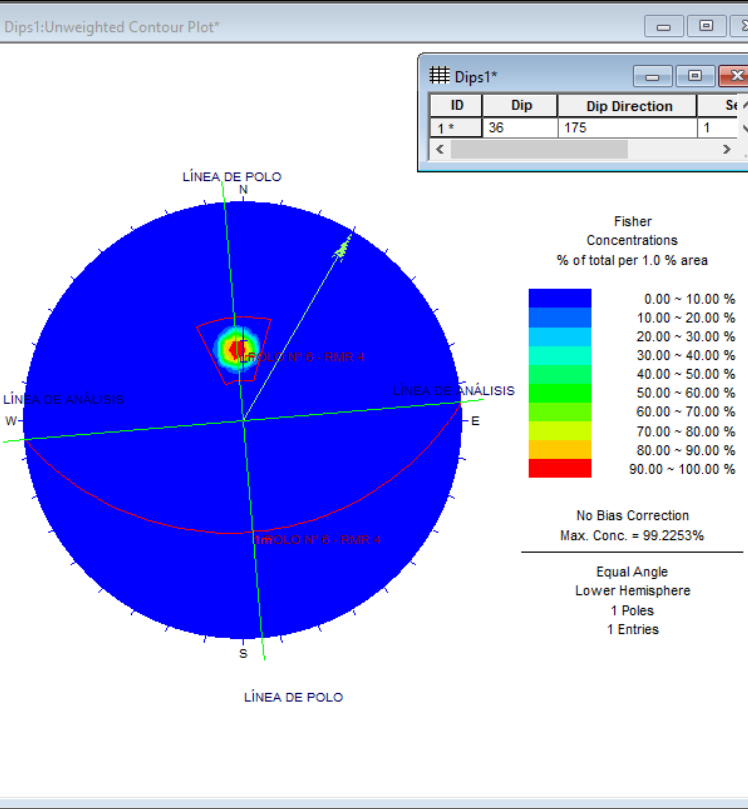












Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 60° / 330°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en diferente espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está encontra.

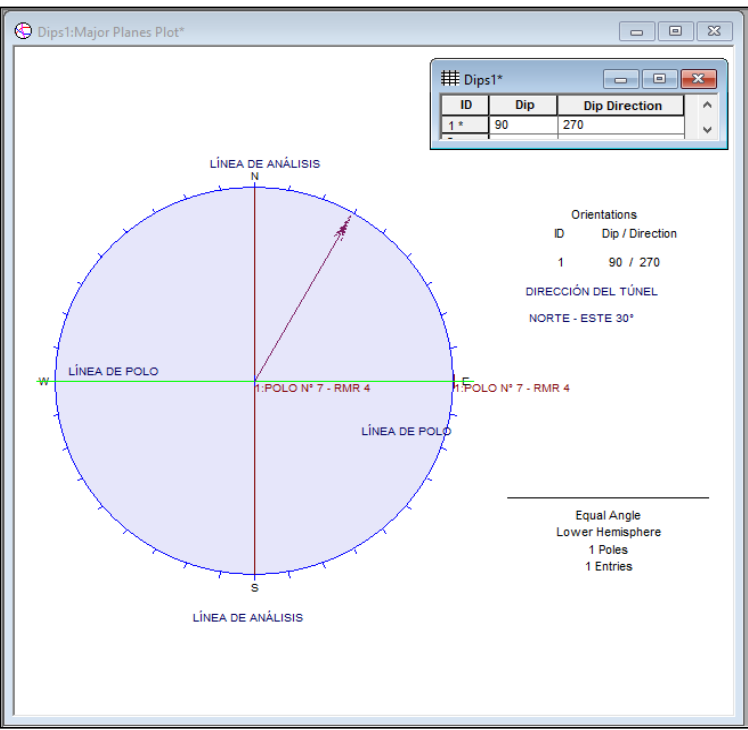


















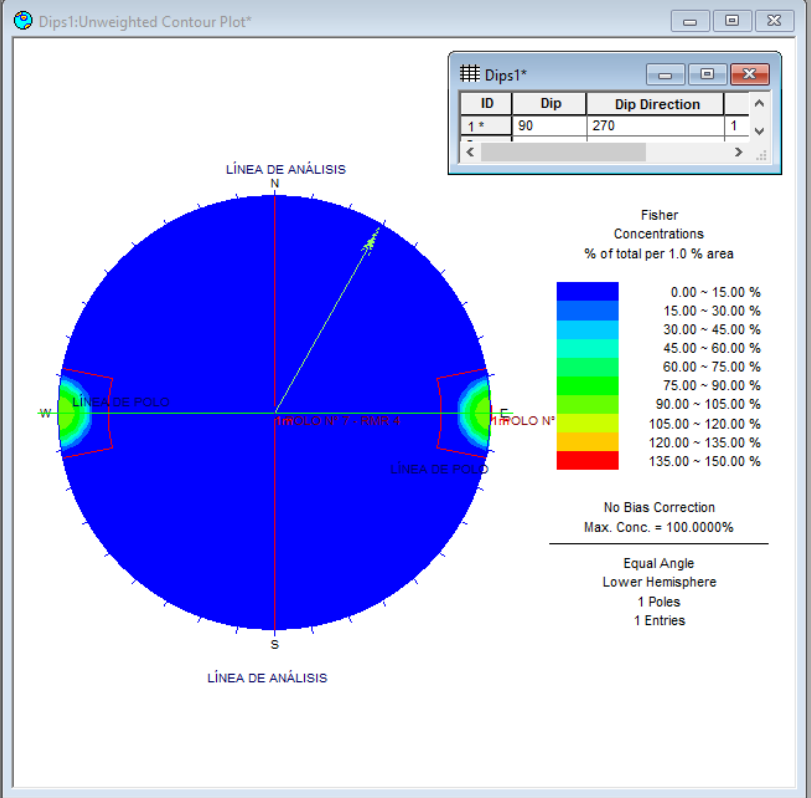












**TABLA RESUMEN DE DATOS**

PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO IV	60°	330°	150°	ESTABLE	ENCONTRA DEL BUZAMIENTO



<b>GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA</b>																			
<b>DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO</b>																			
<b>ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 4</b>																			
PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO V	DIP	DIRECCIÓN DE DIP																	
	<b>50°</b>	<b>350°</b>																	
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center; padding: 5px;"><b>LEYENDA</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">POLO N° 5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">DIRECCIÓN DEL TÚNEL</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">N 60° - E 60°</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">LÍNEA DE TRAZA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">LÍNEA DEL POLO</td> </tr> </tbody> </table>				<b>LEYENDA</b>			PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA		POLO N° 5		DIRECCIÓN DEL TÚNEL		N 60° - E 60°		LÍNEA DE TRAZA		LÍNEA DEL POLO
<b>LEYENDA</b>																			
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA																		
	POLO N° 5																		
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL																		
	N 60° - E 60°																		
	LÍNEA DE TRAZA																		
	LÍNEA DEL POLO																		
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center; padding: 5px;"><b>LEYENDA</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">DIRECCIÓN DEL TÚNEL</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;">N 60° - E 60°</td> </tr> </tbody> </table>				<b>LEYENDA</b>			PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA		AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP		DIRECCIÓN DEL TÚNEL		N 60° - E 60°				
<b>LEYENDA</b>																			
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA																		
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP																		
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL																		
	N 60° - E 60°																		
		<p><b>DESCRIPCIÓN</b></p> <p>Toma del punto V - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 50° / 350° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E.</p> <p>En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 350°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 50°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 5.</p>																	
		<p><b>DESCRIPCIÓN</b></p> <p>Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 50° / 350°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel en diferente espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está a encontra.</p>																	
<b>TABLA RESUMEN DE DATOS</b>																			
PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL														
TOMA DE PUNTO V	50°	350°	140°	ESTABLE	ENCONTRA DEL BUZAMIENTO														

<b>GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA</b>																			
<b>DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO</b>																			
<b>ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 4</b>																			
PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO VI	DIP	DIRECCIÓN DE DIP																	
	<b>36°</b>	<b>175°</b>																	
		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">LEYENDA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">POLO N° 6</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">DIRECCIÓN DEL TÚNEL</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">N 60° - E 60°</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">LÍNEA DE TRAZA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">LÍNEA DEL POLO</td> </tr> </tbody> </table>				LEYENDA			PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA		POLO N° 6		DIRECCIÓN DEL TÚNEL		N 60° - E 60°		LÍNEA DE TRAZA		LÍNEA DEL POLO
LEYENDA																			
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA																		
	POLO N° 6																		
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL																		
	N 60° - E 60°																		
	LÍNEA DE TRAZA																		
	LÍNEA DEL POLO																		
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="6" style="text-align: center;">DESCRIPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="6" style="padding: 5px;"> <p>Toma del punto VI - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 36° / 175° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 175°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 36°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 6.</p> </td> </tr> </tbody> </table>						DESCRIPCIÓN						<p>Toma del punto VI - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 36° / 175° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 175°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 36°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 6.</p>							
DESCRIPCIÓN																			
<p>Toma del punto VI - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 36° / 175° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 175°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 36°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 6.</p>																			
		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">LEYENDA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">DIRECCIÓN DEL TÚNEL</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">N 60° - E 60°</td> </tr> </tbody> </table>				LEYENDA			PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA		AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP		DIRECCIÓN DEL TÚNEL		N 60° - E 60°				
LEYENDA																			
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA																		
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP																		
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL																		
	N 60° - E 60°																		
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="6" style="text-align: center;">DESCRIPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="6" style="padding: 5px;"> <p>Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 36° / 175°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en el mismo espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está a favor.</p> </td> </tr> </tbody> </table>						DESCRIPCIÓN						<p>Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 36° / 175°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en el mismo espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está a favor.</p>							
DESCRIPCIÓN																			
<p>Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 36° / 175°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en el mismo espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está a favor.</p>																			
TABLA RESUMEN DE DATOS																			
PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL														
TOMA DE PUNTO VI	36°	175°	126°	ESTABLE	A FAVOR DEL BUZAMIENTO														

<b>GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA</b>																			
<b>DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO</b>																			
<b>ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 4</b>																			
PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO VII	DIP	DIRECCIÓN DE DIP																	
	<b>90°</b>	<b>270°</b>																	
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center; padding: 5px;">LEYENDA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; width: 30px;"></td> <td style="padding: 5px;">PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="padding: 5px;">POLO N° 7</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="padding: 5px;">DIRECCIÓN DEL TÚNEL</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="padding: 5px;">N 60° - E 60°</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="padding: 5px;">LÍNEA DE TRAZA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="padding: 5px;">LÍNEA DEL POLO</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center; padding: 5px;"><b>DESCRIPCIÓN</b></p> <p style="padding: 5px;">Toma del punto VII - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 90° / 270° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 270°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 90°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 7.</p>				LEYENDA			PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA		POLO N° 7		DIRECCIÓN DEL TÚNEL		N 60° - E 60°		LÍNEA DE TRAZA		LÍNEA DEL POLO
LEYENDA																			
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA																		
	POLO N° 7																		
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL																		
	N 60° - E 60°																		
	LÍNEA DE TRAZA																		
	LÍNEA DEL POLO																		
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center; padding: 5px;">LEYENDA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; width: 30px;"></td> <td style="padding: 5px;">PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="padding: 5px;">AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="padding: 5px;">DIRECCIÓN DEL TÚNEL</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="padding: 5px;">N 60° - E 60°</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center; padding: 5px;"><b>DESCRIPCIÓN</b></p> <p style="padding: 5px;">Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 90° / 270°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en el mismo espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está a favor.</p>				LEYENDA			PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA		AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP		DIRECCIÓN DEL TÚNEL		N 60° - E 60°				
LEYENDA																			
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA																		
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP																		
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL																		
	N 60° - E 60°																		
<b>TABLA RESUMEN DE DATOS</b>																			
PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL														
TOMA DE PUNTO VII	90°	270°	180°	ESTABLE	A FAVOR DEL BUZAMIENTO														

