

## ÍNDICE DE ANEXOS

|                                                                                                                       | <b>Pág.</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| ANEXO 1 Dosificación 0.00 Lt/m <sup>3</sup> de terrasil-suelo no tratado .....                                        | 2           |
| ANEXO 2 Dosificación de 0.30 Lt/m <sup>3</sup> de terrasil-suelo tratado .....                                        | 15          |
| ANEXO 3 Dosificación de 0.50 Lt/m <sup>3</sup> de terrasil-suelo tratado .....                                        | 22          |
| ANEXO 4 Dosificación de 0.75 Lt/m <sup>3</sup> de terrasil-suelo tratado .....                                        | 29          |
| ANEXO 5 Dosificación de 1.00 Lt/m <sup>3</sup> de terrasil-suelo tratado .....                                        | 36          |
| ANEXO 6 Estudio de trafico .....                                                                                      | 43          |
| ANEXO 7 Ejes equivalentes.....                                                                                        | 45          |
| ANEXO 8 Diseño del pavimento flexible para suelo no tratado.....                                                      | 48          |
| ANEXO 9 Diseño del pavimento flexible para dosificación de 0.30 Lt/m <sup>3</sup> de terrasil-<br>suelo tratado ..... | 51          |
| ANEXO 10 Ficha técnica del terrasil .....                                                                             | 54          |
| ANEXO 11 Análisis de costos unitario .....                                                                            | 63          |
| ANEXO 12 Panel fotográfico.....                                                                                       | 64          |

ANEXO 1 Dosificación 0.00 Lt/m<sup>3</sup> de terrasil-suelo no tratado

|  <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO</b><br>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL<br><b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES</b>   |                                                                                                                |    |             |             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|
| <b>ENSAYO DE PESO ESPECIFICO</b>                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                |                                                                                       |             |             |
| <b>PROYECTO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                  | : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023 |                                                                                       |             |             |
| <b>UBICACIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                 | : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000                                                                             |                                                                                       |             |             |
| <b>REALIZADO POR</b>                                                                                                                                                                                                                                                             | : BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA                                                                             |                                                                                       |             |             |
| <b>MUESTRA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                   | : CALICATA 01                                                                                                  |                                                                                       |             |             |
| <b>PROFUNDIDAD</b>                                                                                                                                                                                                                                                               | : 1.5 M                                                                                                        |                                                                                       |             |             |
| <b>FECHA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                     | : 04 DE ABRIL                                                                                                  |                                                                                       |             |             |
| <b>CALICATA 01</b>                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                | <b>UND.</b>                                                                           | <b>M-1</b>  | <b>M-2</b>  |
| Peso del Picnometro                                                                                                                                                                                                                                                              | gr.                                                                                                            | 105.57                                                                                | 110.81      |             |
| Peso de Muestra Seca + Picnometro                                                                                                                                                                                                                                                | gr.                                                                                                            | 150.57                                                                                | 155.81      |             |
| Peso de la Muestra de Suelo Seco                                                                                                                                                                                                                                                 | gr.                                                                                                            | 45                                                                                    | 45          |             |
| Peso de la Muestra Seca + Picnometro + Agua                                                                                                                                                                                                                                      | gr.                                                                                                            | 382.76                                                                                | 386.88      |             |
| Peso del Picnometro + Agua                                                                                                                                                                                                                                                       | gr.                                                                                                            | 354.38                                                                                | 359.22      |             |
| Gravedad Especifica Relativa de Solidos                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                | 2.71                                                                                  | 2.60        |             |
| Temperatura del Ensayo                                                                                                                                                                                                                                                           | c.                                                                                                             | 16.0                                                                                  | 16.0        |             |
| Correccion por Temperatura                                                                                                                                                                                                                                                       | c.                                                                                                             | 1.007                                                                                 | 1.007       |             |
| Gravedad Especifica Relativa de Solidos Corregida                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                | 2.73                                                                                  | 2.61        |             |
| <b>GRAVEDAD ESPECIFICA PROMEDIO DE LOS SOLIDOS DEL SUELO</b>                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                | <b>2.67</b>                                                                           |             |             |
|  <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO</b><br>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL<br><b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES</b> |                                                                                                                |  |             |             |
| <b>ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                |                                                                                       |             |             |
| <b>PROYECTO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                  | : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023 |                                                                                       |             |             |
| <b>UBICACIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                 | : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000                                                                             |                                                                                       |             |             |
| <b>REALIZADO POR</b>                                                                                                                                                                                                                                                             | : BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA                                                                             |                                                                                       |             |             |
| <b>MUESTRA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                   | : CALICATA 01                                                                                                  |                                                                                       |             |             |
| <b>PROFUNDIDAD</b>                                                                                                                                                                                                                                                               | : 1.5 M                                                                                                        |                                                                                       |             |             |
| <b>FECHA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                     | : 03 DE ENERO                                                                                                  |                                                                                       |             |             |
| <b>CALICATA 01</b>                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                |                                                                                       |             |             |
| <b>DESCRIPCION</b>                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>UND</b>                                                                                                     | <b>1</b>                                                                              | <b>2</b>    | <b>3</b>    |
| Recipiente                                                                                                                                                                                                                                                                       | Nº                                                                                                             | <b>M - 07</b>                                                                         | <b>S-07</b> | <b>D-02</b> |
| 1. Peso de recipiente                                                                                                                                                                                                                                                            | grs                                                                                                            | 72.18                                                                                 | 36.35       | 68.80       |
| 2. Peso Recipiente + Suelo Húmeda                                                                                                                                                                                                                                                | grs                                                                                                            | 231.17                                                                                | 261.41      | 274.91      |
| 3. Peso Recipiente + Suelo Seco                                                                                                                                                                                                                                                  | grs                                                                                                            | 196.93                                                                                | 225.79      | 231.99      |
| 4. Peso de Agua                                                                                                                                                                                                                                                                  | cc                                                                                                             | 34.24                                                                                 | 35.62       | 42.92       |
| 5. Peso de la Suelo Seco                                                                                                                                                                                                                                                         | grs                                                                                                            | 124.75                                                                                | 189.44      | 163.19      |
| 6. Contenido de Húmeda                                                                                                                                                                                                                                                           | %                                                                                                              | 27.45                                                                                 | 18.80       | 26.30       |
| <b>PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                | <b>24.18</b>                                                                          |             |             |



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**

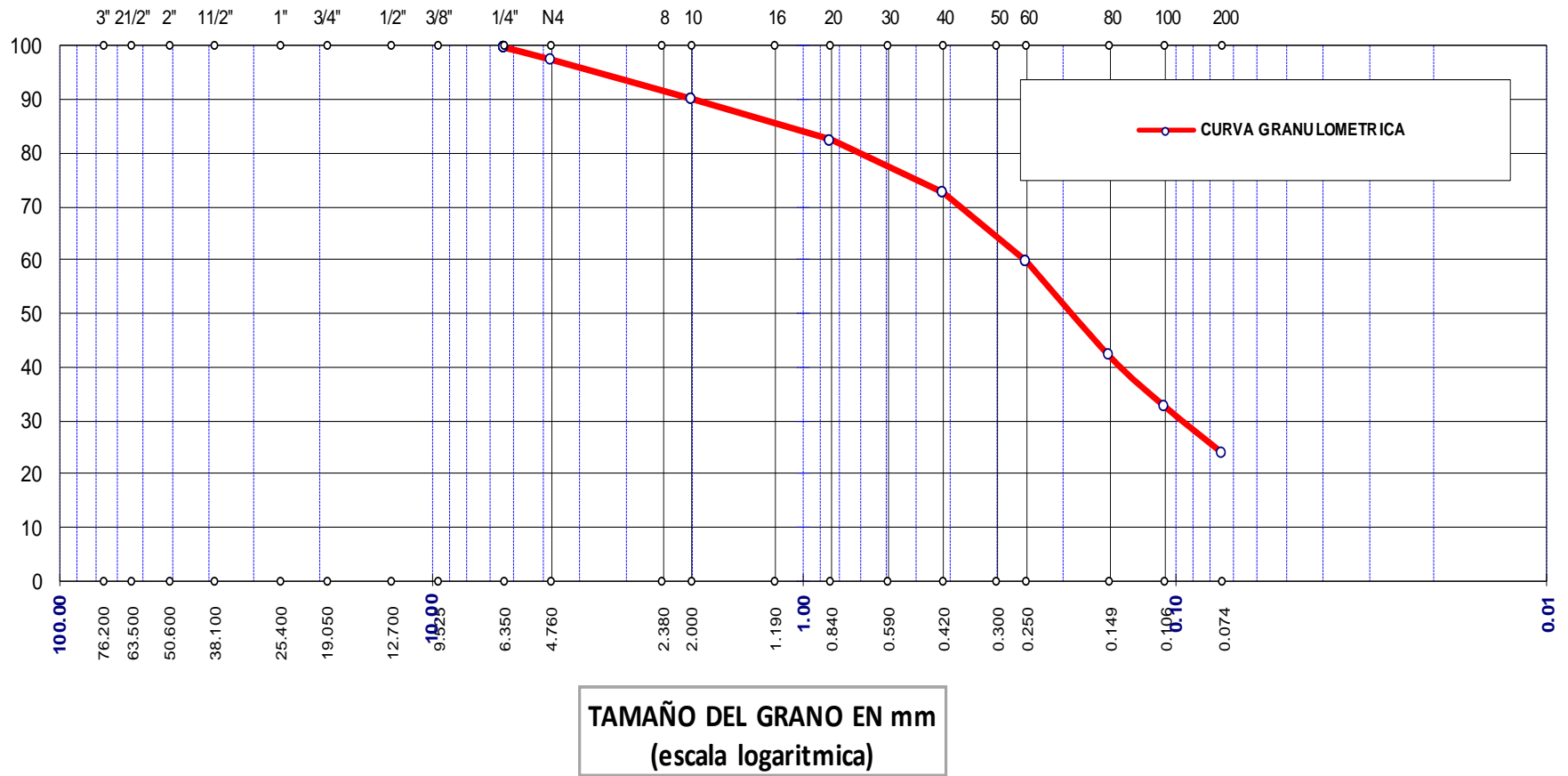
**PROYECTO** : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023  
**UBICACIÓN** : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000  
**REALIZADO POR** : BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA  
**MUESTRA** : CALICATA 01  
**PROFUNDIDAD** : 1.5 M  
**FECHA** : 03 DE ENERO

| Tamices ASTM | Abertura mm | Peso Retenido | % Retenido Parcial | % Retenido Acumulado | % Acumulado Que Pasa | Material Obtenido | Descripción de la Muestra                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------|-------------|---------------|--------------------|----------------------|----------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3"           | 76.200      |               |                    |                      |                      | GRAVA GRUESA      | <p align="center"><b>CALICATA Nº 01</b></p> Límites de Consistencia :<br>LL = 28.78 %<br>LP = 22.22 %<br>IP = 6.57 %<br><br>Peso de la Muestra:<br>89.47 gr.<br><br>GRAVA 2.68 %<br>ARENA 97.32 %<br><br><b>CLASIFICACION SUCS:</b><br>(SM) Arena limosas, mezclas de arena y limo.<br><br><b>CLASIFICACION AASHTO:</b><br>A-2-4 Grava y arena arcillosa o limosa<br><b>OBSERVACIONES</b><br>La muestra corresponde al calicata Nº 01 km 01+0.00 a 1.50 mts. de profundidad. |
| 2 1/2"       | 63.500      |               |                    |                      |                      |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 2"           | 50.600      |               |                    |                      |                      |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 1 1/2"       | 38.100      |               |                    |                      |                      |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 1"           | 25.400      |               |                    |                      |                      |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 3/4"         | 19.050      |               |                    |                      |                      |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 1/2"         | 12.700      |               |                    |                      |                      | GRAVA FINA        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 3/8"         | 9.525       |               |                    |                      |                      |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 1/4"         | 6.350       | 0.41          | 0.46               | 0.46                 | <b>99.54</b>         | ARENA GRUESA      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| No4          | 4.760       | 1.99          | 2.22               | 2.68                 | 97.32                |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| No8          | 2.380       |               |                    |                      |                      |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| No10         | 2.000       | 6.50          | 7.27               | 9.95                 | 90.05                |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| No16         | 1.190       |               |                    |                      |                      |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| No20         | 0.840       | 6.80          | 7.60               | 17.55                | 82.45                |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| No30         | 0.590       |               |                    |                      |                      |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| No40         | 0.420       | 8.80          | 9.84               | 27.38                | 72.62                |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| No 50        | 0.300       |               |                    |                      |                      |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| No60         | 0.250       | 11.50         | 12.85              | 40.24                | 59.76                |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| No100        | 0.149       | 15.87         | 17.74              | 57.97                | 42.03                | ARENA FINA        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| No140        | 0.106       | 8.32          | 9.30               | 67.27                | 32.73                |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| No200        | 0.074       | 7.81          | 8.73               | 76.00                | 24.00                |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>BASE</b>  |             | 21.47         | 24.00              | 100.00               | <b>0.00</b>          |                   | <b>LIMOS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>TOTAL</b> |             | 89.47         | 100.00             |                      |                      |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

# CURVA GRANULOMETRICA

MALLAS U.S. STANDARD

% QUE PASA EN PESO



TAMAÑO DEL GRANO EN mm  
(escala logaritmica)



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**



**ANALISIS GRANULOMETRICO POR HIDROMETRO**

**PROYECTO** : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023  
**UBICACIÓN** : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000  
**REALIZADO POR**: BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA  
**MUESTRA** : CALICATA 01  
**PROFUNDIDAD**: 1.5 M  
**FECHA** : 10 DE ABRIL

|                       |          |
|-----------------------|----------|
| Tipo Hidrometro:      | 152H     |
| Agente Dispersante:   | NaPO3    |
| Peso Seco Ws (g)      | 50       |
| Cantidad Dispersante: | 5g al 4% |

|                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| Gs:                               | 2.67  |
| a:                                | 0.995 |
| Correccion Por Defloculante, (Cd) | 6     |
| Correccion Por Menisco , (Cm)     | 1     |