**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

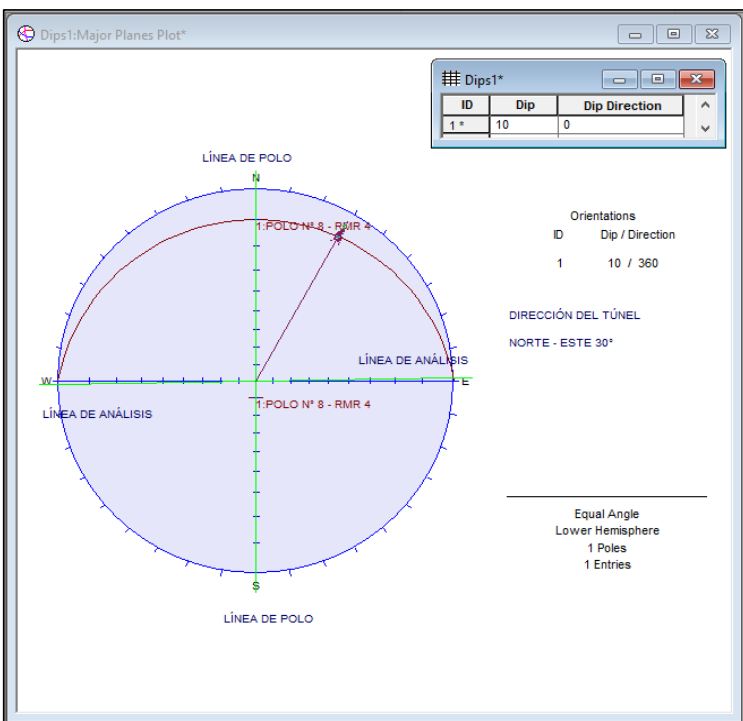
**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 4**

**PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO VIII**

**DIP**  
**10°**

**DIRECCIÓN DE DIP**  
**0°**

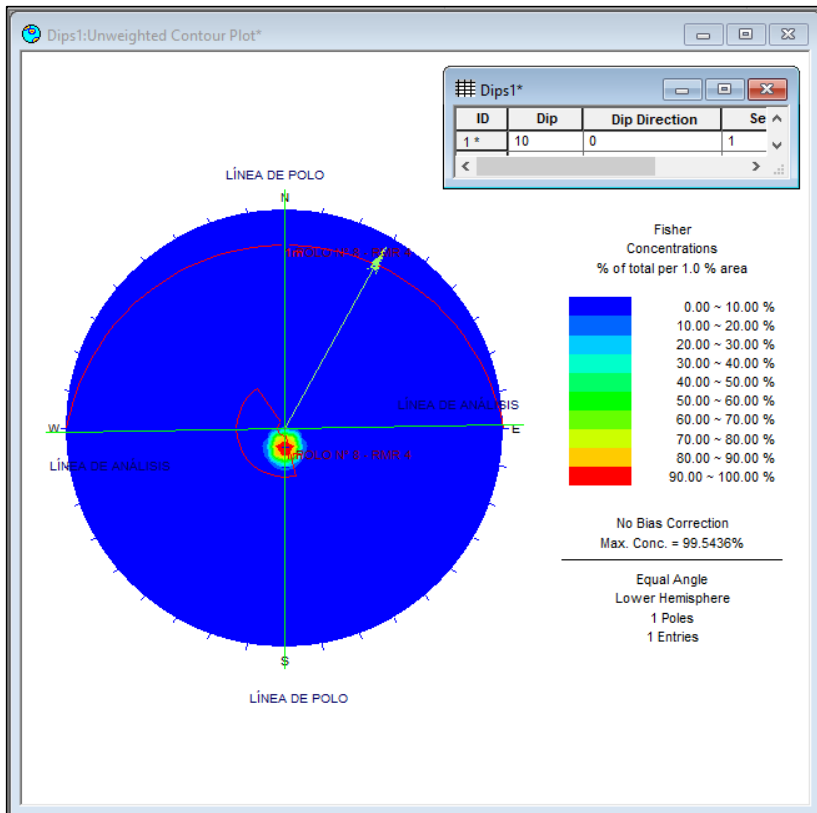


**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 8
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto VIII - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 10° / 0° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 0°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 10°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 8.



**LEYENDA**

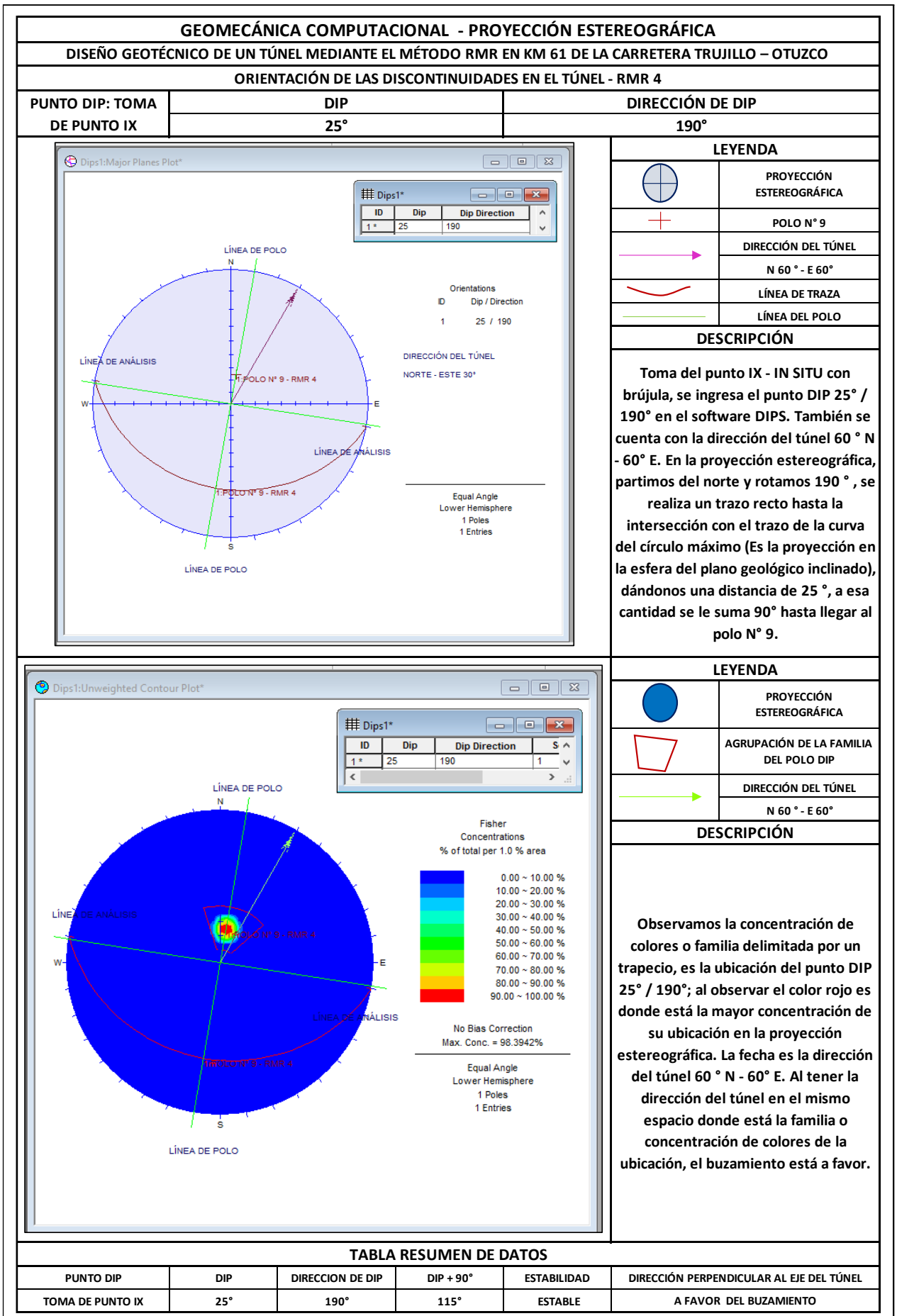
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 10° / 0°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en diferente espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está encontra.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO VII	10°	0°	100°	ESTABLE	ENCONTRA DEL BUZAMIENTO