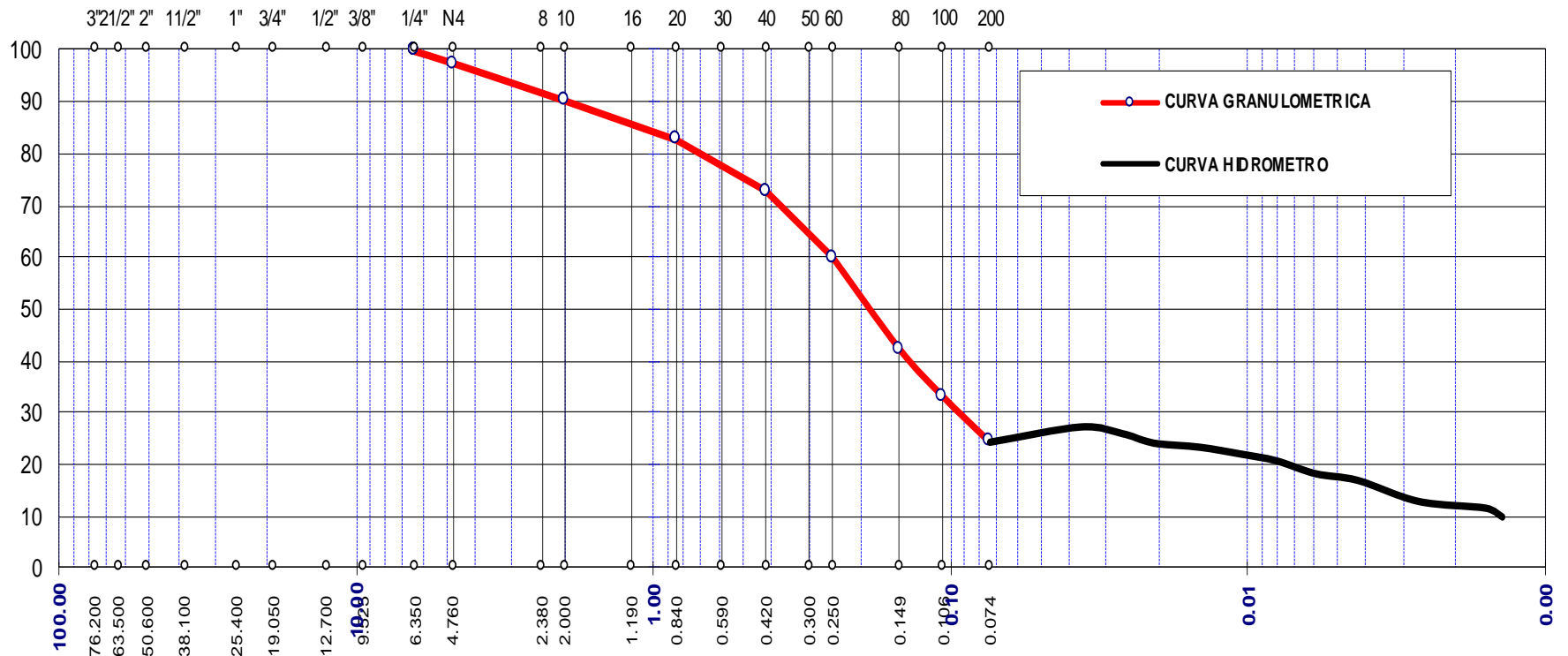
|                        |           |
|------------------------|-----------|
| Volumen Del Hidrometro | 67.65 cm3 |
|------------------------|-----------|

| Fecha  | Hora De Lectura | Tiempo Trans. t (min) | Temperatura T (°c) | Correc. Por Tiemp. De La Tabla (Ct) | Lectura Real Del Hidrometro (Rd) | Lectura Correg Hidrom (Rc)= Rd- Cd+Ct | % Mas Fino aRc/Ws | Hidrom Correg Menisco (R)=Rd+Cm | Longitud Con R, De La Tabla L(cm) | Veloc. L/t (cm/min) | Factor Tabla (K) | Diametro D (mm) $K\sqrt{L/T}$ | % QUE PASA |
|--------|-----------------|-----------------------|--------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------|------------------|-------------------------------|------------|
| 04-Abr | 10:25           | 1                     | 15                 | -1.2                                | 28                               | 20.8                                  | 41.41             | 29                              | 7.5                               | 7.50                | 0.0133           | 0.0364                        | 26.92      |
|        |                 | 2                     | 15                 | -1.2                                | 27                               | 19.8                                  | 39.42             | 28                              | 7.9                               | 3.95                | 0.0133           | 0.0264                        | 25.62      |
|        |                 | 3                     | 15                 | -1.2                                | 26                               | 18.8                                  | 37.43             | 27                              | 8.55                              | 2.85                | 0.0133           | 0.0225                        | 24.33      |
|        |                 | 4                     | 15                 | -1.2                                | 25.5                             | 18.3                                  | 36.43             | 26.5                            | 9                                 | 2.25                | 0.0133           | 0.0200                        | 23.68      |
|        |                 | 8                     | 15                 | -1.2                                | 25                               | 17.8                                  | 35.44             | 26                              | 9.5                               | 1.19                | 0.0133           | 0.0145                        | 23.04      |
|        |                 | 16                    | 15                 | -1.2                                | 24                               | 16.8                                  | 33.45             | 25                              | 10.1                              | 0.63                | 0.0133           | 0.0106                        | 21.74      |
| 10-Abr | 10:55           | 30                    | 15                 | -1.2                                | 23                               | 15.8                                  | 31.46             | 24                              | 10.9                              | 0.36                | 0.0133           | 0.0080                        | 20.45      |
| 10-Abr | 11:25           | 60                    | 14.5               | -1.1                                | 21                               | 13.9                                  | 27.67             | 22                              | 11.9                              | 0.20                | 0.0133           | 0.0059                        | 17.99      |
| 10-Abr | 12:25           | 120                   | 14                 | -1.1                                | 20                               | 12.9                                  | 25.68             | 21                              | 12.5                              | 0.10                | 0.0132           | 0.0043                        | 16.69      |
| 10-Abr | 03:55           | 330                   | 15                 | -1.2                                | 17                               | 9.8                                   | 19.51             | 18                              | 13.2                              | 0.04                | 0.0133           | 0.0027                        | 12.68      |
| 11-Abr | 02:55           | 990                   | 15                 | -1.2                                | 16                               | 8.8                                   | 17.52             | 17                              | 13.7                              | 0.01                | 0.0134           | 0.0016                        | 11.39      |
| 11-Abr | 09:55           | 1410                  | 13.5               | -1.5                                | 15                               | 7.5                                   | 14.93             | 16                              | 14.3                              | 0.01                | 0.0138           | 0.0014                        | 9.71       |

# CURVA GRANULOMETRICA

MALLAS U.S. STANDARD

% QUE PASA EN PESO



TAMAÑO DEL GRANO EN mm  
(escala logaritmica)



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**



**ENSAYO DE LIMITE DE CONSISTENCIA**  
**LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD 0.00**  
**Lt/m3 TERRASIL**

**PROYECTO** : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023  
**UBICACIÓN** : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000  
**REALIZADO POR** : BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA  
**MUESTRA** : CALICATA 01  
**PROFUNDIDAD** : 1.5 M  
**FECHA** : 30 DE ENERO

| CALICATA 01                    |     | LÍMITE LÍQUIDO     |        |        |        |
|--------------------------------|-----|--------------------|--------|--------|--------|
| DESCRIPCION                    | UND | I                  | II     | III    | IV     |
| Nº Recipiente                  | Nº  | S - 14             | T - 09 | T - 03 | S - 13 |
| Nº de Golpes                   | gr. | 19                 | 24     | 28     | 34     |
| Peso Recipiente + Suelo Húmeda | gr. | 34.08              | 40.78  | 38.25  | 31.04  |
| Peso Recipiente + Suelo Seco   | gr. | 30.66              | 37.25  | 34.71  | 27.67  |
| Peso del Agua                  | gr. | 3.42               | 3.53   | 3.54   | 3.37   |
| Peso de Recipiente             | gr. | 18.93              | 25.04  | 22.34  | 15.67  |
| Peso del Suelo Seco            | gr. | 11.73              | 12.21  | 12.37  | 12.00  |
| Contenido de Húmedo            | %   | 29.16              | 28.91  | 28.62  | 28.08  |
|                                |     | <b>LL = 28.78%</b> |        |        |        |

| CALICATA 01                    |     | LIMITE PLASTICO    |        |       |
|--------------------------------|-----|--------------------|--------|-------|
| DESCRIPCION                    | UND | I                  | II     | III   |
| Nº Recipiente                  | Nº  | S - 62             | S - 28 | A - 1 |
| Peso Recipiente + Suelo Húmeda | gr. | 21.24              | 24.30  | 25.99 |
| Peso Recipiente + Suelo Seco   | gr. | 20.52              | 23.48  | 25.17 |
| Peso del Agua                  | gr. | 0.72               | 0.82   | 0.82  |
| Peso de Recipiente             | gr. | 16.92              | 19.47  | 22.04 |
| Peso del Suelo Seco            | gr. | 3.60               | 4.01   | 3.13  |
| Contenido de Húmedo            | %   | 20.00              | 20.45  | 26.20 |
|                                |     | <b>LP = 22.22%</b> |        |       |

|                              |               |
|------------------------------|---------------|
| <b>LÍMITE LÍQUIDO</b>        | <b>28.78%</b> |
| <b>LIMITE PLASTICO</b>       | <b>22.22%</b> |
| <b>INDICE DE PLASTICIDAD</b> | <b>6.57%</b>  |



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**



**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**

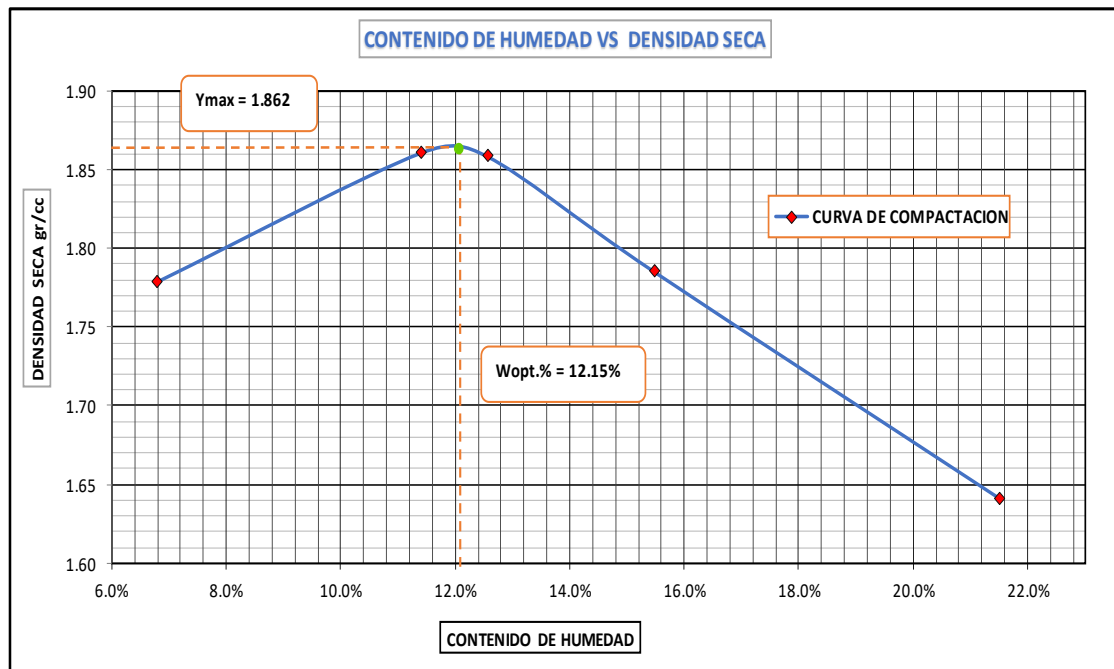
|                      |                                                                                                                |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>PROYECTO</b>      | : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023 |
| <b>UBICACIÓN</b>     | : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000                                                                             |
| <b>REALIZADO POR</b> | : BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA                                                                             |
| <b>MUESTRA</b>       | : CALICATA 01                                                                                                  |
| <b>PROFUNDIDAD</b>   | : 1.5 M                                                                                                        |
| <b>FECHA</b>         | : 25 DE FEBRERO                                                                                                |

|                        |          |
|------------------------|----------|
| <b>MOLDE N°</b>        | <b>1</b> |
| N° De Capas            | 5        |
| Volumen del Molde (cc) | 941.52   |
| N° Golp. Por Capa      | 25       |

| Descripción                       | UND   | CALICATA 01 |        |        |        |        |
|-----------------------------------|-------|-------------|--------|--------|--------|--------|
| Número de Ensayo                  | N°    | M-1         | M-2    | M-3    | M-4    | M-5    |
| Peso del Suelo Húmedo + Molde     | gr.   | 5328        | 5492   | 5510   | 5481   | 5417   |
| Peso del Molde                    | gr.   | 3540        | 3540   | 3540   | 3540   | 3540   |
| Peso de Suelo Compactado          | gr    | 1788        | 1952   | 1970   | 1941   | 1877   |
| Volumen Molde                     | cc    | 941.52      | 941.52 | 941.52 | 941.52 | 941.52 |
| Densidad del Suelo Húmedo         | gr/cc | 1.899       | 2.073  | 2.092  | 2.062  | 1.994  |
| Recipiente                        | N°    | 1           | 2      | 3      | 4      | 5      |
| Peso de Recipiente + Suelo Húmedo | gr.   | 137.67      | 143.58 | 158.27 | 149.70 | 218.79 |
| Peso de Recipiente + Suelo Seco   | gr.   | 130.1       | 131.17 | 143.17 | 133.00 | 187.19 |
| Peso del Agua                     | gr.   | 7.57        | 12.41  | 15.10  | 16.70  | 31.60  |
| Peso de Recipiente                | gr.   | 18.53       | 22.37  | 22.98  | 25.12  | 40.20  |
| Peso del Suelo Seco               | gr.   | 111.57      | 108.80 | 120.19 | 107.88 | 146.99 |
| <b>Contenido de Húmedo</b>        | %     | 6.78%       | 11.41% | 12.56% | 15.48% | 21.50% |
| <b>Densidad del Suelo Seco</b>    | gr/cc | 1.778       | 1.861  | 1.859  | 1.785  | 1.641  |

**METODO : MODIFICADO "A"**

|                             |       |        |
|-----------------------------|-------|--------|
| <b>DENSIDAD MAXIMA SECA</b> | gr/cc | 1.862  |
| <b>HÚMEDAD OPTIMA</b>       | %     | 12.15% |







**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**



**ENSAYO ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

**PROYECTO** : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023  
**UBICACIÓN** : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000  
**REALIZADO POR** : BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA  
**MUESTRA** : CALICATA 01  
**PROFUNDIDAD** : 1.5 M  
**FECHA** : 25 DE MARZO

**DOSIFICACIÓN DE TERRASIL : 0.00 Lt / m<sup>3</sup>**

| MOLDE N°          | D-03  |
|-------------------|-------|
| Altura Molde mm.  | 126.6 |
| N° De Capas       | 5     |
| N° Golp. Por Capa | 56    |

| Condición de la Muestra      |         | Sin Saturar | Saturado |
|------------------------------|---------|-------------|----------|
| Peso del Suelo Húmedo+ Molde | grs.    | 12660.00    | 12949.00 |
| Peso del Molde               | grs.    | 8030.00     | 8030.00  |
| Peso del Suelo Húmedo        | grs.    | 4630.00     | 4919.00  |
| Volumen del Molde            | cc.     | 2216.38     | 2216.38  |
| Densidad del Suelo Húmedo    | grs/cc. | 2.09        | 2.22     |

| Recipiente                             | Und.           | 1-A          | 1-B    | 1-C          | 1-D    |
|----------------------------------------|----------------|--------------|--------|--------------|--------|
| Peso suelo Húmedo + Peso de Recipiente | grs.           | 115.57       | 103.79 | 138.21       | 153.08 |
| Peso Seco + Peso de Recipiente         | grs.           | 106.93       | 96.71  | 124.02       | 136.53 |
| Peso Agua                              | grs.           | 8.64         | 7.08   | 14.19        | 16.55  |
| Peso de Recipiente                     | grs.           | 21.50        | 26.44  | 39.08        | 40.03  |
| Peso del Suelo Seca                    | grs.           | 85.43        | 70.27  | 84.94        | 96.50  |
| Contenido Humedad                      | %              | 10.11%       | 10.08% | 16.71%       | 17.15% |
| <b>Contenido Humedad Promedio</b>      | %              | 10.09%       |        | 16.93%       |        |
| <b>DENSIDAD DEL SUELO SECO</b>         | <b>grs/cc.</b> | <b>1.897</b> |        | <b>1.898</b> |        |

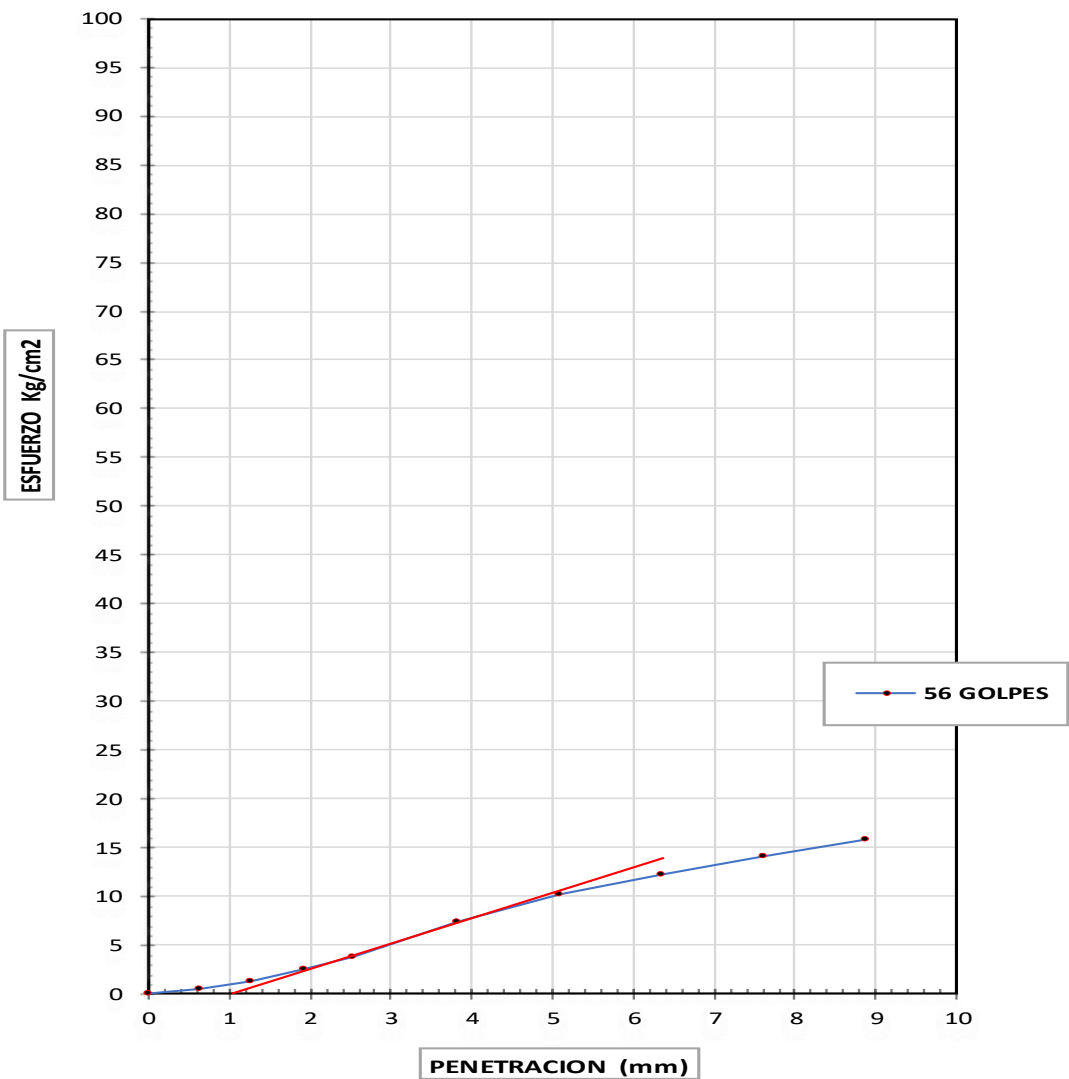
**ENSAYO DE EXPANSIÓN**

| fecha      | hora       | tiempo  | dial | Expansion mm | Expansion % |
|------------|------------|---------|------|--------------|-------------|
| 11/03/2024 | 01:37 p.m. | 0 hrs.  | 0.20 | 0.00         | 0.00        |
| 12/03/2024 | 01:37 p.m. | 24 hrs. | 1.99 | 1.79         | 1.41        |
| 13/03/2024 | 01:37 p.m. | 48 hrs. | 2.62 | 2.42         | 1.91        |
| 14/03/2024 | 01:37 p.m. | 72 hrs. | 2.91 | 2.71         | 2.14        |
| 15/03/2024 | 01:37 p.m. | 96 hrs. | 3.07 | 2.87         | 2.27        |

**ENSAYO CARGA - PENETRACION**

| Penetracion (mm) | MOLDE N° D-03 |        |        | Carga Estatica kg/cm2 |
|------------------|---------------|--------|--------|-----------------------|
|                  | Dial KN       | kg     | kg/cm2 |                       |
| 0.00             | 0.000         | 0.00   | 0.00   |                       |
| 0.63             | 0.110         | 11.22  | 0.57   |                       |
| 1.27             | 0.260         | 26.51  | 1.35   |                       |
| 1.91             | 0.480         | 48.95  | 2.49   |                       |
| 2.54             | 0.720         | 73.42  | 3.74   | 70.41                 |
| 3.81             | 1.410         | 143.78 | 7.32   |                       |
| 5.09             | 1.970         | 200.88 | 10.23  | 105.10                |
| 6.35             | 2.360         | 240.65 | 12.26  |                       |
| 7.62             | 2.710         | 276.34 | 14.07  |                       |
| 8.89             | 3.050         | 311.01 | 15.84  |                       |

**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**



**VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR : 9.23 %**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**



**ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE**

**PROYECTO** : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023  
**UBICACIÓN** : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000  
**REALIZADO POR**: BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA  
**MUESTRA** : CALICATA 01  
**PROFUNDIDAD** : 1.5 M  
**FECHA** : 18 DE MARZO

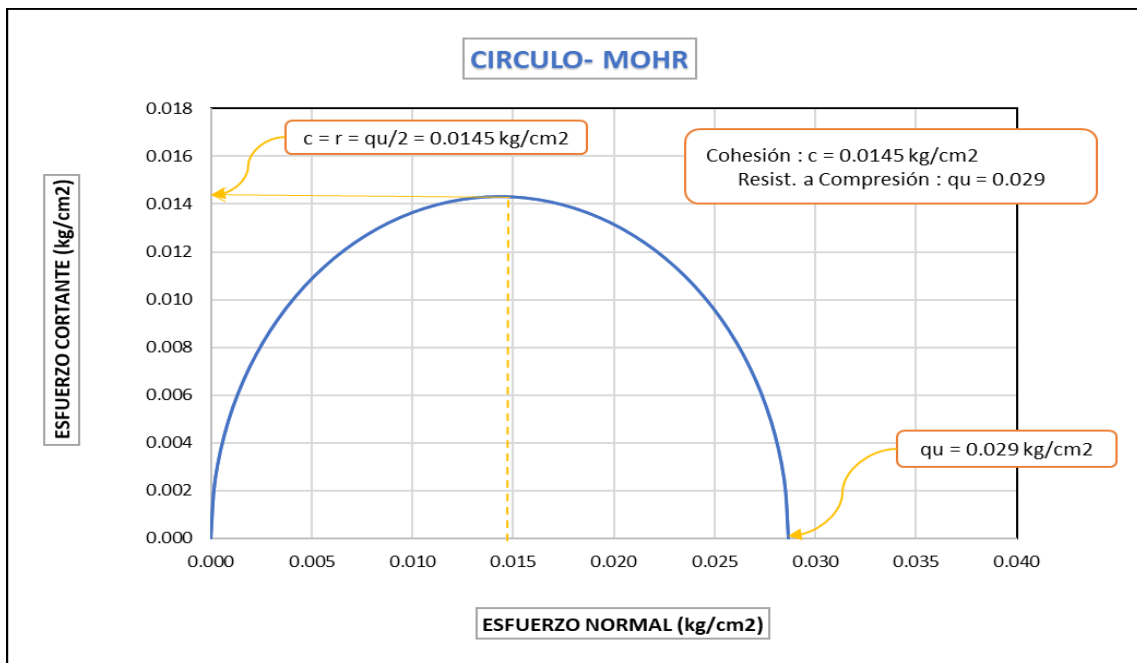
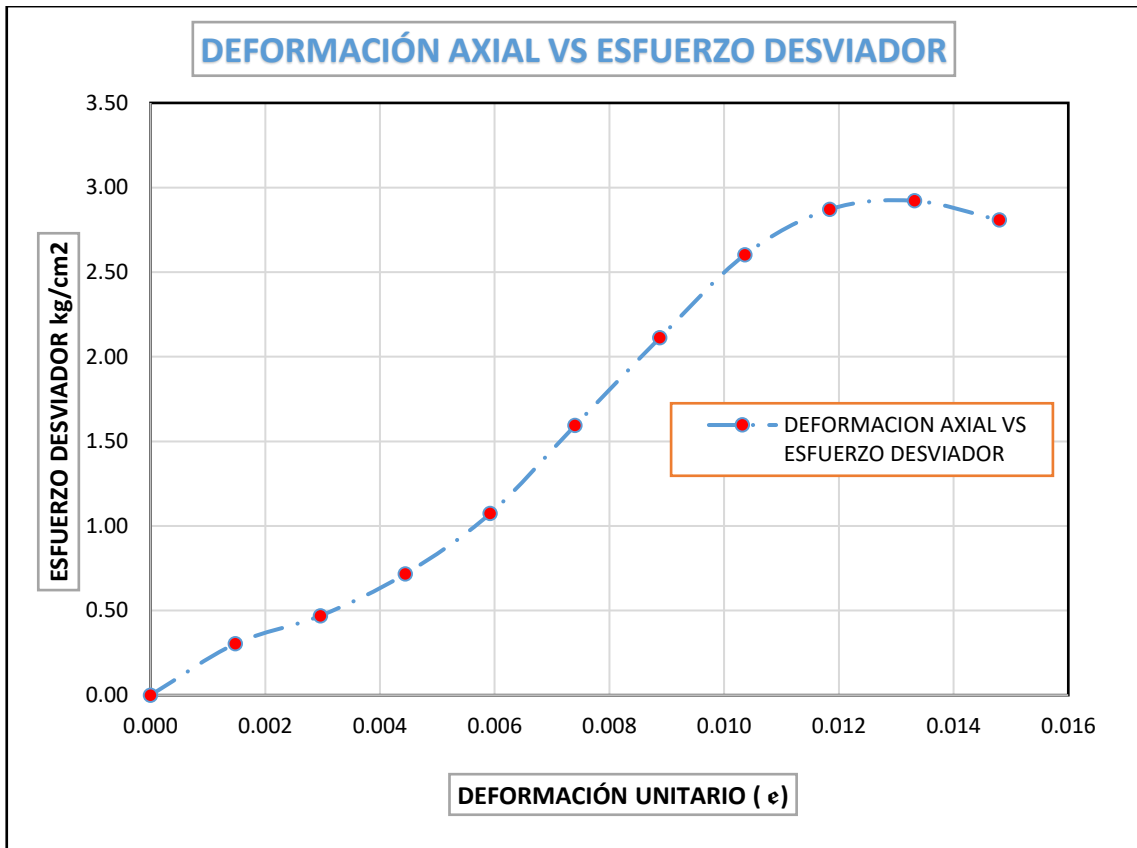
**DOSIFICACIÓN DE TERRASIL : 0.00 Lt / m3**

| Descripción                            | Espécimen 01 |
|----------------------------------------|--------------|
| Peso (g)                               | 1040         |
| Diametro (cm)                          | 6.85         |
| Area A <sub>0</sub> (cm <sup>2</sup> ) | 36.85        |
| Altura L <sub>0</sub> (cm)             | 14.19        |
| Densidad (g/cm <sup>3</sup> )          | 1.99         |
| Dumedad W (%)                          | 10.62        |

| Deformación<br>$\Delta L$ (mm) | Deformación<br>Unitaria<br>$\epsilon = \Delta L/L_0$ | Area corr.<br>(cm <sup>2</sup> )<br>$A' = A_0 / (1 - \epsilon)$ | Lectura Carga<br>(KN) | Carga<br>(Kg)<br>P | Esfuerzo<br>Normal<br>(Kpa) | Esfuerzo<br>(Kg/cm <sup>2</sup> )<br>$\sigma = P/A'$ |
|--------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------|
| 0.00                           | 0.000                                                | 36.852                                                          | 0.00                  | 0.000              | 0.000                       | 0.000                                                |
| 0.21                           | 0.001                                                | 36.906                                                          | 0.11                  | 11.217             | 29.805                      | 0.304                                                |
| 0.42                           | 0.003                                                | 36.961                                                          | 0.17                  | 17.335             | 45.994                      | 0.469                                                |
| 0.63                           | 0.004                                                | 37.016                                                          | 0.26                  | 26.512             | 70.240                      | 0.716                                                |
| 0.84                           | 0.006                                                | 37.071                                                          | 0.39                  | 39.768             | 105.203                     | 1.073                                                |
| 1.05                           | 0.007                                                | 37.126                                                          | 0.58                  | 59.143             | 156.223                     | 1.593                                                |
| 1.26                           | 0.009                                                | 37.182                                                          | 0.77                  | 78.517             | 207.090                     | 2.112                                                |
| 1.47                           | 0.010                                                | 37.238                                                          | 0.95                  | 96.872             | 255.119                     | 2.601                                                |
| 1.68                           | 0.012                                                | 37.293                                                          | 1.05                  | 107.069            | 281.552                     | 2.871                                                |
| 1.89                           | 0.013                                                | 37.349                                                          | 1.07                  | 109.108            | 286.485                     | 2.921                                                |
| 2.10                           | 0.015                                                | 37.405                                                          | 1.03                  | 105.029            | 275.362                     | 2.808                                                |

**Espécimen 01**

| DESCRIPCIÓN                                 | UND | 1            | 2     |
|---------------------------------------------|-----|--------------|-------|
| Recipiente                                  | Nº  | S-47         | S-26  |
| 1. Peso de recipiente                       | grs | 22.12        | 20.01 |
| 2. Peso recipiente + muestra húmeda         | grs | 73.63        | 74.70 |
| 3. Peso recipiente + muestra seca           | grs | 68.65        | 69.49 |
| 4. Peso de agua                             | cc  | 4.98         | 5.21  |
| 5. Peso de la muestra seca neta             | grs | 46.53        | 49.48 |
| 6. Contenido de humedad                     | %   | 10.70        | 10.53 |
| <b>PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b> |     | <b>10.62</b> |       |





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**



**ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE**

**PROYECTO** : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023  
**UBICACIÓN** : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000  
**REALIZADO POR**: BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA  
**MUESTRA** : CALICATA 01  
**PROFUNDIDAD** : 1.5 M  
**FECHA** : 18 DE MARZO

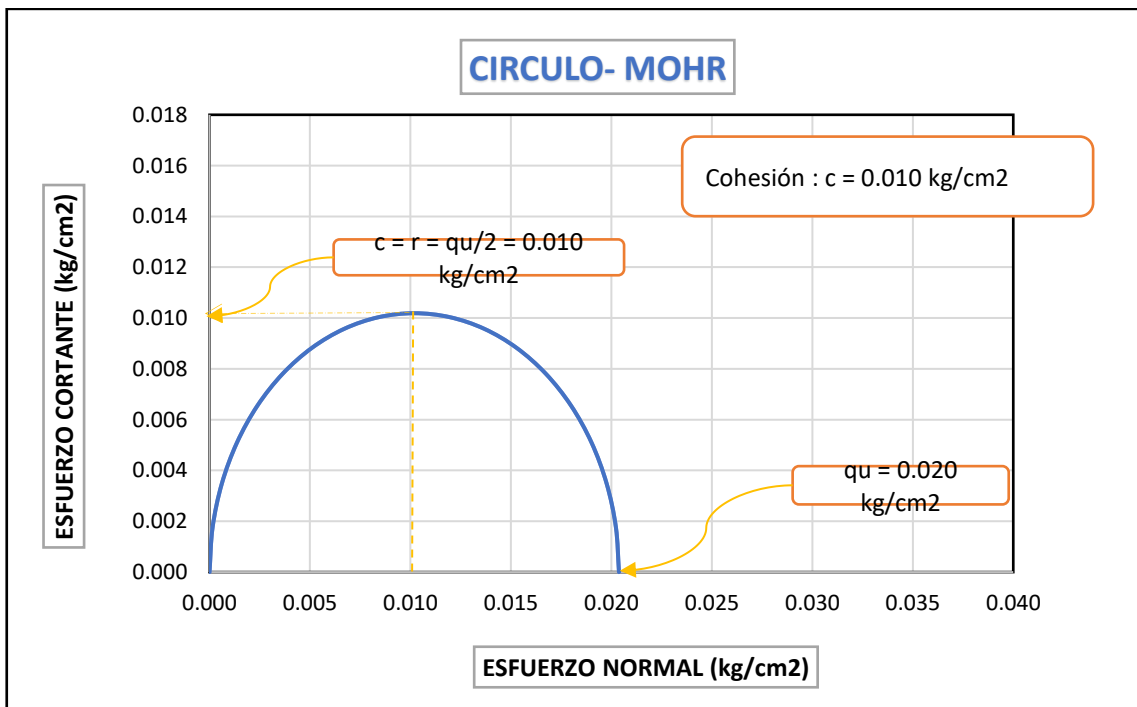
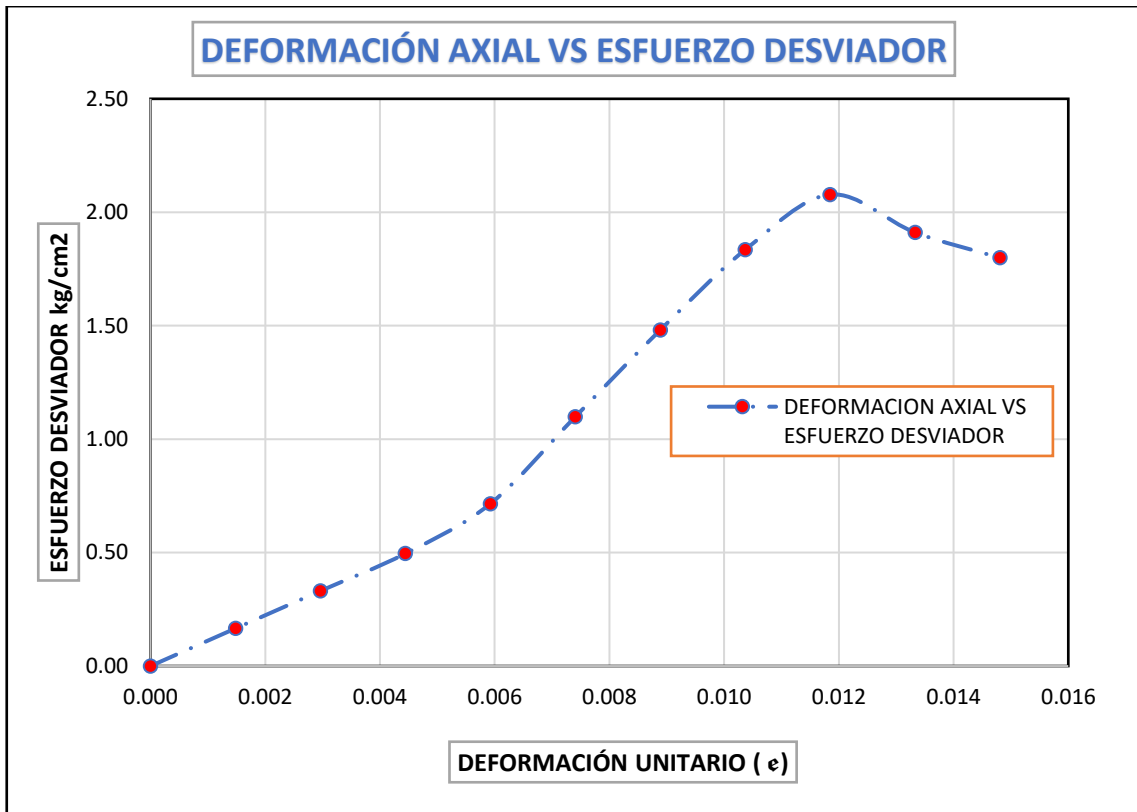
**DOSIFICACIÓN DE TERRASIL : 0.00 Lt / m<sup>3</sup>**