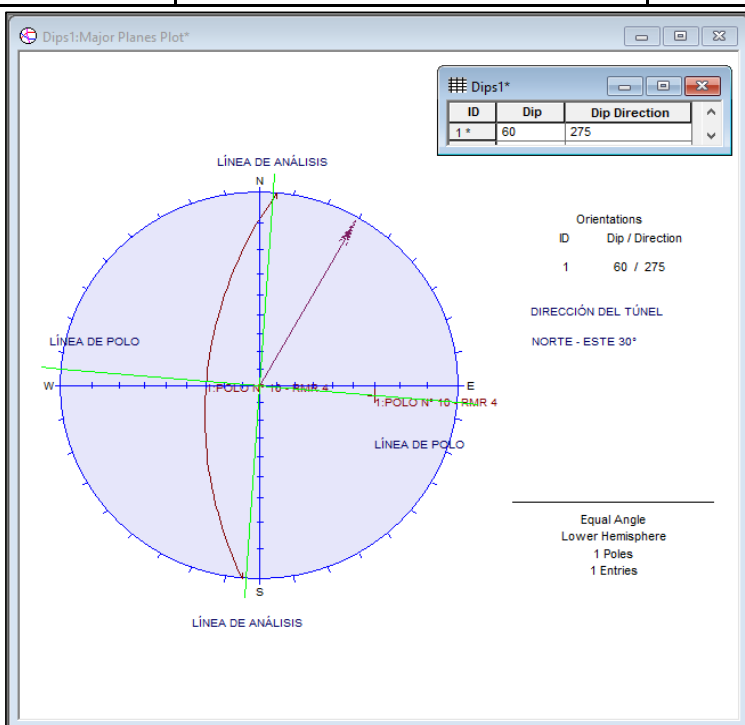


**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 4**

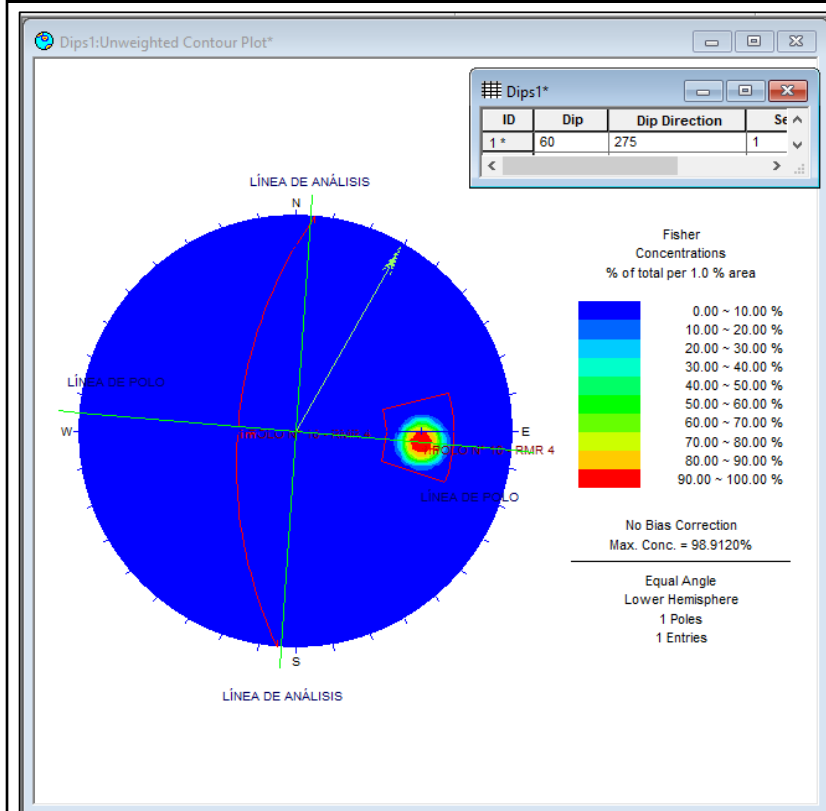
PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO X	DIP	DIRECCIÓN DE DIP
	60°	275°



LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 10
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60 ° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto IX - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 60° / 275° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 275°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 60°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 10.



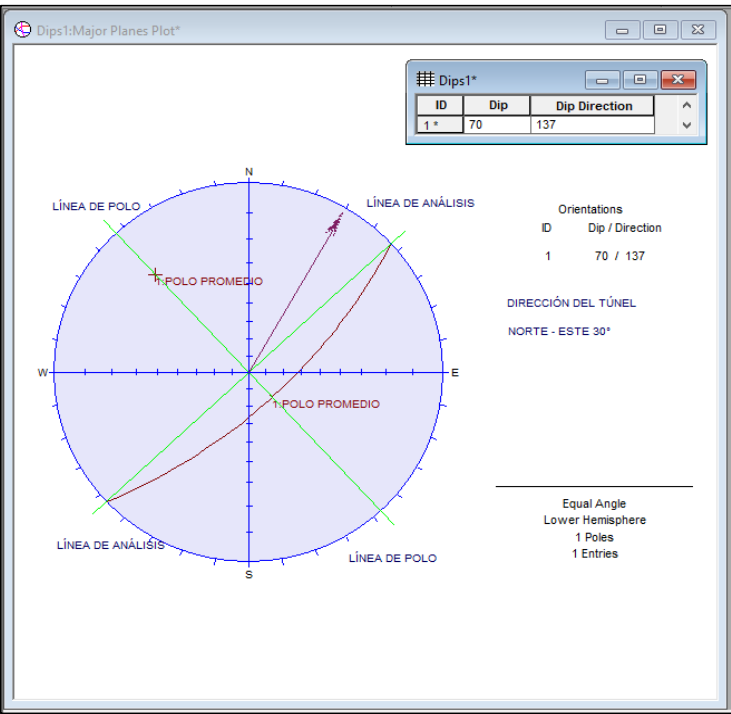
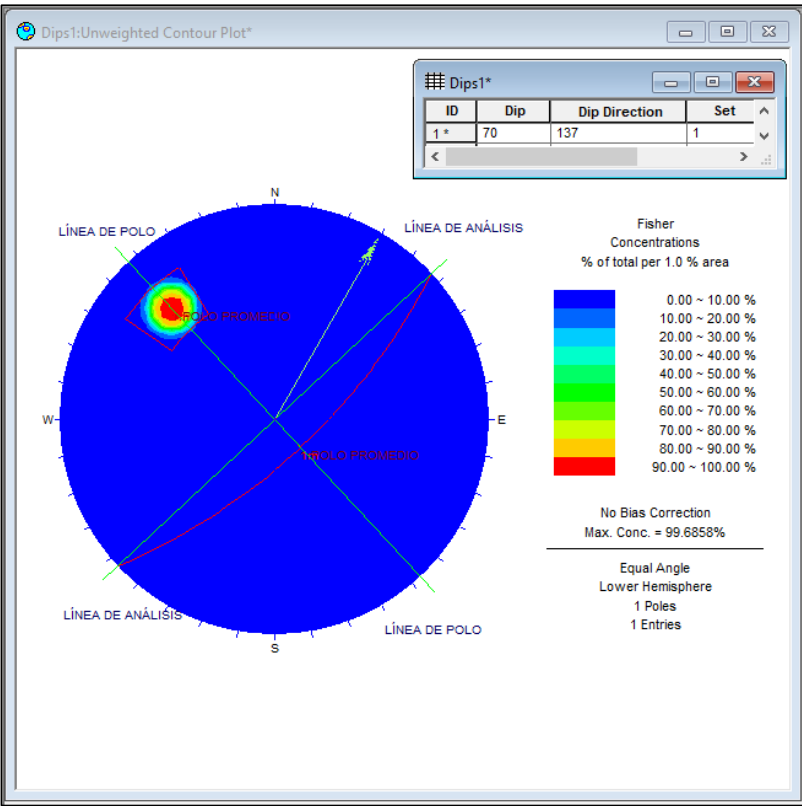
LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60 ° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 60° / 275°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en el mismo espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está a favor.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO X	60°	275°	150°	ESTABLE	A FAVOR DEL BUZAMIENTO

GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA																	
DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO																	
ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 5																	
PUNTO DIP:	DIP		DIRECCIÓN DE DIP														
PROMEDIO	70°		137°														
			<p><b>LEYENDA</b></p> <table border="1"> <tr> <td></td> <td>PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA</td> </tr> <tr> <td></td> <td>POLO PROMEDIO</td> </tr> <tr> <td></td> <td>DIRECCIÓN DEL TÚNEL</td> </tr> <tr> <td></td> <td>N 60° - E 60°</td> </tr> <tr> <td></td> <td>LÍNEA DE TRAZA</td> </tr> <tr> <td></td> <td>LÍNEA DEL POLO</td> </tr> </table> <p><b>DESCRIPCIÓN</b></p> <p>Toma del punto IX - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 70° / 137° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 137°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 70°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo promedio.</p>				PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA		POLO PROMEDIO		DIRECCIÓN DEL TÚNEL		N 60° - E 60°		LÍNEA DE TRAZA		LÍNEA DEL POLO
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA																
	POLO PROMEDIO																
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL																
	N 60° - E 60°																
	LÍNEA DE TRAZA																
	LÍNEA DEL POLO																
			<p><b>LEYENDA</b></p> <table border="1"> <tr> <td></td> <td>PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA</td> </tr> <tr> <td></td> <td>AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP</td> </tr> <tr> <td></td> <td>DIRECCIÓN DEL TÚNEL</td> </tr> <tr> <td></td> <td>N 60° - E 60°</td> </tr> </table> <p><b>DESCRIPCIÓN</b></p> <p>Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 70° / 137°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en el mismo espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está a favor.</p>				PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA		AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP		DIRECCIÓN DEL TÚNEL		N 60° - E 60°				
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA																
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP																
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL																
	N 60° - E 60°																
TABLA RESUMEN DE DATOS																	
PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL												
TOMA DE PUNTO X	70°	137°	160°	ESTABLE	A FAVOR DEL BUZAMIENTO												

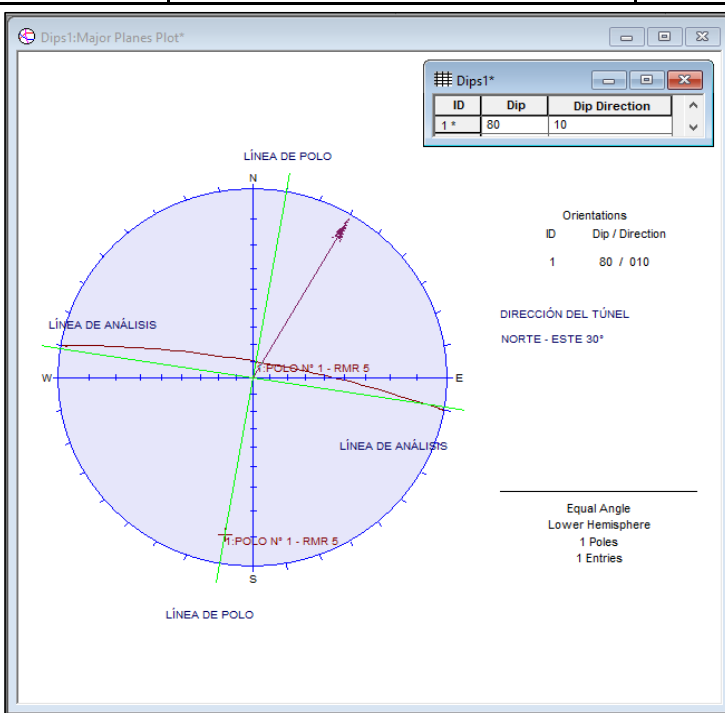


**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 5**

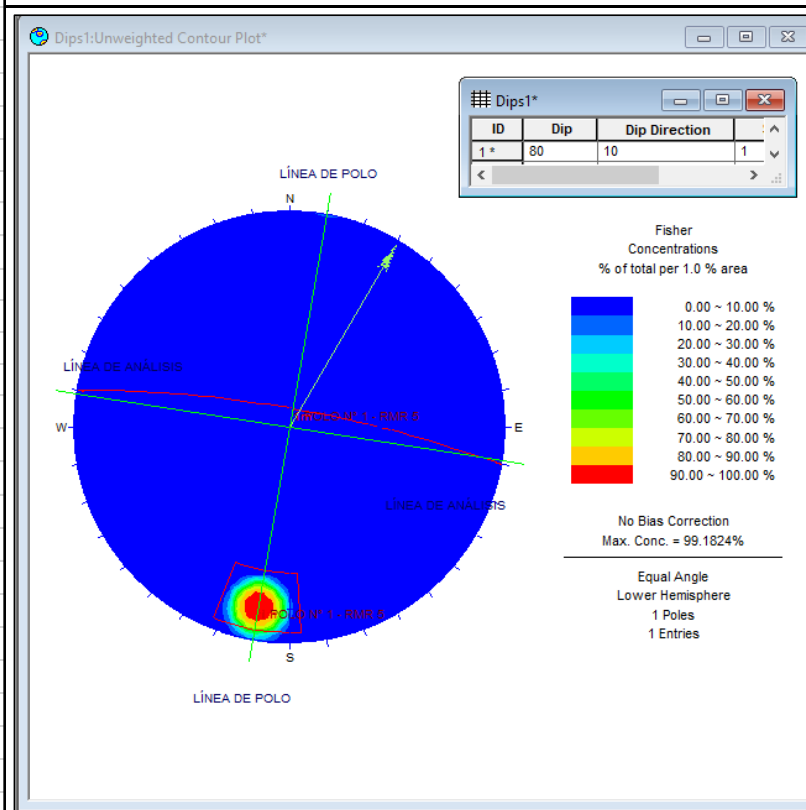
PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO I	DIP	DIRECCIÓN DE DIP
	80°	10°



LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 1
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto I - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 80° / 10° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 10°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 80°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 1.