| Descripción                            | Espécimen 02 |
|----------------------------------------|--------------|
| Peso (g)                               | 1030         |
| Diametro (cm)                          | 6.85         |
| Area A <sub>0</sub> (cm <sup>2</sup> ) | 36.85        |
| Altura L <sub>0</sub> (cm)             | 14.18        |
| Densidad (g/cm <sup>3</sup> )          | 1.97         |
| Dumedad W (%)                          | 10.19        |



| Deformación<br>$\Delta L$ (mm) | Deformación<br>Unitaria<br>$\epsilon = \Delta L / L_0$ | Area corr.<br>(cm <sup>2</sup> )<br>$A' = A_0 / (1 - \epsilon)$ | Lectura Carga<br>(KN) | Carga<br>(Kg)<br>P | Esfuerzo<br>Normal<br>(Kpa) | Esfuerzo<br>(Kg/cm <sup>2</sup> )<br>$\sigma = P / A'$ |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------|
| 0.00                           | 0.000                                                  | 36.852                                                          | 0.00                  | 0.000              | 0.000                       | 0.000                                                  |
| 0.21                           | 0.001                                                  | 36.906                                                          | 0.06                  | 6.118              | 16.257                      | 0.166                                                  |
| 0.42                           | 0.003                                                  | 36.961                                                          | 0.12                  | 12.236             | 32.466                      | 0.331                                                  |
| 0.63                           | 0.004                                                  | 37.016                                                          | 0.18                  | 18.355             | 48.627                      | 0.496                                                  |
| 0.84                           | 0.006                                                  | 37.071                                                          | 0.26                  | 26.512             | 70.135                      | 0.715                                                  |
| 1.05                           | 0.007                                                  | 37.127                                                          | 0.40                  | 40.788             | 107.739                     | 1.099                                                  |
| 1.26                           | 0.009                                                  | 37.182                                                          | 0.54                  | 55.064             | 145.231                     | 1.481                                                  |
| 1.47                           | 0.010                                                  | 37.238                                                          | 0.67                  | 68.320             | 179.925                     | 1.835                                                  |
| 1.68                           | 0.012                                                  | 37.294                                                          | 0.76                  | 77.497             | 203.788                     | 2.078                                                  |
| 1.89                           | 0.013                                                  | 37.350                                                          | 0.70                  | 71.379             | 187.418                     | 1.911                                                  |
| 2.10                           | 0.015                                                  | 37.406                                                          | 0.66                  | 67.300             | 176.444                     | 1.799                                                  |

**Espécimen 02**

| DESCRIPCIÓN                                 | UND | 1            | 2     |
|---------------------------------------------|-----|--------------|-------|
| RECIPIENTE                                  | Nº  | S-47         | S-26  |
| 1. Peso de recipiente                       | grs | 22.12        | 20.01 |
| 2. Peso recipiente + muestra húmeda         | grs | 96.01        | 75.50 |
| 3. Peso recipiente + muestra seca           | grs | 89.14        | 70.40 |
| 4. Peso de agua                             | cc  | 6.87         | 5.10  |
| 5. Peso de la muestra seca neta             | grs | 67.02        | 50.39 |
| 6. Contenido de humedad                     | %   | 10.25        | 10.12 |
| <b>PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b> |     | <b>10.19</b> |       |



ANEXO 2 Dosificación de 0.30 Lt/m<sup>3</sup> de terrasil-suelo tratado

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                              |                        |       |       |       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO</b><br>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL<br><b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES</b> |                        |       |       |       |  |
|                                                                                   | <b>ENSAYO DE LIMITE DE CONSISTENCIA</b><br><b>LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD</b><br><b>0.30 Lt/m<sup>3</sup> TERRASIL</b>                                          |                        |       |       |       |                                                                                     |
| <b>PROYECTO</b>                                                                   | : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023                                                                               |                        |       |       |       |                                                                                     |
| <b>UBICACIÓN</b>                                                                  | : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000                                                                                                                                                           |                        |       |       |       |                                                                                     |
| <b>REALIZADO POR</b>                                                              | : BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA                                                                                                                                                           |                        |       |       |       |                                                                                     |
| <b>MUESTRA</b>                                                                    | : CALICATA 01                                                                                                                                                                                |                        |       |       |       |                                                                                     |
| <b>PROFUNDIDAD</b>                                                                | : 1.5 M                                                                                                                                                                                      |                        |       |       |       |                                                                                     |
| <b>FECHA</b>                                                                      | : 30 DE ENERO                                                                                                                                                                                |                        |       |       |       |                                                                                     |
| <b>CALICATA 01</b>                                                                |                                                                                                                                                                                              | <b>LÍMITE LÍQUIDO</b>  |       |       |       |                                                                                     |
| DESCRIPCION                                                                       | UND                                                                                                                                                                                          | I                      | II    | III   | IV    |                                                                                     |
| Nº Recipiente                                                                     | Nº                                                                                                                                                                                           | LY-08                  | S-32  | JM-1  | K-3   |                                                                                     |
| Nº de Golpes                                                                      | gr.                                                                                                                                                                                          | 14                     | 20    | 26    | 34    |                                                                                     |
| Peso Recipiente + Suelo Húmeda                                                    | gr.                                                                                                                                                                                          | 41.27                  | 41.44 | 50.78 | 47.86 |                                                                                     |
| Peso Recipiente + Suelo Seco                                                      | gr.                                                                                                                                                                                          | 36.89                  | 36.71 | 45.49 | 42.90 |                                                                                     |
| Peso del Agua                                                                     | gr.                                                                                                                                                                                          | 4.38                   | 4.73  | 5.29  | 4.96  |                                                                                     |
| Peso de Recipiente                                                                | gr.                                                                                                                                                                                          | 21.79                  | 20.05 | 25.63 | 24.18 |                                                                                     |
| Peso del Suelo Seco                                                               | gr.                                                                                                                                                                                          | 15.10                  | 16.66 | 19.86 | 18.72 |                                                                                     |
| Contenido de Húmedo                                                               | %                                                                                                                                                                                            | 29.01                  | 28.39 | 26.64 | 26.50 |                                                                                     |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                                              | <b>LL = 27.23%</b>     |       |       |       |                                                                                     |
| <b>CALICATA 01</b>                                                                |                                                                                                                                                                                              | <b>LIMITE PLASTICO</b> |       |       |       |                                                                                     |
| DESCRIPCION                                                                       | UND                                                                                                                                                                                          | I                      | II    | III   |       |                                                                                     |
| Nº Recipiente                                                                     | Nº                                                                                                                                                                                           | S-26                   | JK-25 | JK-25 |       |                                                                                     |
| Peso Recipiente + Suelo Húmeda                                                    | gr.                                                                                                                                                                                          | 24.48                  | 25.71 | 30.06 |       |                                                                                     |
| Peso Recipiente + Suelo Seco                                                      | gr.                                                                                                                                                                                          | 23.72                  | 24.78 | 29.50 |       |                                                                                     |
| Peso del Agua                                                                     | gr.                                                                                                                                                                                          | 0.76                   | 0.93  | 0.56  |       |                                                                                     |
| Peso de Recipiente                                                                | gr.                                                                                                                                                                                          | 20.00                  | 21.49 | 26.43 |       |                                                                                     |
| Peso del Suelo Seco                                                               | gr.                                                                                                                                                                                          | 3.72                   | 3.29  | 3.07  |       |                                                                                     |
| Contenido de Húmedo                                                               | %                                                                                                                                                                                            | 20.43                  | 28.27 | 18.24 |       |                                                                                     |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                                              | <b>LP = 22.31%</b>     |       |       |       |                                                                                     |
| <b>LÍMITE LÍQUIDO</b>                                                             | <b>27.23%</b>                                                                                                                                                                                |                        |       |       |       |                                                                                     |
| <b>LIMITE PLASTICO</b>                                                            | <b>22.31%</b>                                                                                                                                                                                |                        |       |       |       |                                                                                     |
| <b>INDICE DE PLASTICIDAD</b>                                                      | <b>4.92%</b>                                                                                                                                                                                 |                        |       |       |       |                                                                                     |



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**



**ENSAYO ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

|                      |                                                                                                                |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>PROYECTO</b>      | : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023 |
| <b>UBICACIÓN</b>     | : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000                                                                             |
| <b>REALIZADO POR</b> | : BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA                                                                             |
| <b>MUESTRA</b>       | : CALICATA 01                                                                                                  |
| <b>PROFUNDIDAD</b>   | : 1.5 M                                                                                                        |
| <b>FECHA</b>         | : 2 DE ABRIL                                                                                                   |

**DOSIFICACIÓN DE TERRASIL : 0.30 Lt / m3**

| MOLDE N°          | T-01  |
|-------------------|-------|
| Altura Molde mm.  | 126.6 |
| N° De Capas       | 5     |
| N° Golp. Por Capa | 56    |

| Condición de la Muestra      |         | Sin Saturar | Saturado |
|------------------------------|---------|-------------|----------|
| Peso del Suelo Húmedo+ Molde | grs.    | 12690.00    | 12883.00 |
| Peso del Molde               | grs.    | 7950.00     | 7950.00  |
| Peso del Suelo Húmedo        | grs.    | 4740.00     | 4933.00  |
| Volumen del Molde            | cc.     | 2222.32     | 2222.32  |
| Densidad del Suelo Húmedo    | grs/cc. | 2.13        | 2.22     |

| Recipiente                             | Und.    | 1-A          | 1-B    | 1-C          | 1-D    |
|----------------------------------------|---------|--------------|--------|--------------|--------|
| Peso suelo Húmedo + Peso de Recipiente | grs.    | 79.50        | 80.89  | 98.40        | 163.82 |
| Peso Seco + Peso de Recipiente         | grs.    | 73.68        | 75.40  | 87.69        | 146.78 |
| Peso Agua                              | grs.    | 5.82         | 5.49   | 10.71        | 17.04  |
| Peso de Recipiente                     | grs.    | 21.50        | 26.44  | 19.55        | 40.17  |
| Peso del Suelo Seca                    | grs.    | 52.18        | 48.96  | 68.14        | 106.61 |
| Contenido Humedad                      | %       | 11.15%       | 11.21% | 15.72%       | 15.98% |
| <b>Contenido Humedad Promedio</b>      | %       | 11.18%       |        | 15.85%       |        |
| <b>DENSIDAD DEL SUELO SECO</b>         | grs/cc. | <b>1.918</b> |        | <b>1.916</b> |        |

**ENSAYO DE EXPANSION**

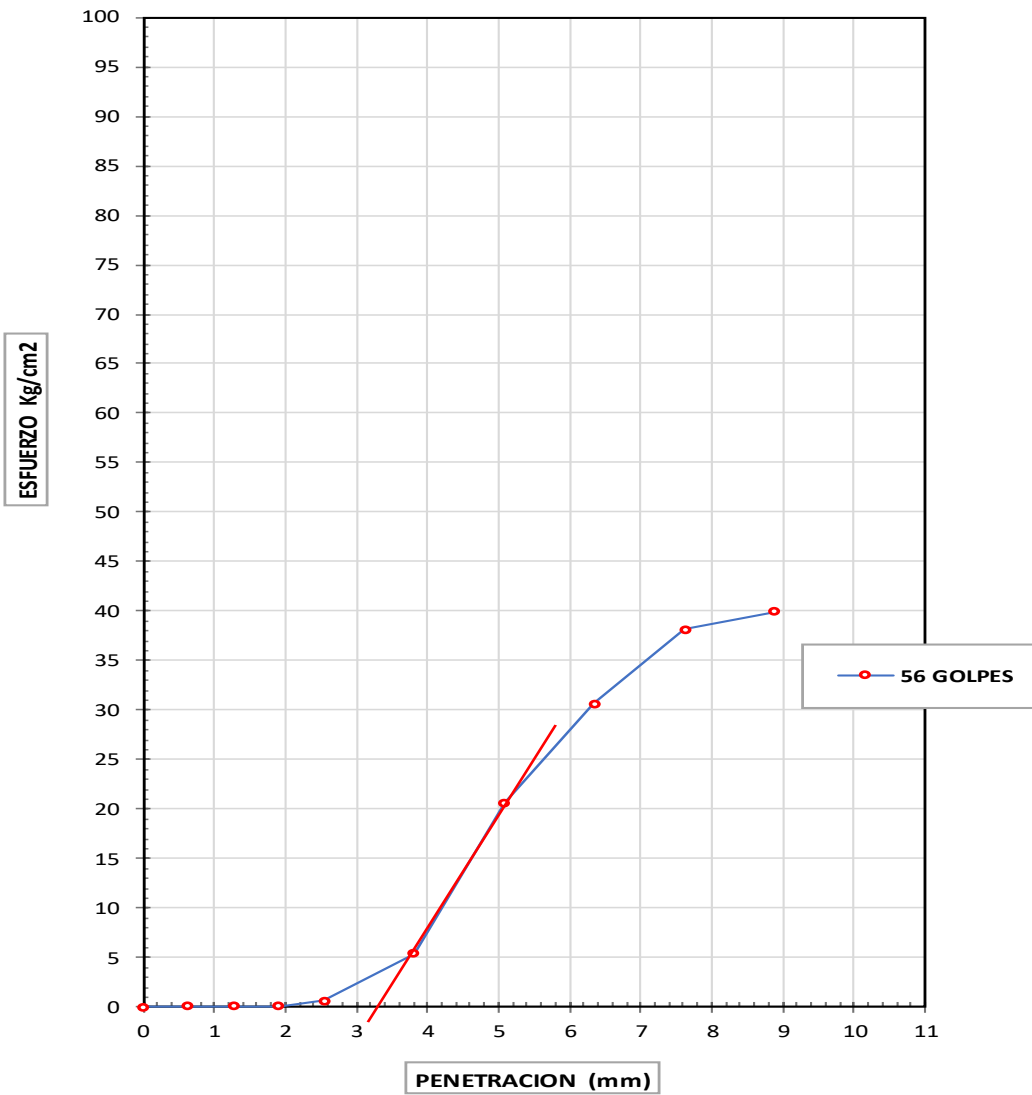
| fecha      | hora       | tiempo  | dial | Expansion mm | Expansion % |
|------------|------------|---------|------|--------------|-------------|
| 11/03/2024 | 01:37 p.m. | 0 hrs.  | 0.20 | 0.00         | 0.00        |
| 12/03/2024 | 01:37 p.m. | 24 hrs. | 1.10 | 0.90         | 0.71        |
| 13/03/2024 | 01:37 p.m. | 48 hrs. | 1.50 | 1.30         | 1.03        |
| 14/03/2024 | 01:37 p.m. | 72 hrs. | 1.70 | 1.50         | 1.18        |
| 15/03/2024 | 01:37 p.m. | 96 hrs. | 1.80 | 1.60         | 1.26        |



**ENSAYO CARGA - PENETRACION**

| Penetracion (mm) | MOLDE N° T-01 |        |        | Carga Estatica kg/cm2 |
|------------------|---------------|--------|--------|-----------------------|
|                  | Dial KN       | kg     | kg/cm2 |                       |
| 0.00             | 0.000         | 0.00   | 0.00   |                       |
| 0.63             | 0.010         | 1.02   | 0.05   |                       |
| 1.27             | 0.015         | 1.53   | 0.08   |                       |
| 1.91             | 0.020         | 2.04   | 0.10   |                       |
| 2.54             | 0.120         | 12.24  | 0.62   | 70.41                 |
| 3.81             | 1.040         | 106.05 | 5.40   |                       |
| 5.09             | 3.980         | 405.84 | 20.67  | 105.10                |
| 6.35             | 5.900         | 601.62 | 30.64  |                       |
| 7.62             | 7.350         | 749.48 | 38.17  |                       |
| 8.89             | 7.700         | 785.17 | 39.99  |                       |

**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**



VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR : 36.78 %



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**



**ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE**

**PROYECTO** : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023  
**UBICACIÓN** : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000  
**REALIZADO POR**: BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA  
**MUESTRA** : CALICATA 01  
**PROFUNDIDAD** : 1.5 M  
**FECHA** : 18 DE MARZO

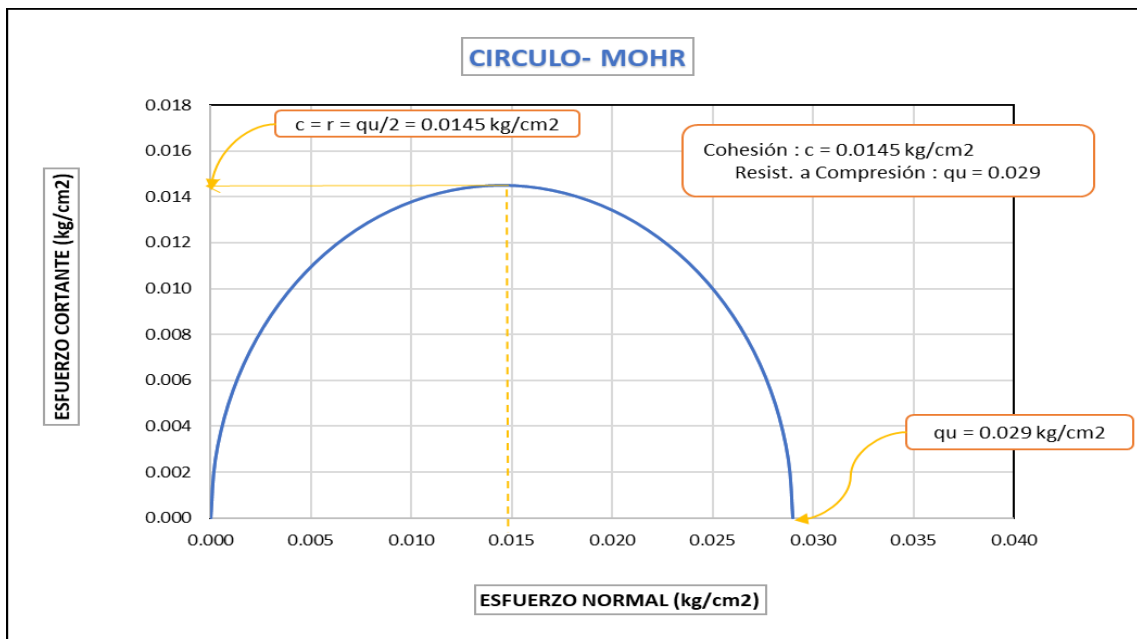
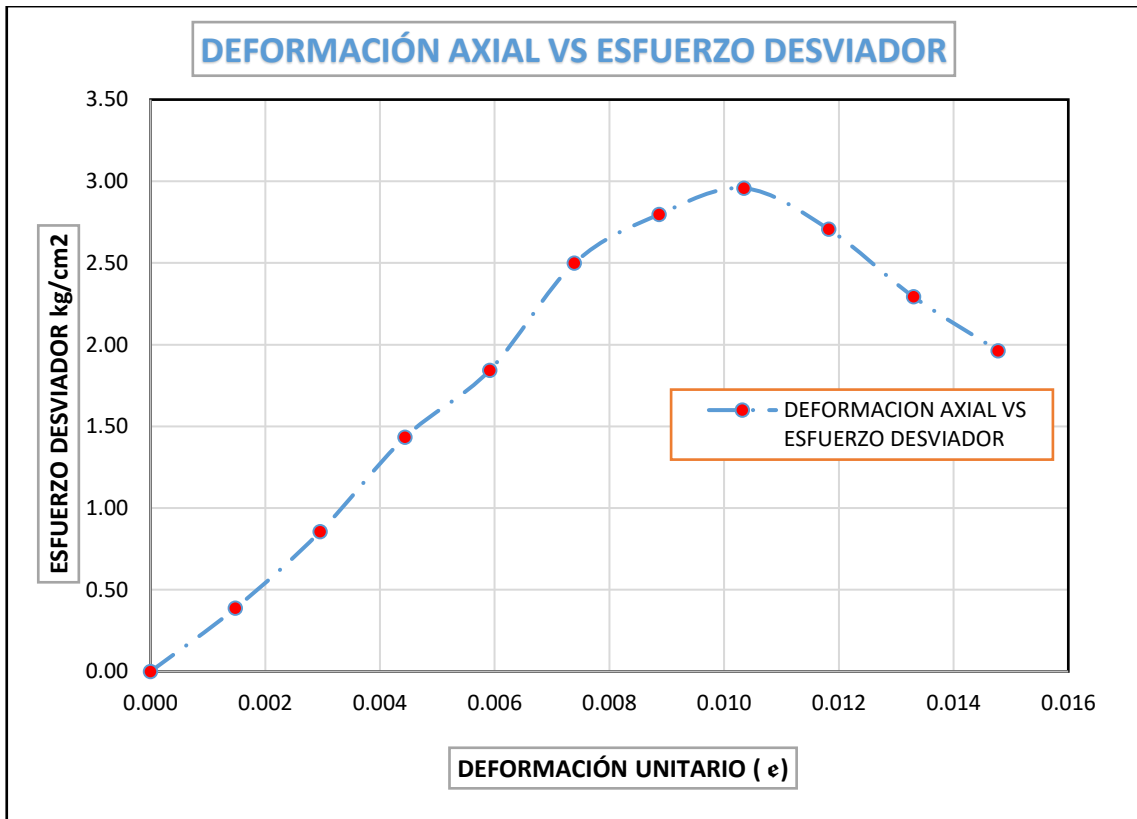
**DOSIFICACIÓN DE TERRASIL : 0.30 Lt / m3**

| Descripción                            | Espécimen 03 |
|----------------------------------------|--------------|
| Peso (g)                               | 1060         |
| Diametro (cm)                          | 6.85         |
| Area A <sub>0</sub> (cm <sup>2</sup> ) | 36.85        |
| Altura L <sub>0</sub> (cm)             | 14.21        |
| Densidad (g/cm <sup>3</sup> )          | 2.02         |
| Dumedad W (%)                          | 10.95        |

| Deformación<br>$\Delta L$ (mm) | Deformación<br>Unitaria<br>$\epsilon = \Delta L/L_0$ | Area corr.<br>(cm <sup>2</sup> )<br>$A' = A_0 / (1 - \epsilon)$ | Lectura Carga<br>(KN) | Carga<br>(Kg)<br>P | Esfuerzo<br>Normal<br>(Kpa) | Esfuerzo<br>(Kg/cm <sup>2</sup> )<br>$\sigma = P/A'$ |
|--------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------|
| 0.00                           | 0.000                                                | 36.852                                                          | 0.00                  | 0.000              | 0.000                       | 0.000                                                |
| 0.21                           | 0.001                                                | 36.906                                                          | 0.14                  | 14.276             | 37.934                      | 0.387                                                |
| 0.42                           | 0.003                                                | 36.961                                                          | 0.31                  | 31.611             | 83.872                      | 0.855                                                |
| 0.63                           | 0.004                                                | 37.016                                                          | 0.52                  | 53.024             | 140.480                     | 1.432                                                |
| 0.84                           | 0.006                                                | 37.071                                                          | 0.67                  | 68.320             | 180.735                     | 1.843                                                |
| 1.05                           | 0.007                                                | 37.126                                                          | 0.91                  | 92.793             | 245.111                     | 2.499                                                |
| 1.26                           | 0.009                                                | 37.181                                                          | 1.02                  | 104.009            | 274.330                     | 2.797                                                |
| 1.47                           | 0.010                                                | 37.237                                                          | 1.08                  | 110.128            | 290.034                     | 2.957                                                |
| 1.68                           | 0.012                                                | 37.293                                                          | 0.99                  | 100.950            | 265.468                     | 2.707                                                |
| 1.89                           | 0.013                                                | 37.349                                                          | 0.84                  | 85.655             | 224.909                     | 2.293                                                |
| 2.10                           | 0.015                                                | 37.405                                                          | 0.72                  | 73.418             | 192.490                     | 1.963                                                |

**Espécimen 03**

| DESCRIPCIÓN                                 | UND | 1            | 2     |
|---------------------------------------------|-----|--------------|-------|
| Recipiente                                  | Nº  | T-03         | T-07  |
| 1. Peso de recipiente                       | grs | 24.99        | 24.91 |
| 2. Peso recipiente + muestra húmeda         | grs | 84.23        | 80.15 |
| 3. Peso recipiente + muestra seca           | grs | 78.35        | 74.73 |
| 4. Peso de agua                             | cc  | 5.88         | 5.42  |
| 5. Peso de la muestra seca neta             | grs | 53.36        | 49.82 |
| 6. Contenido de humedad                     | %   | 11.02        | 10.88 |
| <b>PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b> |     | <b>10.95</b> |       |





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**



**ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE**

**PROYECTO** : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023  
**UBICACIÓN** : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000  
**REALIZADO POR**: BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA  
**MUESTRA** : CALICATA 01  
**PROFUNDIDAD** : 1.5 M  
**FECHA** : 18 DE MARZO

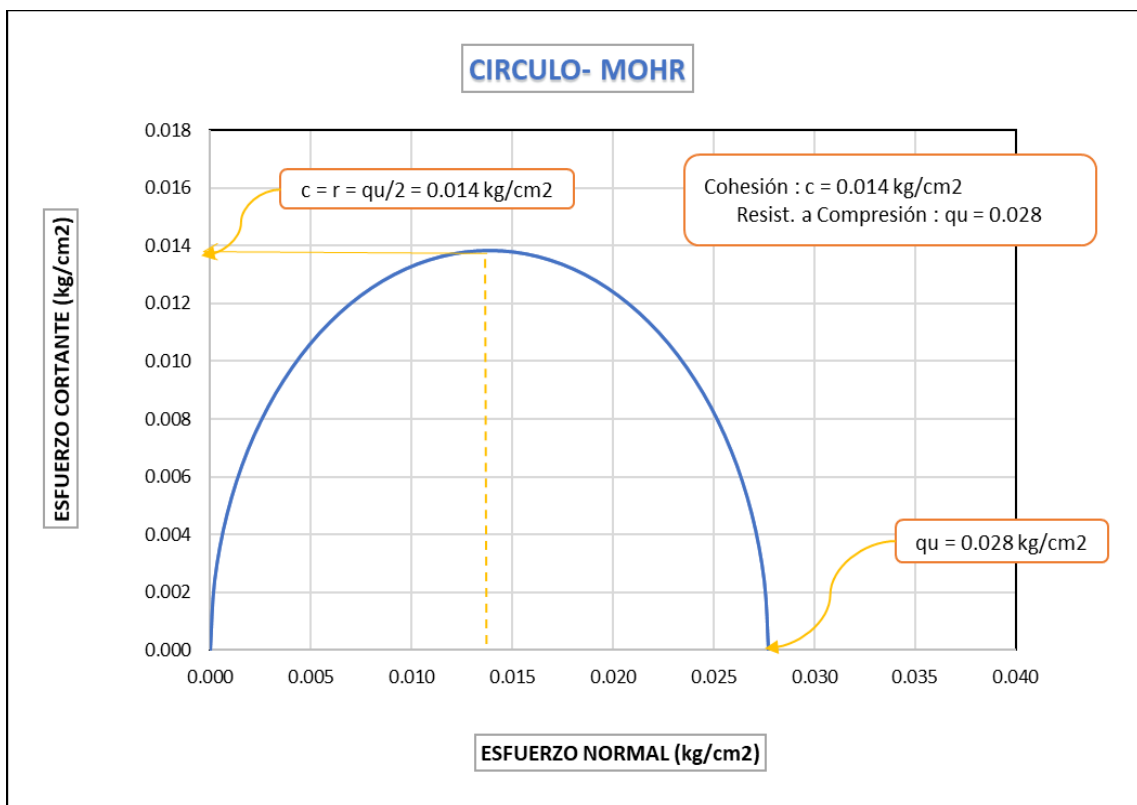
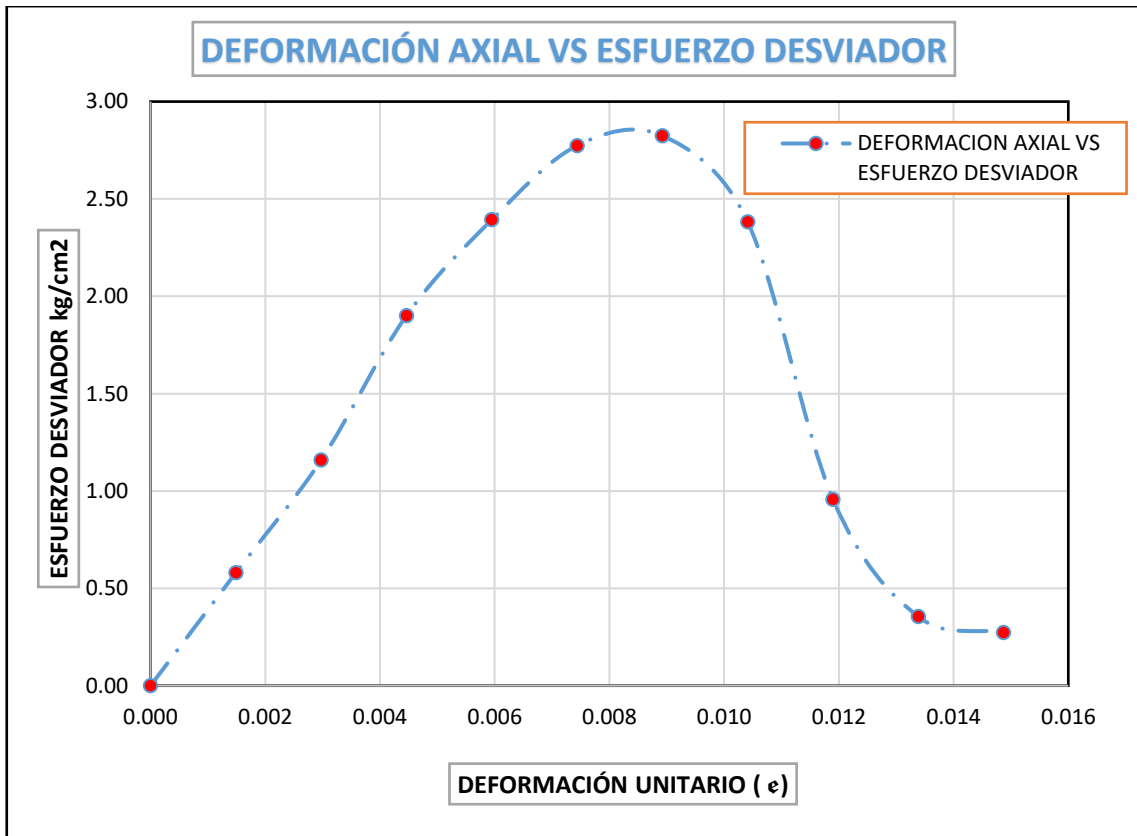
**DOSIFICACIÓN DE TERRASIL : 0.30 Lt / m3**