LEYENDA	
	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 80° / 10°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel 60° N - 60° E. Al tener la dirección del túnel en diferente espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está encontra.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO I	80°	10°	170°	ESTABLE	ENCONTRA DEL BUZAMIENTO

**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

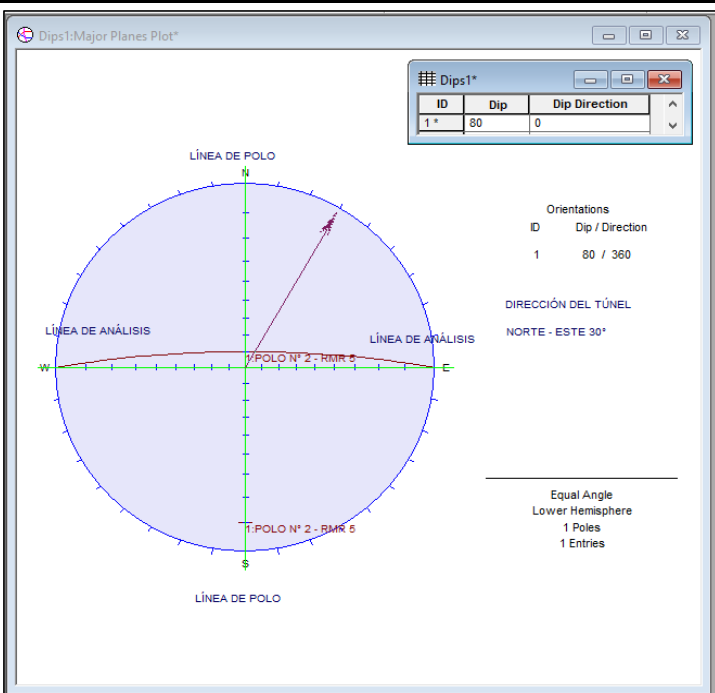
**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 5**

**PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO II**

**DIP**  
80°

**DIRECCIÓN DE DIP**  
0°

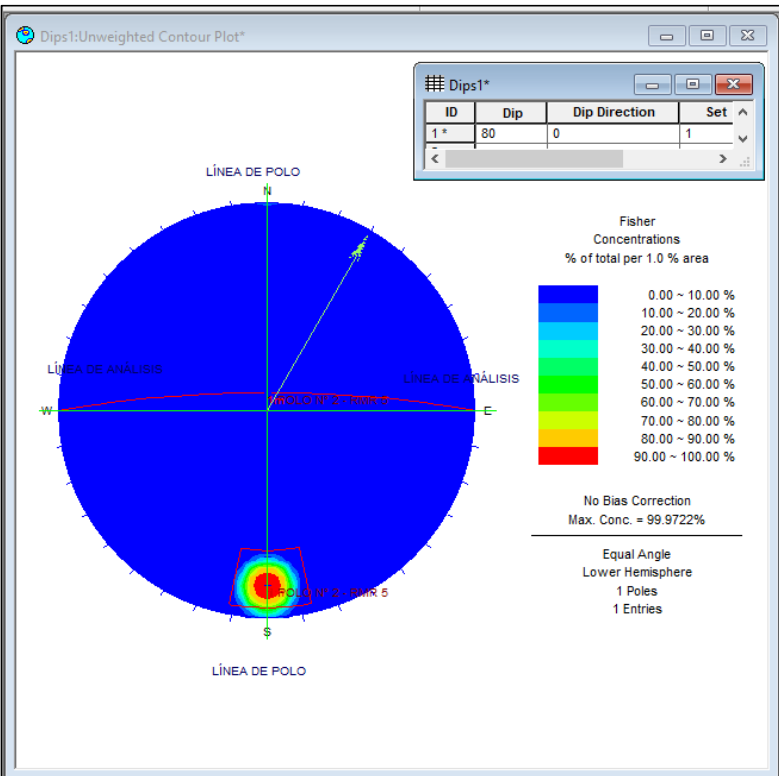


**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 2
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto II - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 85° / 0° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 0°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 85°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 2.



**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 80° / 0°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel en diferente espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está encontra.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO II	80°	0°	170°	ESTABLE	ENCONTRA DEL BUZAMIENTO

**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

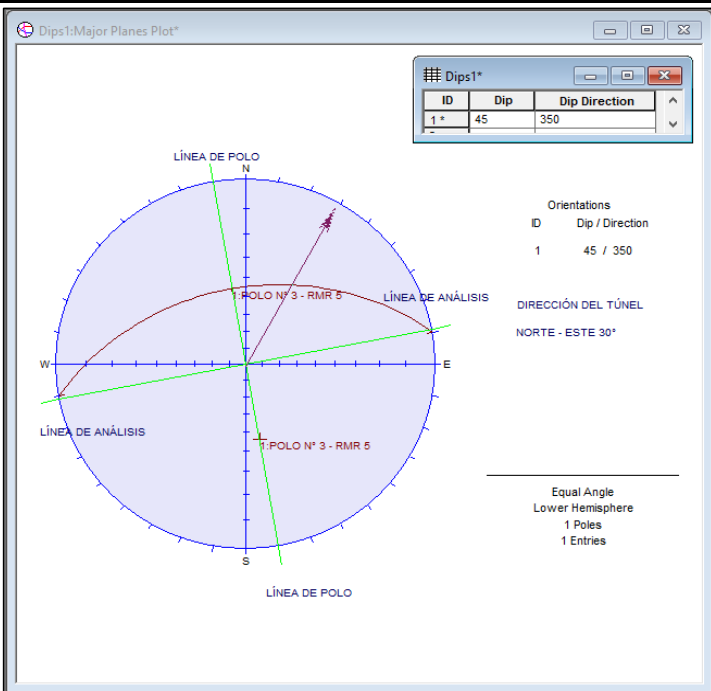
**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 5**

**PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO III**

**DIP**  
**45°**

**DIRECCIÓN DE DIP**  
**350°**

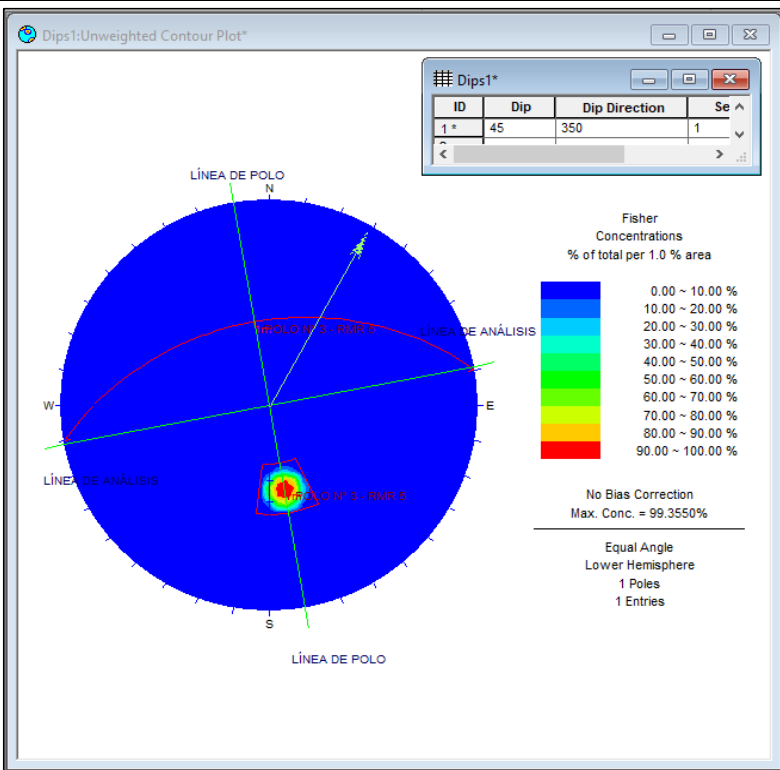


**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 3
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto III - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 45° / 350° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 350°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 45°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 3.



**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 45° / 350°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel en diferente espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está encontra.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO III	45°	350°	135°	ESTABLE	ENCONTRA DEL BUZAMIENTO

**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

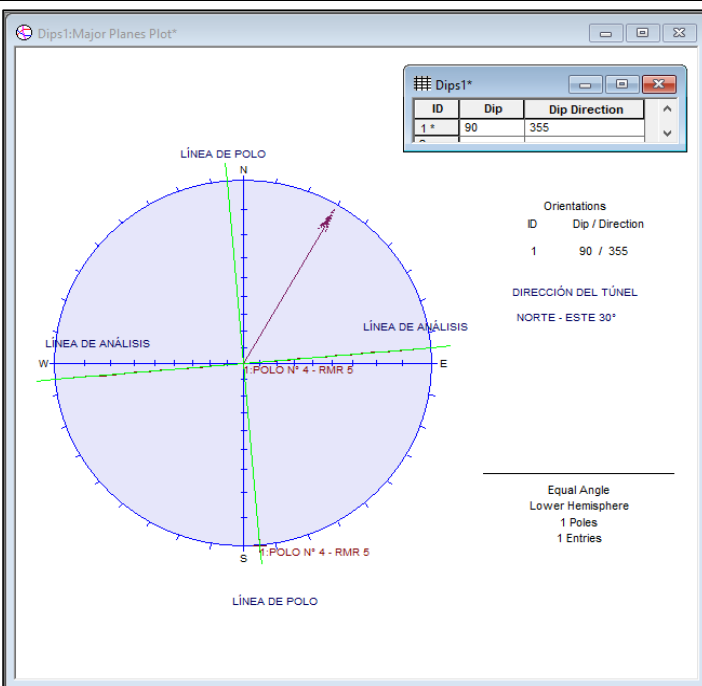
**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 5**

**PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO IV**

**DIP 90°**

**DIRECCIÓN DE DIP 355°**

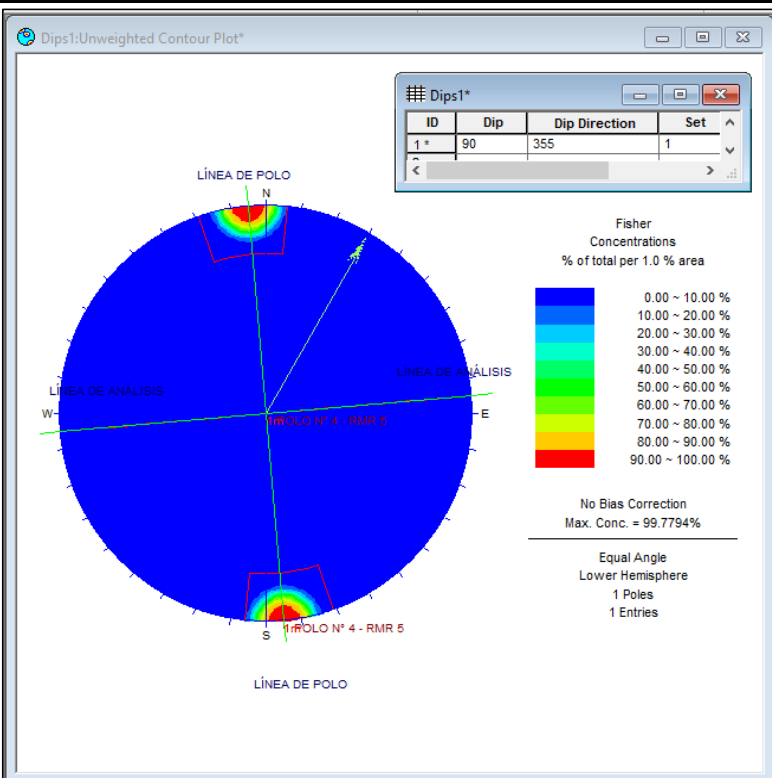


**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 4
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto IV - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 90° / 355° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 355°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 90°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 4.