| Descripción                            | Espécimen 04 |
|----------------------------------------|--------------|
| Peso (g)                               | 1040         |
| Diametro (cm)                          | 6.85         |
| Area A <sub>0</sub> (cm <sup>2</sup> ) | 36.85        |
| Altura L <sub>0</sub> (cm)             | 14.12        |
| Densidad (g/cm <sup>3</sup> )          | 2.00         |
| Humedad W (%)                          | 10.53        |



| Deformación<br>$\Delta L$ (mm) | Deformación Unitaria<br>$\epsilon = \Delta L/L_0$ | Area corr.<br>(cm <sup>2</sup> )<br>$A' = A_0 / (1 - \epsilon)$ | Lectura Carga<br>(KN) | Carga<br>(Kg)<br>P | Esfuerzo Normal<br>(Kpa) | Esfuerzo<br>(Kg/cm <sup>2</sup> )<br>$\sigma = P/A'$ |
|--------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------------|------------------------------------------------------|
| 0.00                           | 0.000                                             | 36.852                                                          | 0.00                  | 0.000              | 0.000                    | 0.000                                                |
| 0.21                           | 0.001                                             | 36.907                                                          | 0.21                  | 21.414             | 56.900                   | 0.580                                                |
| 0.42                           | 0.003                                             | 36.962                                                          | 0.42                  | 42.827             | 113.631                  | 1.159                                                |
| 0.63                           | 0.004                                             | 37.017                                                          | 0.69                  | 70.359             | 186.401                  | 1.901                                                |
| 0.84                           | 0.006                                             | 37.072                                                          | 0.87                  | 88.714             | 234.677                  | 2.393                                                |
| 1.05                           | 0.007                                             | 37.128                                                          | 1.01                  | 102.990            | 272.033                  | 2.774                                                |
| 1.26                           | 0.009                                             | 37.184                                                          | 1.03                  | 105.029            | 277.004                  | 2.825                                                |
| 1.47                           | 0.010                                             | 37.239                                                          | 0.87                  | 88.714             | 233.623                  | 2.382                                                |
| 1.68                           | 0.012                                             | 37.296                                                          | 0.35                  | 35.690             | 93.845                   | 0.957                                                |
| 1.89                           | 0.013                                             | 37.352                                                          | 0.13                  | 13.256             | 34.804                   | 0.355                                                |
| 2.10                           | 0.015                                             | 37.408                                                          | 0.10                  | 10.197             | 26.732                   | 0.273                                                |

**Espécimen 04**

| DESCRIPCIÓN                                 | UND | 1            | 2     |
|---------------------------------------------|-----|--------------|-------|
| Recipiente                                  | Nº  | T-03         | T-07  |
| 1. Peso de recipiente                       | grs | 24.99        | 24.91 |
| 2. Peso recipiente + muestra húmeda         | grs | 109.06       | 82.03 |
| 3. Peso recipiente + muestra seca           | grs | 101.05       | 76.59 |
| 4. Peso de agua                             | cc  | 8.01         | 5.44  |
| 5. Peso de la muestra seca neta             | grs | 76.06        | 51.68 |
| 6. Contenido de humedad                     | %   | 10.53        | 10.53 |
| <b>PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b> |     | <b>10.53</b> |       |



ANEXO 3 Dosificación de 0.50 Lt/m<sup>3</sup> de terrasil-suelo tratado

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                              |                        |       |       |       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO</b><br>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL<br><b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES</b> |                        |       |       |       |  |
|                                                                                   | <b>ENSAYO DE LIMITE DE CONSISTENCIA</b><br><b>LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD 0.50</b><br><b>Lt/m3 TERRASIL</b>                                                     |                        |       |       |       |                                                                                     |
| <b>PROYECTO</b>                                                                   | : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023                                                                               |                        |       |       |       |                                                                                     |
| <b>UBICACIÓN</b>                                                                  | : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000                                                                                                                                                           |                        |       |       |       |                                                                                     |
| <b>REALIZADO POR</b>                                                              | : BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA                                                                                                                                                           |                        |       |       |       |                                                                                     |
| <b>MUESTRA</b>                                                                    | : CALICATA 01                                                                                                                                                                                |                        |       |       |       |                                                                                     |
| <b>PROFUNDIDAD</b>                                                                | : 1.5 M                                                                                                                                                                                      |                        |       |       |       |                                                                                     |
| <b>FECHA</b>                                                                      | : 30 DE ENERO                                                                                                                                                                                |                        |       |       |       |                                                                                     |
| <b>CALICATA 01</b>                                                                |                                                                                                                                                                                              | <b>LÍMITE LÍQUIDO</b>  |       |       |       |                                                                                     |
| DESCRIPCION                                                                       | UND                                                                                                                                                                                          | I                      | II    | III   | IV    |                                                                                     |
| Nº Recipiente                                                                     | Nº                                                                                                                                                                                           | S-011                  | B-3   | A-7   | S-04  |                                                                                     |
| Nº de Golpes                                                                      | gr.                                                                                                                                                                                          | 15                     | 23    | 30    | 35    |                                                                                     |
| Peso Recipiente + Suelo Húmeda                                                    | gr.                                                                                                                                                                                          | 33.63                  | 33.29 | 35.27 | 36.15 |                                                                                     |
| Peso Recipiente + Suelo Seco                                                      | gr.                                                                                                                                                                                          | 28.88                  | 28.94 | 30.03 | 31.51 |                                                                                     |
| Peso del Agua                                                                     | gr.                                                                                                                                                                                          | 4.75                   | 4.35  | 5.24  | 4.64  |                                                                                     |
| Peso de Recipiente                                                                | gr.                                                                                                                                                                                          | 12.49                  | 13.01 | 10.48 | 13.73 |                                                                                     |
| Peso del Suelo Seco                                                               | gr.                                                                                                                                                                                          | 16.39                  | 15.93 | 19.55 | 17.78 |                                                                                     |
| Contenido de Húmedo                                                               | %                                                                                                                                                                                            | 28.98                  | 27.31 | 26.80 | 26.10 |                                                                                     |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                                              | <b>LL = 27.21%</b>     |       |       |       |                                                                                     |
| <b>CALICATA 01</b>                                                                |                                                                                                                                                                                              | <b>LIMITE PLASTICO</b> |       |       |       |                                                                                     |
| DESCRIPCION                                                                       | UND                                                                                                                                                                                          | I                      | II    | III   |       |                                                                                     |
| Nº Recipiente                                                                     | Nº                                                                                                                                                                                           | T-08                   | S-23  | S-T4  |       |                                                                                     |
| Peso Recipiente + Suelo Húmeda                                                    | gr.                                                                                                                                                                                          | 29.09                  | 28.12 | 31.58 |       |                                                                                     |
| Peso Recipiente + Suelo Seco                                                      | gr.                                                                                                                                                                                          | 28.04                  | 26.63 | 29.49 |       |                                                                                     |
| Peso del Agua                                                                     | gr.                                                                                                                                                                                          | 1.05                   | 1.49  | 2.09  |       |                                                                                     |
| Peso de Recipiente                                                                | gr.                                                                                                                                                                                          | 22.78                  | 19.52 | 21.85 |       |                                                                                     |
| Peso del Suelo Seco                                                               | gr.                                                                                                                                                                                          | 5.26                   | 7.11  | 7.64  |       |                                                                                     |
| Contenido de Húmedo                                                               | %                                                                                                                                                                                            | 19.96                  | 20.96 | 27.36 |       |                                                                                     |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                                              | <b>LP = 22.76%</b>     |       |       |       |                                                                                     |
| <b>LÍMITE LÍQUIDO</b>                                                             | <b>27.21%</b>                                                                                                                                                                                |                        |       |       |       |                                                                                     |
| <b>LIMITE PLASTICO</b>                                                            | <b>22.76%</b>                                                                                                                                                                                |                        |       |       |       |                                                                                     |
| <b>INDICE DE PLASTICIDAD</b>                                                      | <b>4.46%</b>                                                                                                                                                                                 |                        |       |       |       |                                                                                     |



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**



**ENSAYO ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

|                      |                                                                                                                |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>PROYECTO</b>      | : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023 |
| <b>UBICACIÓN</b>     | : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000                                                                             |
| <b>REALIZADO POR</b> | : BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA                                                                             |
| <b>MUESTRA</b>       | : CALICATA 01                                                                                                  |
| <b>PROFUNDIDAD</b>   | : 1.5 M                                                                                                        |
| <b>FECHA</b>         | : 2 DE ABRIL                                                                                                   |

**DOSIFICACIÓN DE TERRASIL : 0.50 Lt / m<sup>3</sup>**

|                   |             |
|-------------------|-------------|
| <b>MOLDE N°</b>   | <b>K-25</b> |
| Altura Molde mm.  | 125.7       |
| N° De Capas       | 5           |
| N° Golp. Por Capa | 56          |

| Condición de la Muestra      |         | Sin Saturar | Saturado |
|------------------------------|---------|-------------|----------|
| Peso del Suelo Húmedo+ Molde | grs.    | 11660.00    | 11815.00 |
| Peso del Molde               | grs.    | 6840.00     | 6840.00  |
| Peso del Suelo Húmedo        | grs.    | 4820.00     | 4975.00  |
| Volumen del Molde            | cc.     | 2197.68     | 2197.68  |
| Densidad del Suelo Húmedo    | grs/cc. | 2.19        | 2.26     |

| Recipiente                             | Und.    | 1-A          | 1-B    | 1-C          | 1-D    |
|----------------------------------------|---------|--------------|--------|--------------|--------|
| Peso suelo Húmedo + Peso de Recipiente | grs.    | 106.59       | 98.23  | 143.51       | 142.99 |
| Peso Seco + Peso de Recipiente         | grs.    | 97.55        | 90.57  | 128.61       | 128.11 |
| Peso Agua                              | grs.    | 9.04         | 7.66   | 14.90        | 14.88  |
| Peso de Recipiente                     | grs.    | 21.50        | 26.43  | 17.36        | 16.68  |
| Peso del Suelo Seca                    | grs.    | 76.05        | 64.14  | 111.25       | 111.43 |
| Contenido Humedad                      | %       | 11.89%       | 11.94% | 13.39%       | 13.35% |
| <b>Contenido Humedad Promedio</b>      | %       | 11.91%       |        | 13.37%       |        |
| <b>DENSIDAD DEL SUELO SECO</b>         | grs/cc. | <b>1.960</b> |        | <b>1.997</b> |        |

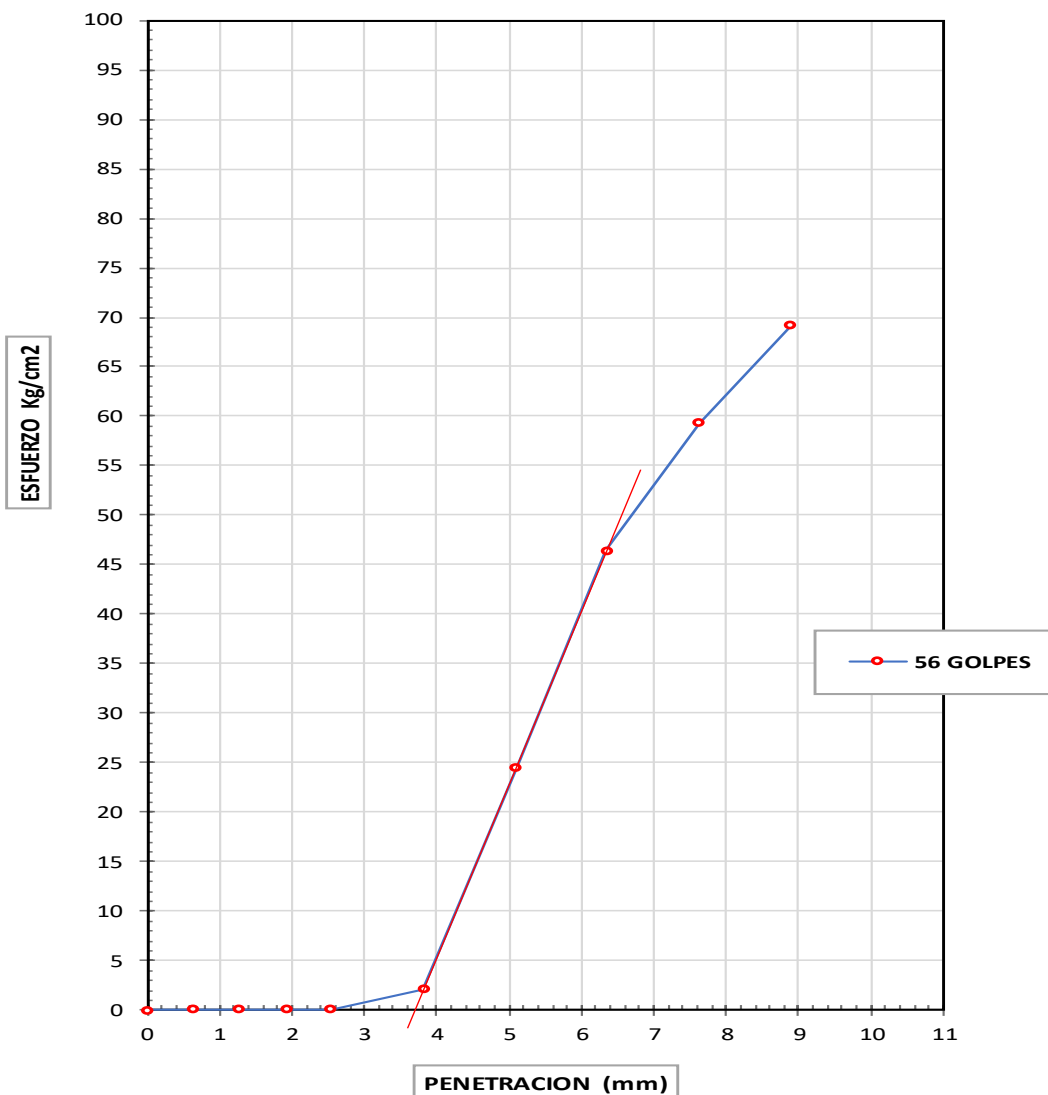
**ENSAYO DE EXPANSION**

| fecha      | hora       | tiempo  | dial | Expansion mm | Expansion % |
|------------|------------|---------|------|--------------|-------------|
| 11/03/2024 | 01:37 p.m. | 0 hrs.  | 0.20 | 0.00         | 0.00        |
| 12/03/2024 | 01:37 p.m. | 24 hrs. | 0.45 | 0.25         | 0.20        |
| 13/03/2024 | 01:37 p.m. | 48 hrs. | 0.62 | 0.42         | 0.33        |
| 14/03/2024 | 01:37 p.m. | 72 hrs. | 0.68 | 0.48         | 0.38        |
| 15/03/2024 | 01:37 p.m. | 96 hrs. | 0.73 | 0.53         | 0.42        |

**ENSAYO CARGA - PENETRACION**

| Penetracion (mm) | MOLDE N° K-25 |         |        | Carga Estatica kg/cm2 |
|------------------|---------------|---------|--------|-----------------------|
|                  | Dial KN       | kg      | kg/cm2 |                       |
| 0.00             | 0.000         | 0.00    | 0.00   |                       |
| 0.63             | 0.010         | 1.02    | 0.05   |                       |
| 1.27             | 0.015         | 1.53    | 0.08   |                       |
| 1.91             | 0.020         | 2.04    | 0.10   |                       |
| 2.54             | 0.025         | 2.55    | 0.13   | 70.41                 |
| 3.81             | 0.410         | 41.81   | 2.13   |                       |
| 5.09             | 4.720         | 481.30  | 24.51  | 105.10                |
| 6.35             | 8.940         | 911.61  | 46.43  |                       |
| 7.62             | 11.430        | 1165.52 | 59.36  |                       |
| 8.89             | 13.320        | 1358.24 | 69.17  |                       |