**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 90° / 355°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel en diferente espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está encontra.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO IV	90°	355°	180°	ESTABLE	ENCONTRA DEL BUZAMIENTO

**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

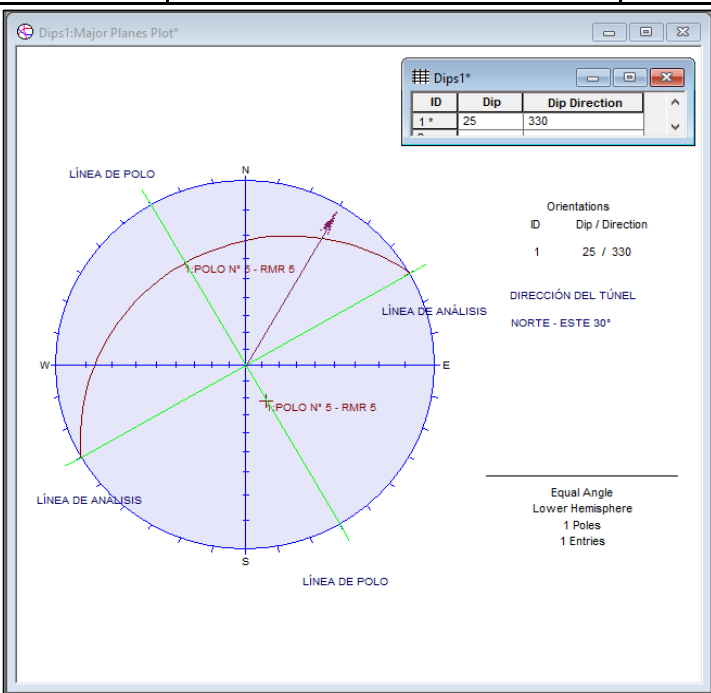
**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 5**

**PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO V**

**DIP 25**

**DIRECCIÓN DE DIP 330°**

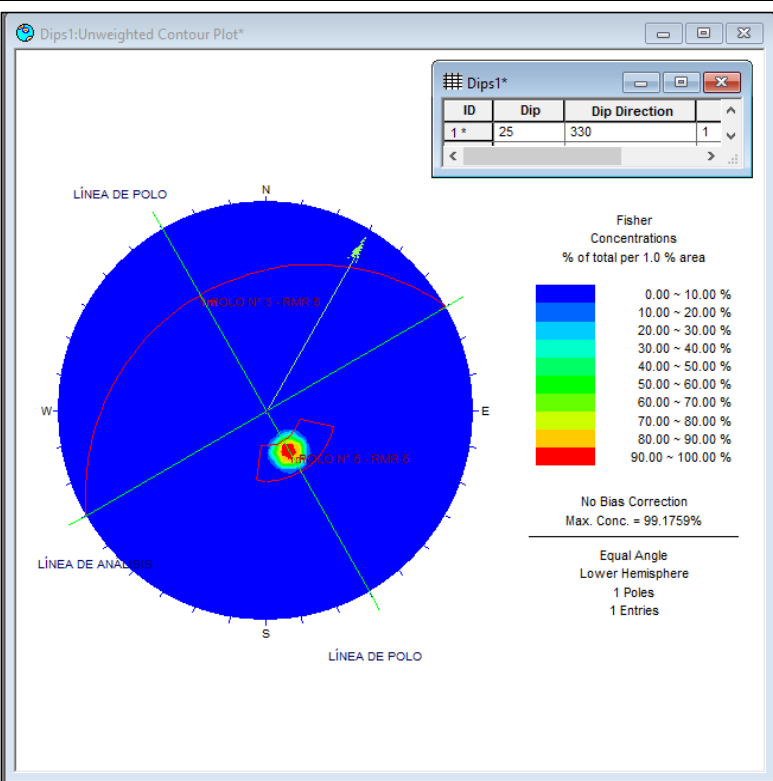


**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO Nº 5
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto V - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 25° / 330° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 330°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 25°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo Nº 5.



**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 25° / 330°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel en diferente espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está a encontra.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO V	25	330°	115°	ESTABLE	ENCONTRA DEL BUZAMIENTO

**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

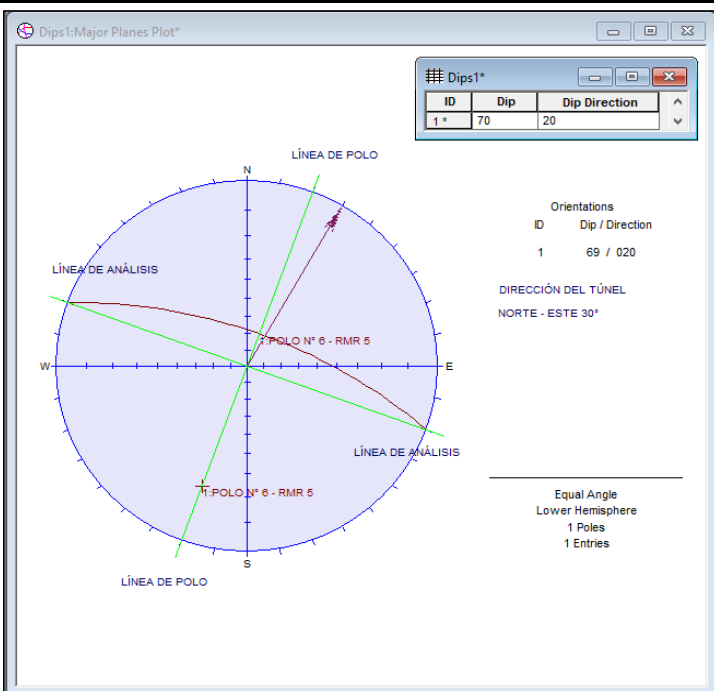
**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 5**

**PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO VI**

**DIP 70°**

**DIRECCIÓN DE DIP 20°**

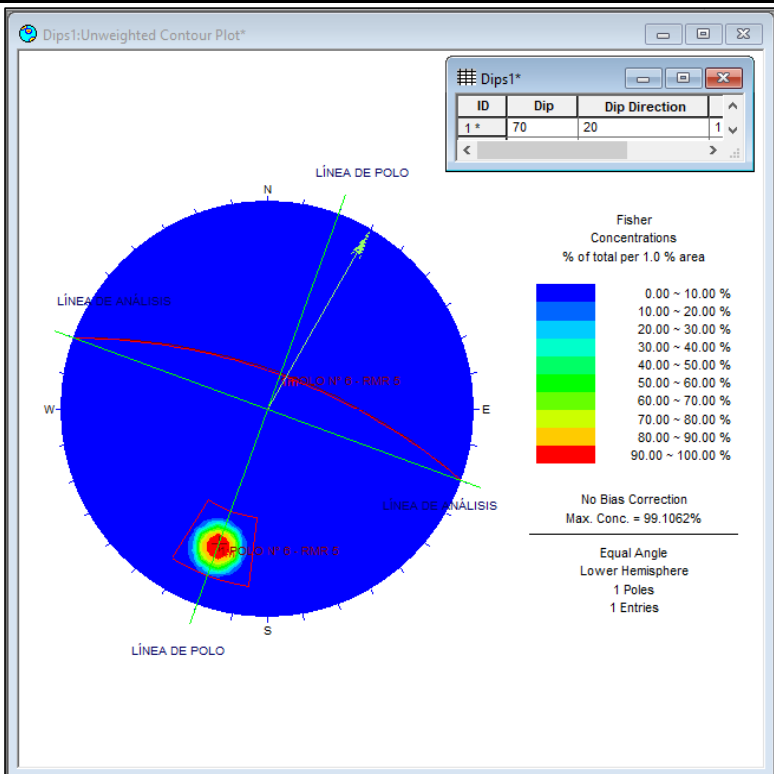


**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 6
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto VI - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 70° / 20° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 20°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 70°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 6.



**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 70° / 20°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel en diferente espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está encontra.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO VI	70°	20°	160°	ESTABLE	ENCONTRA DEL BUZAMIENTO

**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

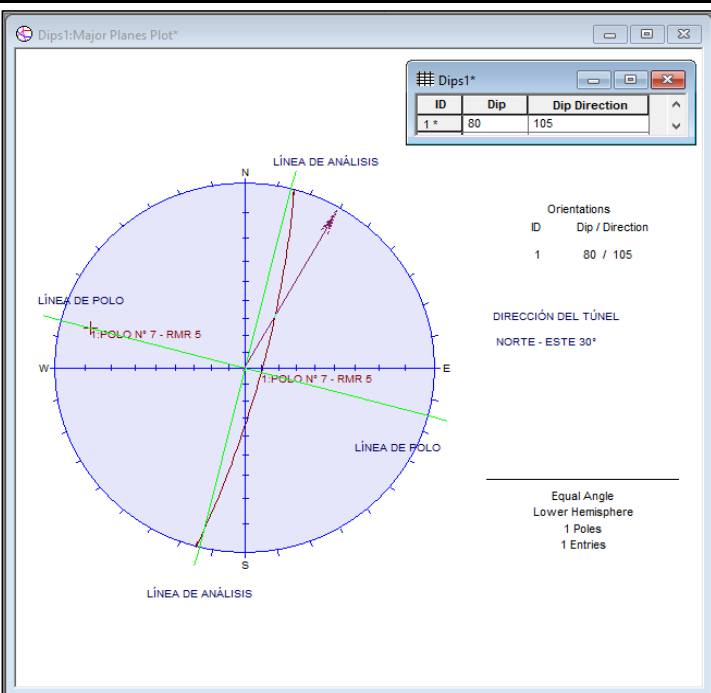
**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 5**

**PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO VII**

**DIP 80°**

**DIRECCIÓN DE DIP 105°**

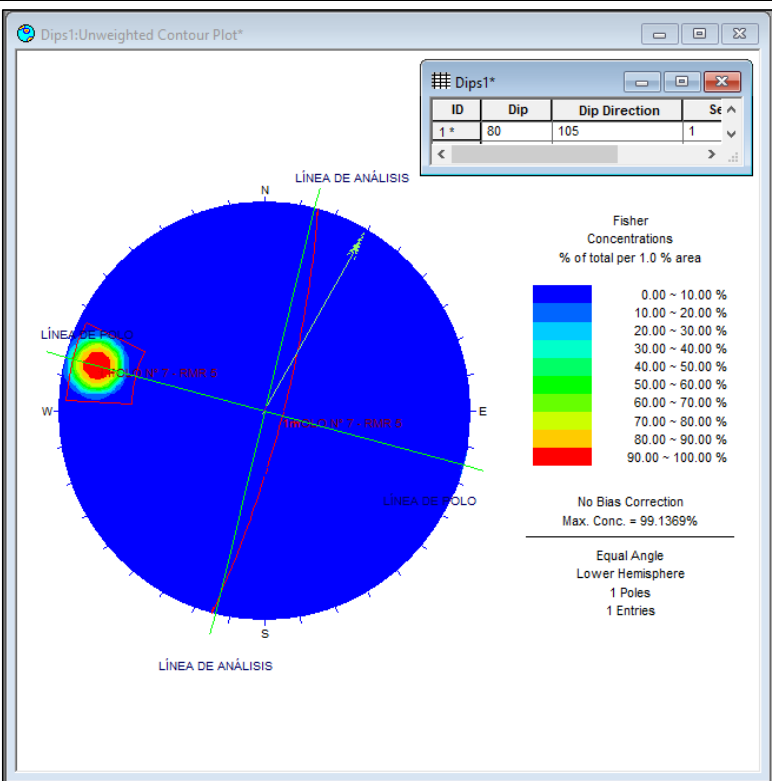


**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 7
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto VII - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 80° / 105° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 105°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 80°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 7.