**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**



**VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR : 61.78 %**





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**



**ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE**

**PROYECTO** : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023

**UBICACIÓN** : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000

**REALIZADO POR:** BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA

**MUESTRA** : CALICATA 01

**PROFUNDIDAD** : 1.5 M

**FECHA** : 18 DE MARZO

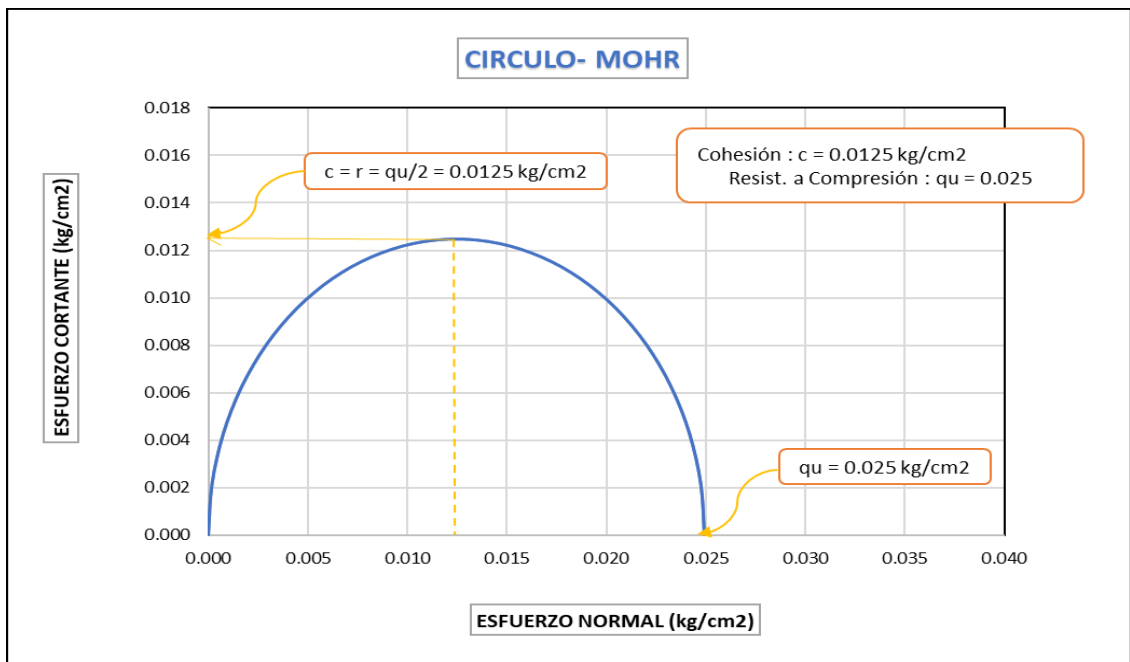
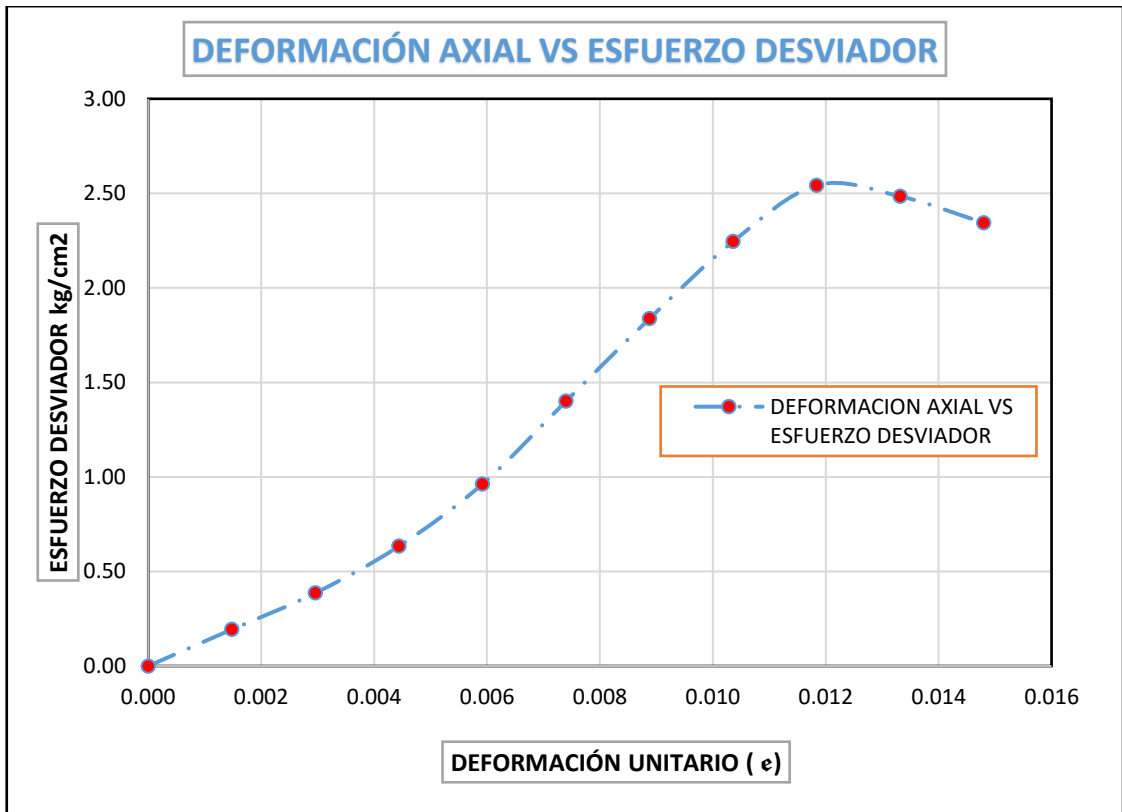
**DOSIFICACIÓN DE TERRASIL : 0.5 Lt / m<sup>3</sup>**

| Descripción                            | Espécimen 05 |
|----------------------------------------|--------------|
| Peso (g)                               | 1080         |
| Diametro (cm)                          | 6.85         |
| Area A <sub>0</sub> (cm <sup>2</sup> ) | 36.85        |
| Altura L <sub>0</sub> (cm)             | 14.19        |
| Densidad (g/cm <sup>3</sup> )          | 2.07         |
| Humedad W (%)                          | 10.93        |

| Deformación<br>$\Delta L$ (mm) | Deformación<br>Unitaria<br>$\epsilon = \Delta L/L_0$ | Area corr.<br>(cm <sup>2</sup> )<br>$A' = A_0 / (1 - \epsilon)$ | Lectura Carga<br>(KN) | Carga<br>(Kg)<br>P | Esfuerzo<br>Normal<br>(Kpa) | Esfuerzo<br>(Kg/cm <sup>2</sup> )<br>$\sigma = P/A'$ |
|--------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------|
| 0.00                           | 0.000                                                | 36.852                                                          | 0.00                  | 0.000              | 0.000                       | 0.000                                                |
| 0.21                           | 0.001                                                | 36.906                                                          | 0.07                  | 7.138              | 18.967                      | 0.193                                                |
| 0.42                           | 0.003                                                | 36.961                                                          | 0.14                  | 14.276             | 37.878                      | 0.386                                                |
| 0.63                           | 0.004                                                | 37.016                                                          | 0.23                  | 23.453             | 62.135                      | 0.634                                                |
| 0.84                           | 0.006                                                | 37.071                                                          | 0.35                  | 35.690             | 94.413                      | 0.963                                                |
| 1.05                           | 0.007                                                | 37.126                                                          | 0.51                  | 52.005             | 137.368                     | 1.401                                                |
| 1.26                           | 0.009                                                | 37.182                                                          | 0.67                  | 68.320             | 180.195                     | 1.837                                                |
| 1.47                           | 0.010                                                | 37.238                                                          | 0.82                  | 83.615             | 220.208                     | 2.245                                                |
| 1.68                           | 0.012                                                | 37.293                                                          | 0.93                  | 94.832             | 249.375                     | 2.543                                                |
| 1.89                           | 0.013                                                | 37.349                                                          | 0.91                  | 92.793             | 243.646                     | 2.484                                                |
| 2.10                           | 0.015                                                | 37.405                                                          | 0.86                  | 87.694             | 229.914                     | 2.344                                                |

**Espécimen 05**

| DESCRIPCIÓN                                 | UND | 1            | 2      |
|---------------------------------------------|-----|--------------|--------|
| Recipiente                                  | Nº  | S-40         | S-16   |
| 1. Peso de recipiente                       | grs | 17.35        | 18.43  |
| 2. Peso recipiente + muestra húmeda         | grs | 77.67        | 104.02 |
| 3. Peso recipiente + muestra seca           | grs | 71.75        | 95.55  |
| 4. Peso de agua                             | cc  | 5.92         | 8.47   |
| 5. Peso de la muestra seca neta             | grs | 54.40        | 77.12  |
| 6. Contenido de humedad                     | %   | 10.88        | 10.98  |
| <b>PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b> |     | <b>10.93</b> |        |





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**



**ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE**

**PROYECTO** : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023  
**UBICACIÓN** : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000  
**REALIZADO POR**: BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA  
**MUESTRA** : CALICATA 01  
**PROFUNDIDAD** : 1.5 M  
**FECHA** : 18 DE MARZO

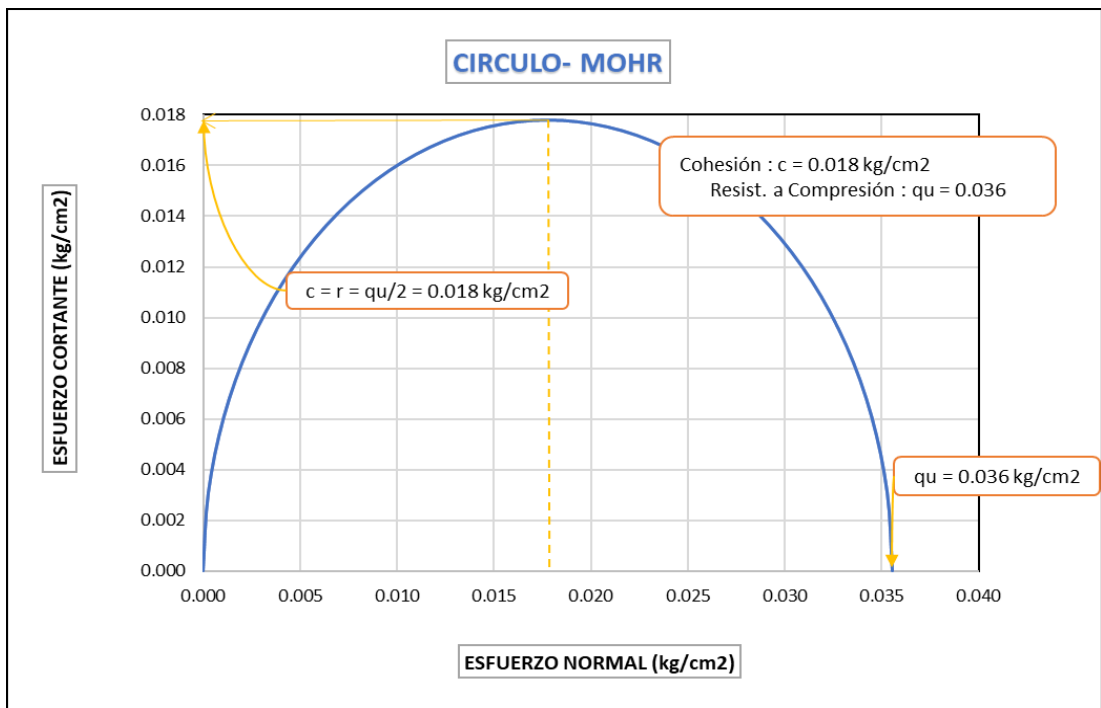
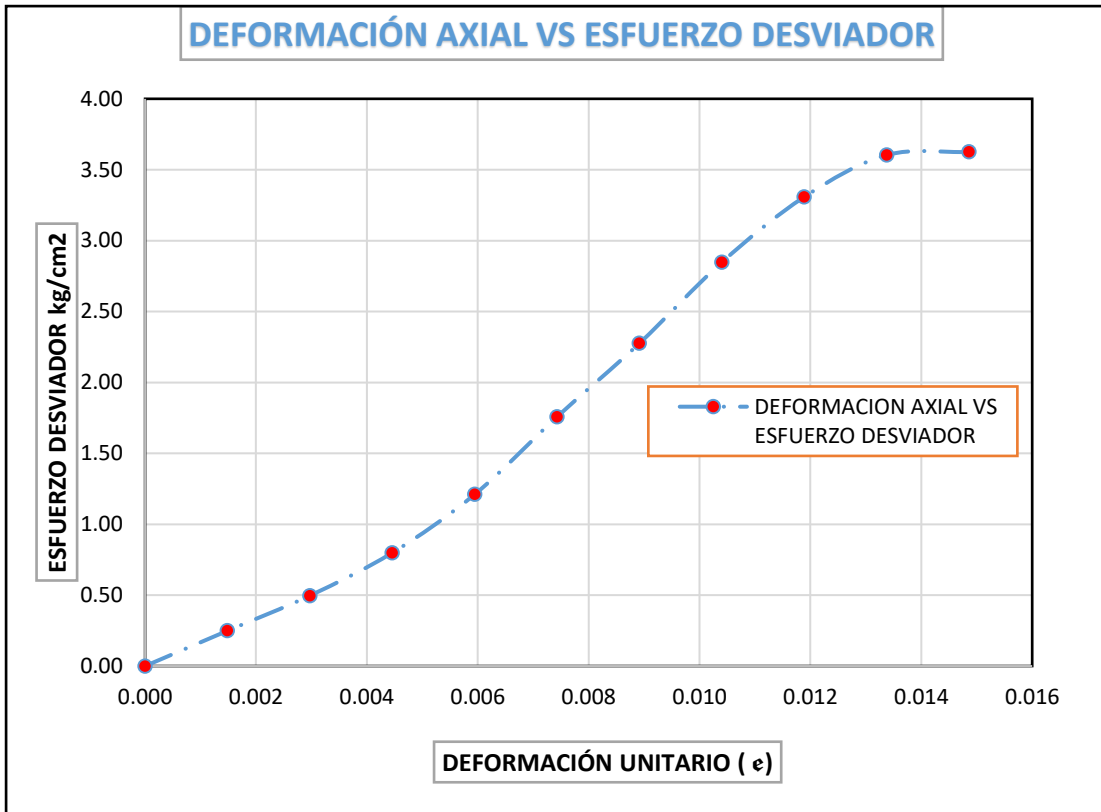
**DOSIFICACIÓN DE TERRASIL : 0.5 Lt / m<sup>3</sup>**

| Descripción                            | Espécimen 06 |
|----------------------------------------|--------------|
| Peso (g)                               | 1050         |
| Diametro (cm)                          | 6.85         |
| Area A <sub>0</sub> (cm <sup>2</sup> ) | 36.85        |
| Altura L <sub>0</sub> (cm)             | 14.13        |
| Densidad (g/cm <sup>3</sup> )          | 2.02         |
| Dumedad W (%)                          | 10.61        |



| Deformación<br>$\Delta L$ (mm) | Deformación<br>Unitaria<br>$\epsilon = \Delta L/L_0$ | Area corr.<br>(cm <sup>2</sup> )<br>$A' = A_0 / (1 - \epsilon)$ | Lectura Carga<br>(KN) | Carga<br>(Kg)<br>P | Esfuerzo<br>Normal<br>(Kpa) | Esfuerzo<br>(Kg/cm <sup>2</sup> )<br>$\sigma = P/A'$ |
|--------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------|
| 0.00                           | 0.000                                                | 36.852                                                          | 0.00                  | 0.000              | 0.000                       | 0.000                                                |
| 0.21                           | 0.001                                                | 36.907                                                          | 0.09                  | 9.177              | 24.386                      | 0.249                                                |
| 0.42                           | 0.003                                                | 36.962                                                          | 0.18                  | 18.355             | 48.699                      | 0.497                                                |
| 0.63                           | 0.004                                                | 37.017                                                          | 0.29                  | 29.571             | 78.343                      | 0.799                                                |
| 0.84                           | 0.006                                                | 37.072                                                          | 0.44                  | 44.867             | 118.687                     | 1.210                                                |
| 1.05                           | 0.007                                                | 37.128                                                          | 0.64                  | 65.261             | 172.378                     | 1.758                                                |
| 1.26                           | 0.009                                                | 37.183                                                          | 0.83                  | 84.635             | 223.218                     | 2.276                                                |
| 1.47                           | 0.010                                                | 37.239                                                          | 1.04                  | 106.049            | 279.276                     | 2.848                                                |
| 1.68                           | 0.012                                                | 37.295                                                          | 1.21                  | 123.384            | 324.439                     | 3.308                                                |
| 1.89                           | 0.013                                                | 37.351                                                          | 1.32                  | 134.600            | 353.401                     | 3.604                                                |
| 2.10                           | 0.015                                                | 37.408                                                          | 1.33                  | 135.620            | 355.542                     | 3.625                                                |