**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 80° / 105°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel en diferente espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está encontra.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO VII	80°	105°	170°	ESTABLE	ENCONTRA DEL BUZAMIENTO



**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

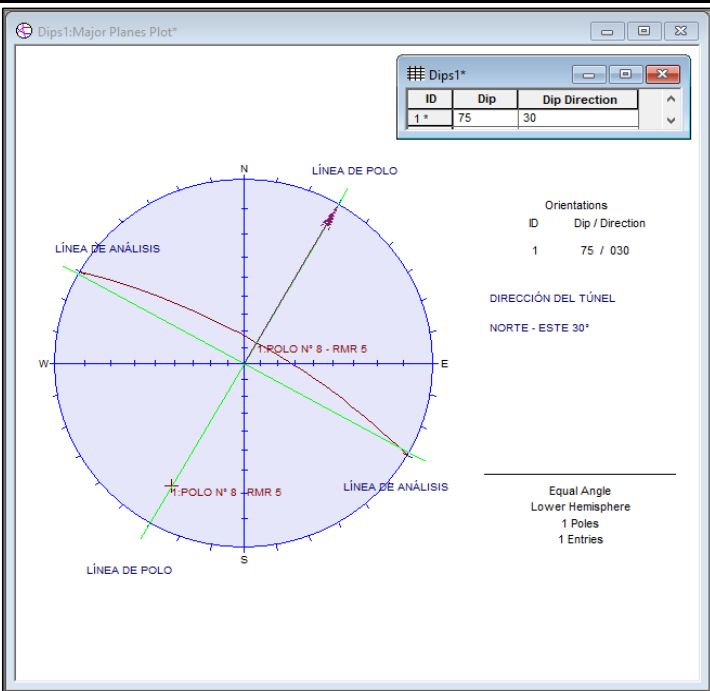
**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 5**

**PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO VIII**

**DIP 75°**

**DIRECCIÓN DE DIP 30°**

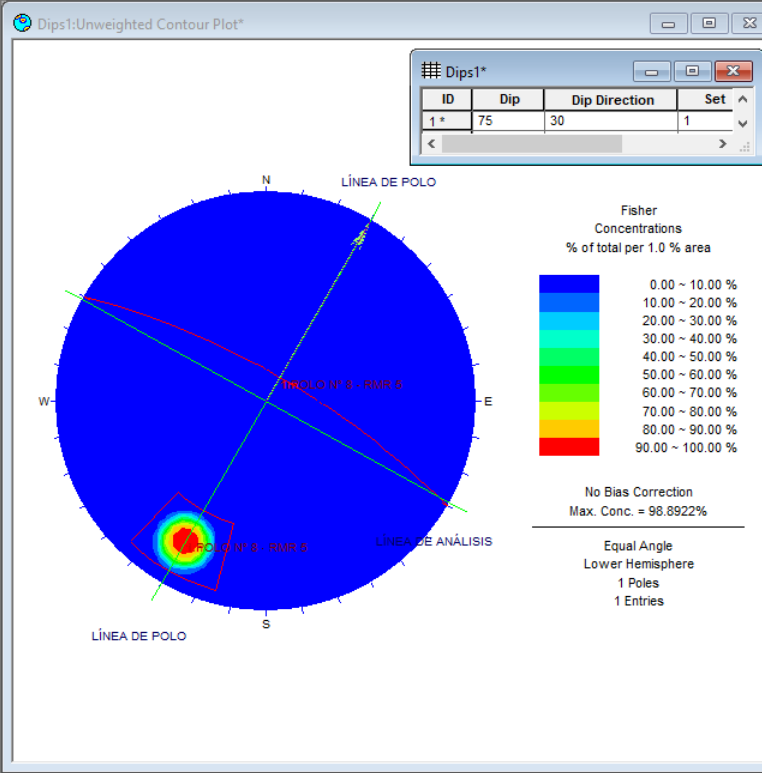


**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 8
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto VIII - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 75° / 30° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 30°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 75°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 8.



**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL N 60° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 75° / 30°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel en diferente espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está encontra.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO VII	75°	30°	165°	ESTABLE	ENCONTRA DEL BUZAMIENTO

**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

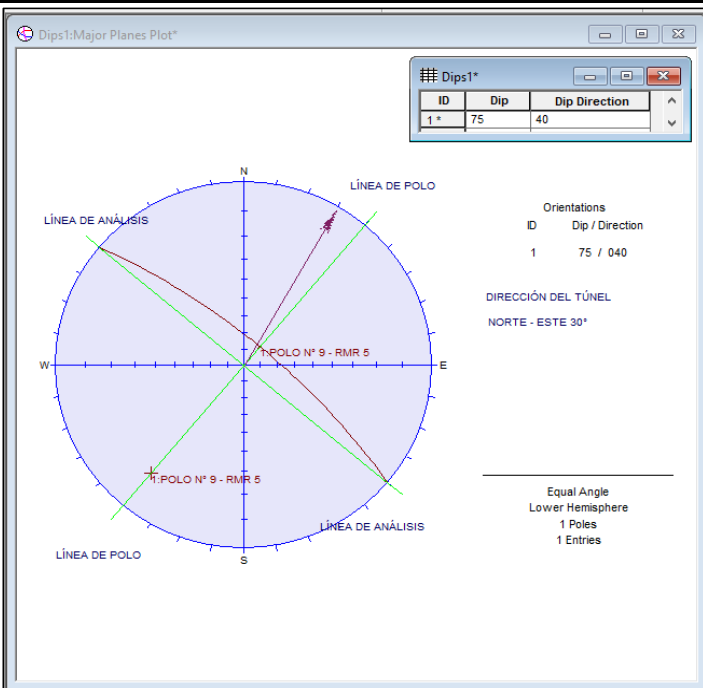
**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 5**

**PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO IX**

**DIP**  
**75°**

**DIRECCIÓN DE DIP**  
**40°**

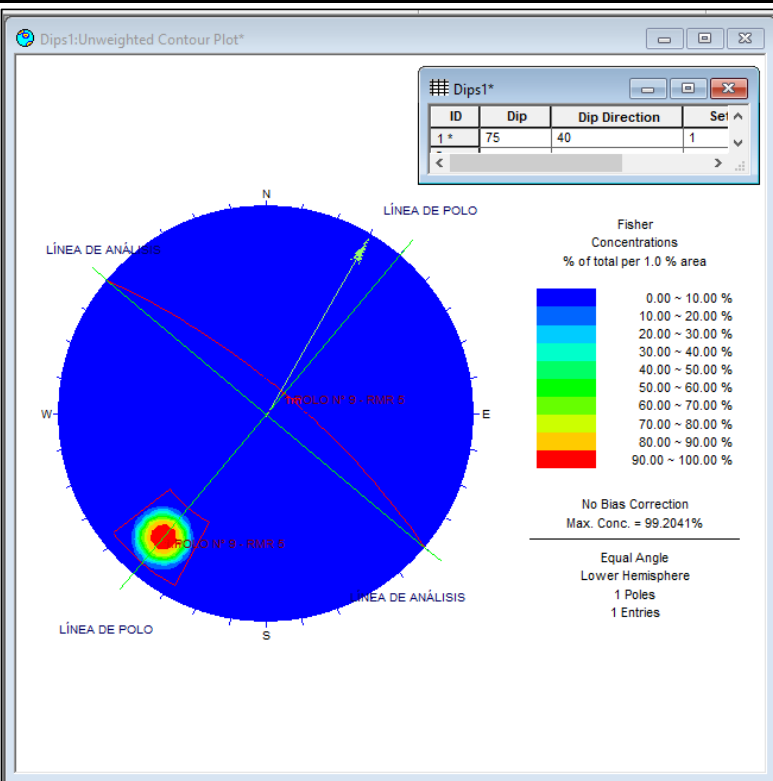


**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 9
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto IX - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 75° / 40° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 40°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 75°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 9.



**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 75° / 40°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel en diferente espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está encontra.

**TABLA RESUMEN DE DATOS**

PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO IX	75°	40°	165°	ESTABLE	ENCONTRA DEL BUZAMIENTO

**GEOMECÁNICA COMPUTACIONAL - PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA**

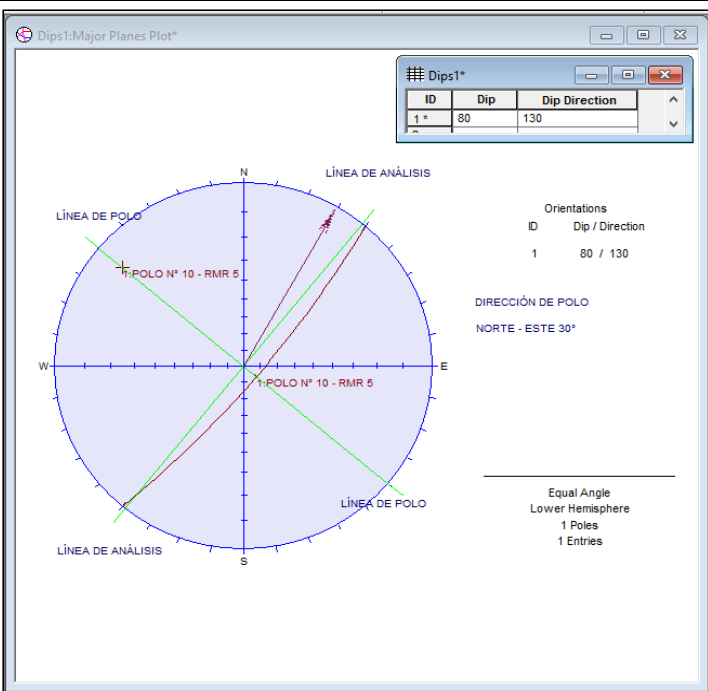
**DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO – OTUZCO**

**ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL - RMR 5**

**PUNTO DIP: TOMA DE PUNTO X**

**DIP**  
80°

**DIRECCIÓN DE DIP**  
130°

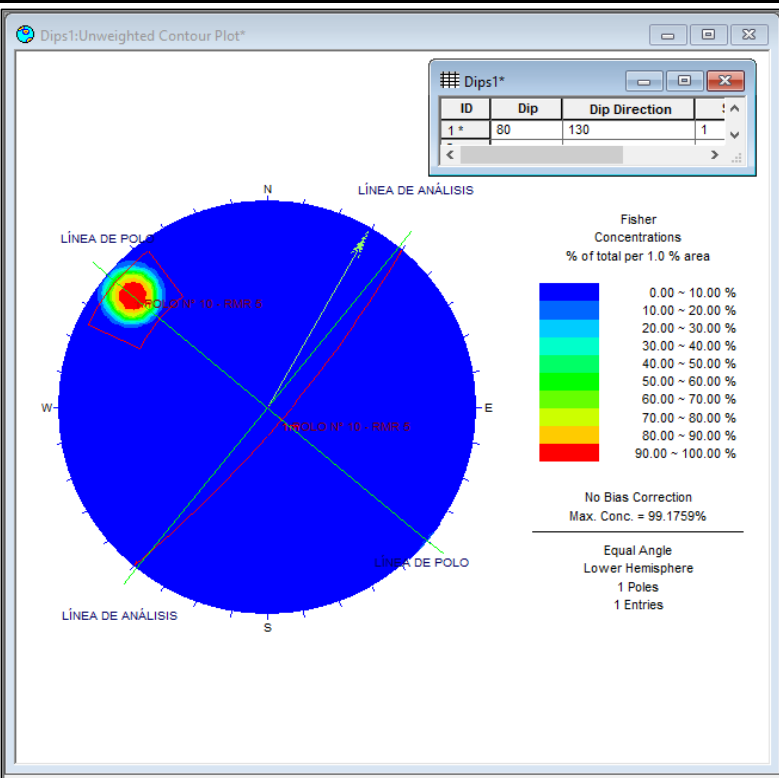


**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	POLO N° 10
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°
	LÍNEA DE TRAZA
	LÍNEA DEL POLO

**DESCRIPCIÓN**

Toma del punto IX - IN SITU con brújula, se ingresa el punto DIP 80° / 130° en el software DIPS. También se cuenta con la dirección del túnel 60° N - 60° E. En la proyección estereográfica, partimos del norte y rotamos 130°, se realiza un trazo recto hasta la intersección con el trazo de la curva del círculo máximo (Es la proyección en la esfera del plano geológico inclinado), dándonos una distancia de 80°, a esa cantidad se le suma 90° hasta llegar al polo N° 10.



**LEYENDA**

	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA
	AGRUPACIÓN DE LA FAMILIA DEL POLO DIP
	DIRECCIÓN DEL TÚNEL
	N 60° - E 60°

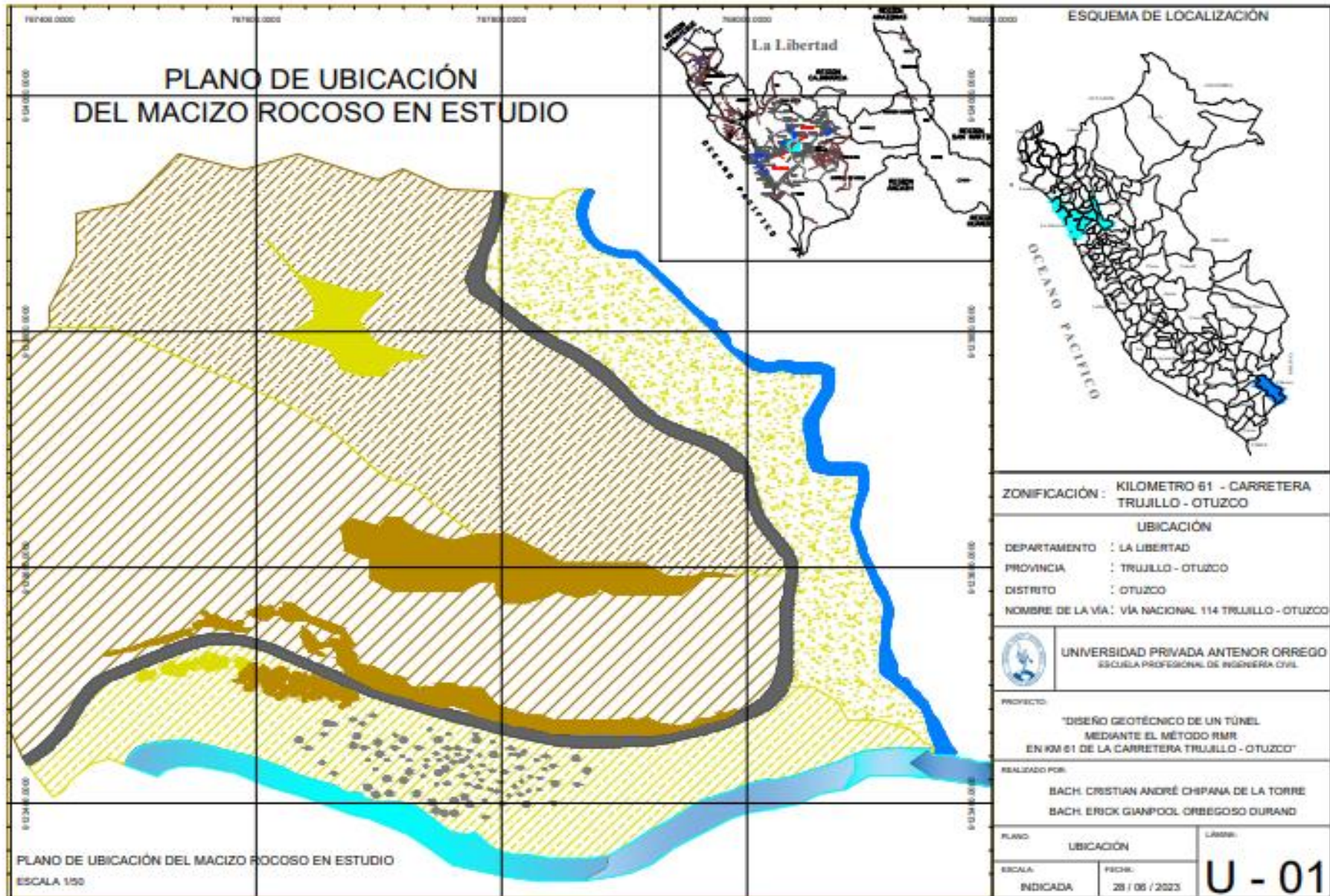
**DESCRIPCIÓN**

Observamos la concentración de colores o familia delimitada por un trapecio, es la ubicación del punto DIP 80° / 130°; al observar el color rojo es donde está la mayor concentración de su ubicación en la proyección estereográfica. La fecha es la dirección del túnel en el mismo espacio donde está la familia o concentración de colores de la ubicación, el buzamiento está a favor.

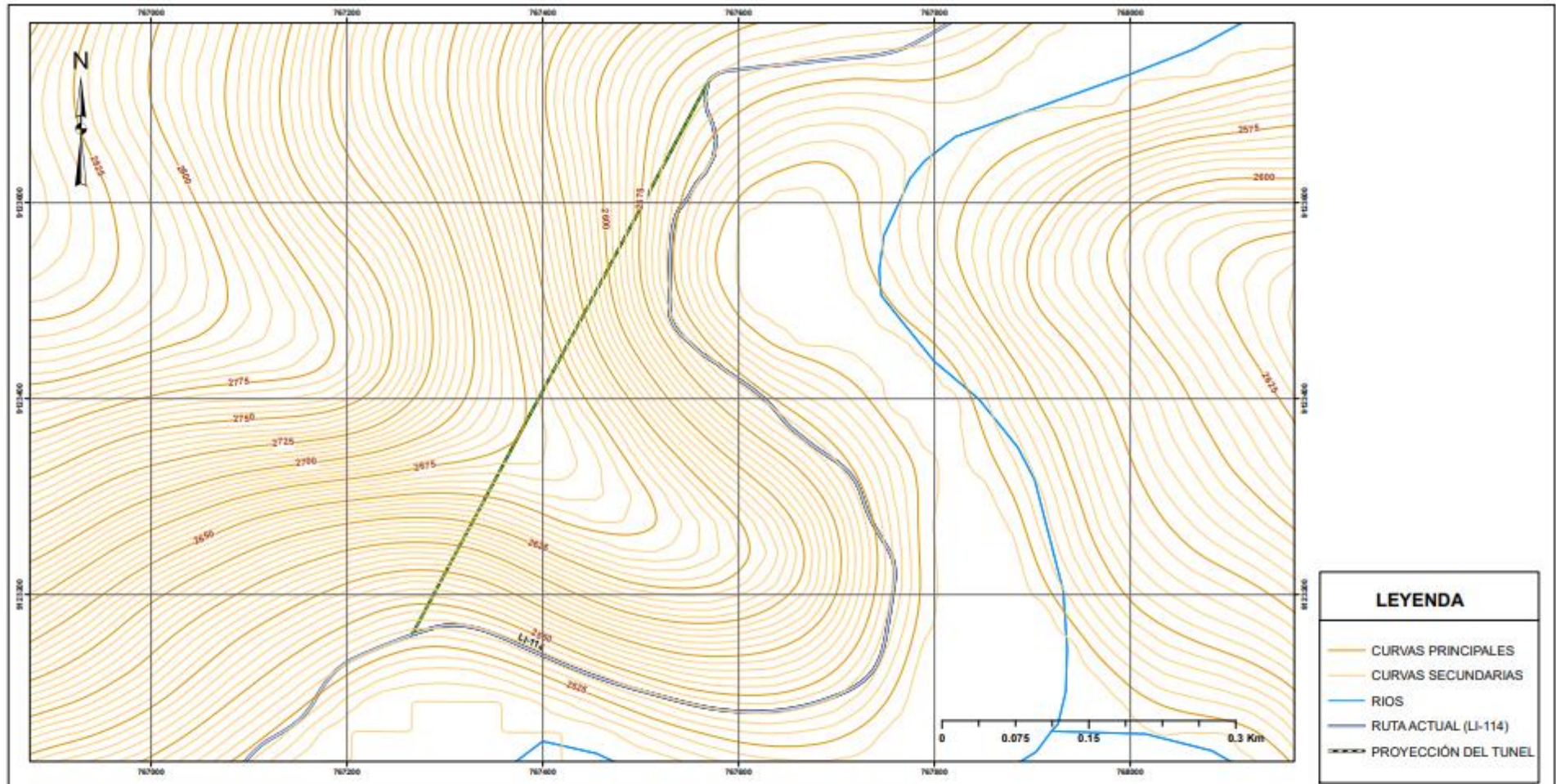
**TABLA RESUMEN DE DATOS**

PUNTO DIP	DIP	DIRECCION DE DIP	DIP + 90°	ESTABILIDAD	DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL
TOMA DE PUNTO X	80°	130°	170°	ESTABLE	A FAVOR DEL BUZAMIENTO

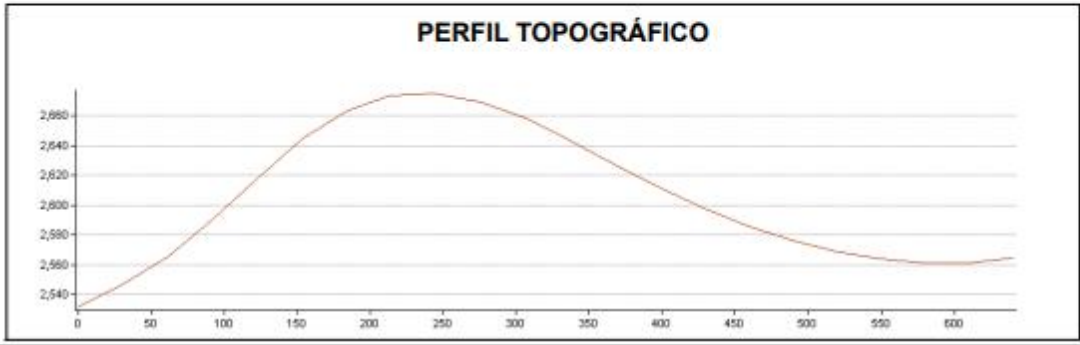
# PLANOS





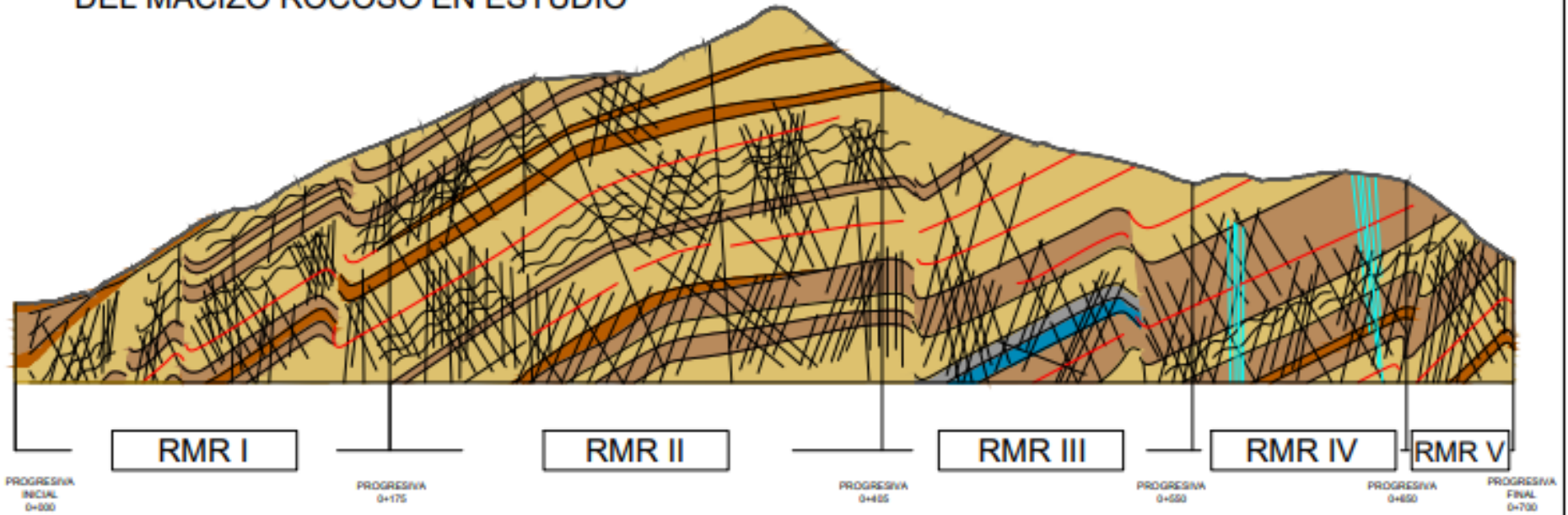


LEYENDA	
	CURVAS PRINCIPALES
	CURVAS SECUNDARIAS
	RIOS
	RUTA ACTUAL (LI-114)
	PROYECCIÓN DEL TUNEL



<b>UNIVERSIDAD PRIVADA ANTEOR ORREGO</b> ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		
PROYECTO: DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN EL KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZZO		N° DE LAMINA:
UBICACIÓN: Departamento: La Libertad Provincia: Trujillo Distrito: Otuzco	PLANO: <b>PLANO TOPOGRÁFICO</b>	<b>T - 01</b>
TESISTAS: BACH. ANDRÉ CHIPANA DE LA TORRE BACH. ERICK ORBEGOSO DURAND	ESCALA: Indicada	FECHA: Noviembre 2022 DIBUJO:

## PLANO DE LA GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO EN ESTUDIO



### DESCRIPCIÓN GEOMECÁNICA DE LOS RMR EN EL MACIZO ROCOSO

RMR I	RMR II	RMR III	RMR IV	RMR V
<b>ORIGEN:</b> MASAS EXTRUSIVO POR DESEMBAZOS VOLCÁNICOS	<b>ORIGEN:</b> MASAS EXTRUSIVO POR DESEMBAZOS VOLCÁNICOS	<b>ORIGEN:</b> MASAS EXTRUSIVO POR DESEMBAZOS VOLCÁNICOS	<b>ORIGEN:</b> MASAS EXTRUSIVO POR DESEMBAZOS VOLCÁNICOS	<b>ORIGEN:</b> MASAS EXTRUSIVO POR DESEMBAZOS VOLCÁNICOS
<b>TIPO DE ROCA:</b> ROCA ANDÉSITICA	<b>TIPO DE ROCA:</b> ROCA ANDÉSITICA	<b>TIPO DE ROCA:</b> ROCA ANDÉSITICA	<b>TIPO DE ROCA:</b> ROCA ANDÉSITICA	<b>TIPO DE ROCA:</b> ROCA ANDÉSITICA
<b>CLASIFICACIÓN DE ROCA:</b> ROCA DURA, EPURADA VOLCÁNICA	<b>CLASIFICACIÓN DE ROCA:</b> ROCA DURA, EPURADA VOLCÁNICA	<b>CLASIFICACIÓN DE ROCA:</b> ROCA DURA, EPURADA VOLCÁNICA	<b>CLASIFICACIÓN DE ROCA:</b> ROCA DURA, EPURADA VOLCÁNICA	<b>CLASIFICACIÓN DE ROCA:</b> ROCA DURA, EPURADA VOLCÁNICA
<b>TEXTURA DE ROCA:</b> INHOMOGÉNEA CON NÚCLEO APÁTICO	<b>TEXTURA DE ROCA:</b> INHOMOGÉNEA CON NÚCLEO APÁTICO	<b>TEXTURA DE ROCA:</b> INHOMOGÉNEA CON NÚCLEO APÁTICO	<b>TEXTURA DE ROCA:</b> INHOMOGÉNEA CON NÚCLEO APÁTICO	<b>TEXTURA DE ROCA:</b> INHOMOGÉNEA CON NÚCLEO APÁTICO
<b>COMPOSICIÓN MINERALÓGICA:</b> ORTOSA, BACÓN PLUMA EN FELDSPATOS	<b>COMPOSICIÓN MINERALÓGICA:</b> ORTOSA, BACÓN PLUMA EN FELDSPATOS	<b>COMPOSICIÓN MINERALÓGICA:</b> ORTOSA, BACÓN PLUMA EN FELDSPATOS	<b>COMPOSICIÓN MINERALÓGICA:</b> ORTOSA, BACÓN PLUMA EN FELDSPATOS	<b>COMPOSICIÓN MINERALÓGICA:</b> ORTOSA, BACÓN PLUMA EN FELDSPATOS
<b>COMPOSICIÓN QUÍMICA:</b> SILICE, MAGNÉSICO, HIERRO, OXIGENO Y CALCIO	<b>COMPOSICIÓN QUÍMICA:</b> SILICE, MAGNÉSICO, HIERRO, OXIGENO Y CALCIO	<b>COMPOSICIÓN QUÍMICA:</b> SILICE, MAGNÉSICO, HIERRO, OXIGENO Y CALCIO	<b>COMPOSICIÓN QUÍMICA:</b> SILICE, MAGNÉSICO, HIERRO, OXIGENO Y CALCIO	<b>COMPOSICIÓN QUÍMICA:</b> SILICE, MAGNÉSICO, HIERRO, OXIGENO Y CALCIO
<b>ISOTROPÍA:</b> ISOTROPÍA EN ROCA SANA	<b>ISOTROPÍA:</b> ISOTROPÍA EN ROCA SANA	<b>ISOTROPÍA:</b> ISOTROPÍA EN ROCA SANA	<b>ISOTROPÍA:</b> ISOTROPÍA EN ROCA SANA	<b>ISOTROPÍA:</b> ISOTROPÍA EN ROCA SANA
<b>ANISOTROPÍA:</b> ANISOTROPÍA EN METEORIZACIÓN DE ROCA	<b>ANISOTROPÍA:</b> ANISOTROPÍA EN METEORIZACIÓN DE ROCA	<b>ANISOTROPÍA:</b> ANISOTROPÍA EN METEORIZACIÓN DE ROCA	<b>ANISOTROPÍA:</b> ANISOTROPÍA EN METEORIZACIÓN DE ROCA	<b>ANISOTROPÍA:</b> ANISOTROPÍA EN METEORIZACIÓN DE ROCA
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:</b> 27.26 MPa	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:</b> 30.81 MPa	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:</b> 24.81 MPa	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:</b> 45.81 MPa	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:</b> 45.76 MPa
<b>DUREZA:</b> NASTA EN LA ESCALA DE MOHR	<b>DUREZA:</b> NASTA EN LA ESCALA DE MOHR	<b>DUREZA:</b> NASTA EN LA ESCALA DE MOHR	<b>DUREZA:</b> NASTA EN LA ESCALA DE MOHR	<b>DUREZA:</b> NASTA EN LA ESCALA DE MOHR
<b>COLORACIÓN:</b> COLOR GRIS VERDEADO	<b>COLORACIÓN:</b> COLOR GRIS VERDEADO	<b>COLORACIÓN:</b> COLOR GRIS VERDEADO	<b>COLORACIÓN:</b> COLOR GRIS VERDEADO	<b>COLORACIÓN:</b> COLOR GRIS VERDEADO

	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA ANTEOR ORREGO</b> ESUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
<b>PROYECTO:</b> "DISEÑO GEOTÉCNICO DE UN TÚNEL MEDIANTE EL MÉTODO RMR EN KM 61 DE LA CARRETERA TRUJILLO - OTUZCO"	
<b>REALIZADO POR:</b> BACH. CRISTIAN ANDRÉ CHIPANA DE LA TORRE BACH. ERICK GIANPOOL ORBEGOSO DURAND	
<b>PLANO:</b> GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO	<b>LÁMINA:</b> <b>G - 01</b>
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>FECHA:</b> 25 / 05 / 2023