**Espécimen 06**

| DESCRIPCIÓN                                 | UND | 1            | 2     |
|---------------------------------------------|-----|--------------|-------|
| Recipiente                                  | Nº  | S-40         | S-16  |
| 1. Peso de recipiente                       | grs | 17.35        | 18.43 |
| 2. Peso recipiente + muestra húmeda         | grs | 97.08        | 84.66 |
| 3. Peso recipiente + muestra seca           | grs | 89.38        | 78.35 |
| 4. Peso de agua                             | cc  | 7.70         | 6.31  |
| 5. Peso de la muestra seca neta             | grs | 72.03        | 59.92 |
| 6. Contenido de humedad                     | %   | 10.69        | 10.53 |
| <b>PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b> |     | <b>10.61</b> |       |



ANEXO 4 Dosificación de 0.75 Lt/m<sup>3</sup> de terrasil-suelo tratado

|                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                     |       |       |       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|
|                                                                               | <p><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO</b><br/>                 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA<br/>                 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL<br/> <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES</b></p> |  |       |       |       |
| <p><b>ENSAYO DE LIMITE DE CONSISTENCIA</b><br/> <b>LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD 0.75</b><br/> <b>Lt/m<sup>3</sup> TERRASIL</b></p> |                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                     |       |       |       |
| <b>PROYECTO</b>                                                                                                                                                | : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023                                                                                                                            |                                                                                     |       |       |       |
| <b>UBICACIÓN</b>                                                                                                                                               | : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000                                                                                                                                                                                                        |                                                                                     |       |       |       |
| <b>REALIZADO POR</b>                                                                                                                                           | : BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA                                                                                                                                                                                                        |                                                                                     |       |       |       |
| <b>MUESTRA</b>                                                                                                                                                 | : CALICATA 01                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                     |       |       |       |
| <b>PROFUNDIDAD</b>                                                                                                                                             | : 1.5 M                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                     |       |       |       |
| <b>FECHA</b>                                                                                                                                                   | : 30 DE ENERO                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                     |       |       |       |
| <b>CALICATA 01</b>                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                           | <b>LÍMITE LÍQUIDO</b>                                                               |       |       |       |
| DESCRIPCION                                                                                                                                                    | UND                                                                                                                                                                                                                                       | I                                                                                   | II    | III   | IV    |
| Nº Recipiente                                                                                                                                                  | Nº                                                                                                                                                                                                                                        | M-222                                                                               | B-03  | S-06  | S-02  |
| Nº de Golpes                                                                                                                                                   | gr.                                                                                                                                                                                                                                       | 13                                                                                  | 21    | 24    | 34    |
| Peso Recipiente + Suelo Húmeda                                                                                                                                 | gr.                                                                                                                                                                                                                                       | 43.17                                                                               | 40.25 | 35.14 | 40.00 |
| Peso Recipiente + Suelo Seco                                                                                                                                   | gr.                                                                                                                                                                                                                                       | 37.33                                                                               | 34.56 | 30.31 | 34.35 |
| Peso del Agua                                                                                                                                                  | gr.                                                                                                                                                                                                                                       | 5.84                                                                                | 5.69  | 4.83  | 5.65  |
| Peso de Recipiente                                                                                                                                             | gr.                                                                                                                                                                                                                                       | 17.30                                                                               | 14.01 | 12.56 | 13.09 |
| Peso del Suelo Seco                                                                                                                                            | gr.                                                                                                                                                                                                                                       | 20.03                                                                               | 20.55 | 17.75 | 21.26 |
| Contenido de Húmedo                                                                                                                                            | %                                                                                                                                                                                                                                         | 29.16                                                                               | 27.69 | 27.21 | 26.58 |
|                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                           | <b>LL = 27.18%</b>                                                                  |       |       |       |
| <b>CALICATA 01</b>                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                           | <b>LIMITE PLASTICO</b>                                                              |       |       |       |
| DESCRIPCION                                                                                                                                                    | UND                                                                                                                                                                                                                                       | I                                                                                   | II    | III   |       |
| Nº Recipiente                                                                                                                                                  | Nº                                                                                                                                                                                                                                        | T-03                                                                                | J-02  | C-3   |       |
| Peso Recipiente + Suelo Húmeda                                                                                                                                 | gr.                                                                                                                                                                                                                                       | 29.46                                                                               | 27.74 | 30.57 |       |
| Peso Recipiente + Suelo Seco                                                                                                                                   | gr.                                                                                                                                                                                                                                       | 28.64                                                                               | 26.74 | 29.34 |       |
| Peso del Agua                                                                                                                                                  | gr.                                                                                                                                                                                                                                       | 0.82                                                                                | 1.00  | 1.23  |       |
| Peso de Recipiente                                                                                                                                             | gr.                                                                                                                                                                                                                                       | 24.98                                                                               | 22.46 | 23.89 |       |
| Peso del Suelo Seco                                                                                                                                            | gr.                                                                                                                                                                                                                                       | 3.66                                                                                | 4.28  | 5.45  |       |
| Contenido de Húmedo                                                                                                                                            | %                                                                                                                                                                                                                                         | 22.40                                                                               | 23.36 | 22.57 |       |
|                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                           | <b>LP = 22.78%</b>                                                                  |       |       |       |
| <b>LÍMITE LÍQUIDO</b>                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                           | <b>27.18%</b>                                                                       |       |       |       |
| <b>LIMITE PLASTICO</b>                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                           | <b>22.78%</b>                                                                       |       |       |       |
| <b>INDICE DE PLASTICIDAD</b>                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                           | <b>4.40%</b>                                                                        |       |       |       |



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**



**ENSAYO ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

**PROYECTO** : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS  
ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023  
**UBICACIÓN** : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000  
**REALIZADO POR** : BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA  
**MUESTRA** : CALICATA 01  
**PROFUNDIDAD** : 1.5 M  
**FECHA** : 2 DE ABRIL

**DOSIFICACIÓN DE TERRASIL : 0.75 Lt / m<sup>3</sup>**

| MOLDE N°          | H-12  |
|-------------------|-------|
| Altura Molde mm.  | 126.1 |
| N° De Capas       | 5     |
| N° Golp. Por Capa | 56    |

| Condición de la Muestra      |         | Sin Saturar | Saturado |
|------------------------------|---------|-------------|----------|
| Peso del Suelo Húmedo+ Molde | grs.    | 12260.00    | 12413.00 |
| Peso del Molde               | grs.    | 7380.00     | 7380.00  |
| Peso del Suelo Húmedo        | grs.    | 4880.00     | 5033.00  |
| Volumen del Molde            | cc.     | 2213.55     | 2213.55  |
| Densidad del Suelo Húmedo    | grs/cc. | 2.20        | 2.27     |

| Recipiente                             | Und.    | 1-A          | 1-B    | 1-C          | 1-D    |
|----------------------------------------|---------|--------------|--------|--------------|--------|
| Peso suelo Húmedo + Peso de Recipiente | grs.    | 81.42        | 92.69  | 113.22       | 149.24 |
| Peso Seco + Peso de Recipiente         | grs.    | 74.41        | 84.41  | 101.09       | 135.01 |
| Peso Agua                              | grs.    | 7.01         | 8.28   | 12.13        | 14.23  |
| Peso de Recipiente                     | grs.    | 13.09        | 14.01  | 10.48        | 37.58  |
| Peso del Suelo Seca                    | grs.    | 61.32        | 70.40  | 90.61        | 97.43  |
| Contenido Humedad                      | %       | 11.43%       | 11.76% | 13.39%       | 14.61% |
| <b>Contenido Humedad Promedio</b>      | %       | 11.60%       |        | 14.00%       |        |
| <b>DENSIDAD DEL SUELO SECO</b>         | grs/cc. | <b>1.976</b> |        | <b>1.995</b> |        |

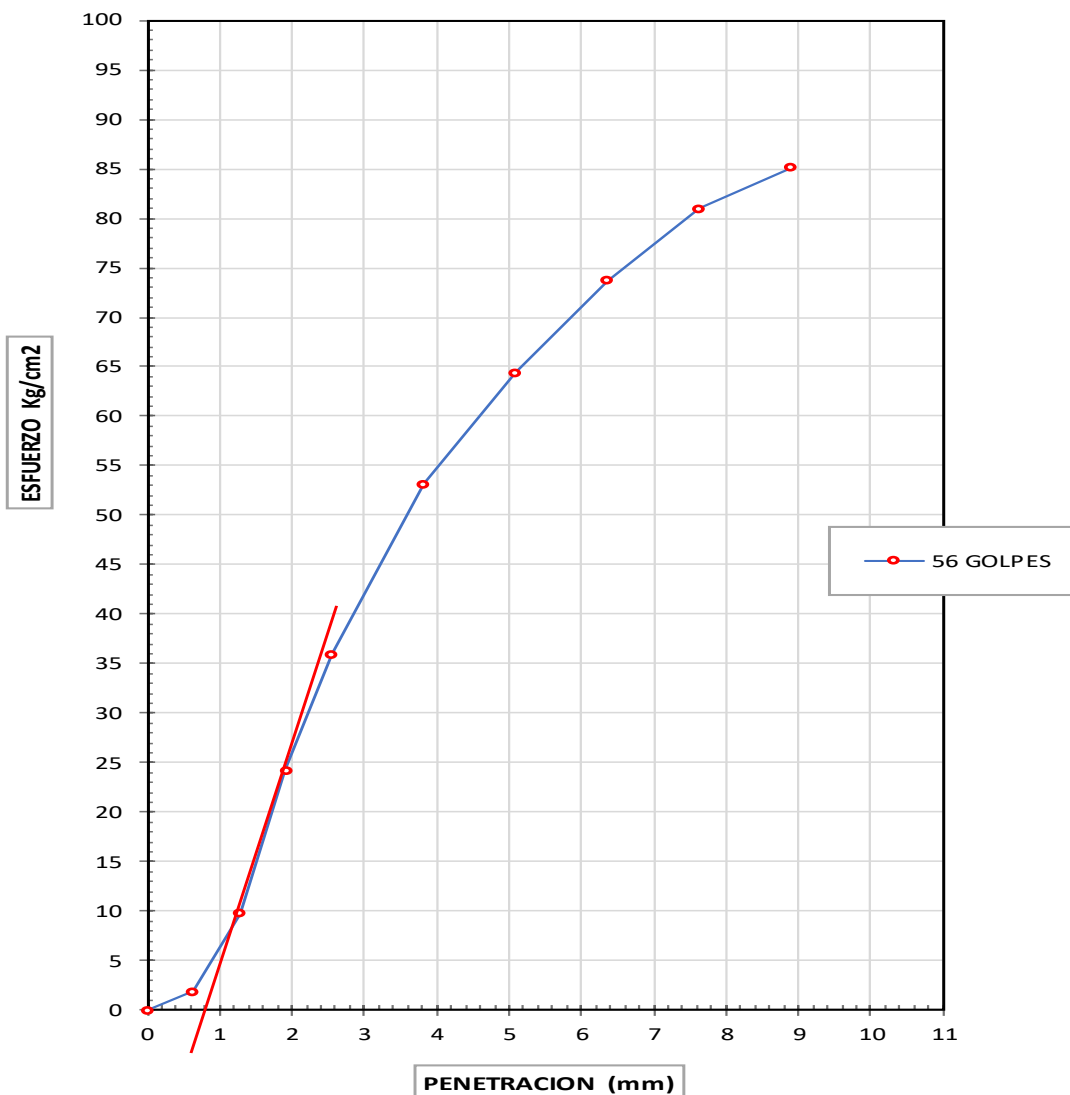
**ENSAYO DE EXPANSION**

| fecha      | hora       | tiempo  | dial | Expansion mm | Expansion % |
|------------|------------|---------|------|--------------|-------------|
| 11/03/2024 | 01:37 p.m. | 0 hrs.  | 0.20 | 0.00         | 0.00        |
| 12/03/2024 | 01:37 p.m. | 24 hrs. | 0.52 | 0.32         | 0.25        |
| 13/03/2024 | 01:37 p.m. | 48 hrs. | 0.69 | 0.49         | 0.39        |
| 14/03/2024 | 01:37 p.m. | 72 hrs. | 0.74 | 0.54         | 0.43        |
| 15/03/2024 | 01:37 p.m. | 96 hrs. | 0.83 | 0.63         | 0.50        |

**ENSAYO CARGA - PENETRACION**

| Penetracion (mm) | MOLDE N° H-12 |         |        | Carga Estatica kg/cm2 |
|------------------|---------------|---------|--------|-----------------------|
|                  | Dial KN       | kg      | kg/cm2 |                       |
| 0.00             | 0.000         | 0.00    | 0.00   |                       |
| 0.63             | 0.370         | 37.73   | 1.92   |                       |
| 1.27             | 1.880         | 191.70  | 9.76   |                       |
| 1.91             | 4.670         | 476.20  | 24.25  |                       |
| 2.54             | 6.920         | 705.63  | 35.94  | 70.41                 |
| 3.81             | 10.230        | 1043.15 | 53.13  |                       |
| 5.09             | 12.410        | 1265.45 | 64.45  | 105.10                |
| 6.35             | 14.200        | 1447.97 | 73.74  |                       |
| 7.62             | 15.590        | 1589.71 | 80.96  |                       |
| 8.89             | 16.390        | 1671.29 | 85.12  |                       |

**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**



**VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR : 65.19 %**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**



**ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE**

**PROYECTO** : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023  
**UBICACIÓN** : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000  
**REALIZADO POR:** BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA  
**MUESTRA** : CALICATA 01  
**PROFUNDIDAD** : 1.5 M  
**FECHA** : 18 DE MARZO

**DOSIFICACIÓN DE TERRASIL : 0.75 Lt / m3**

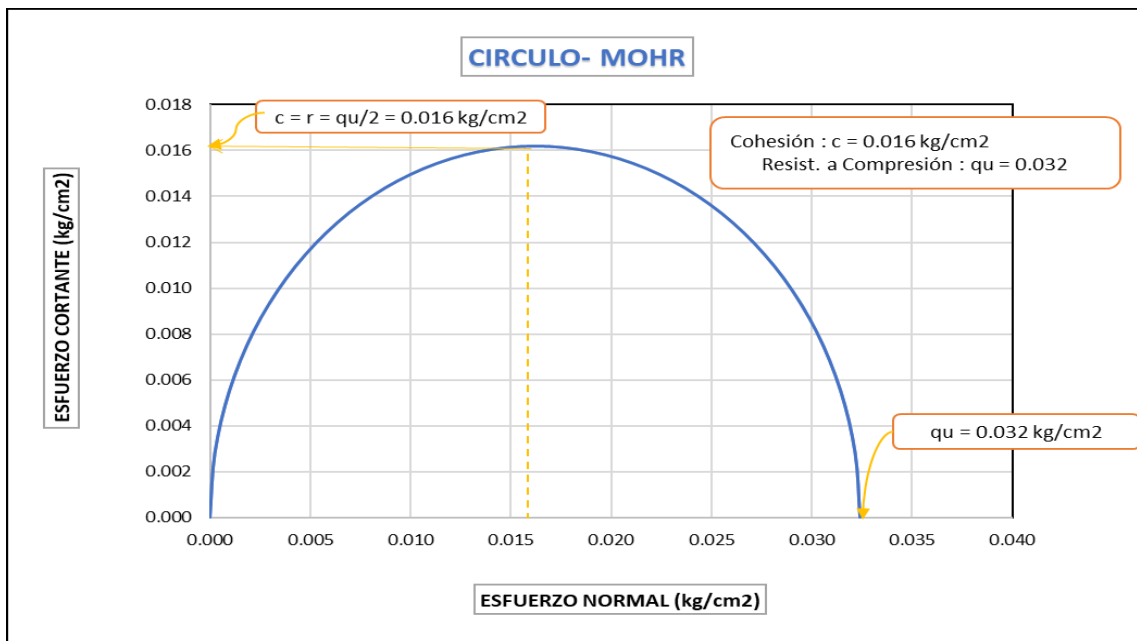
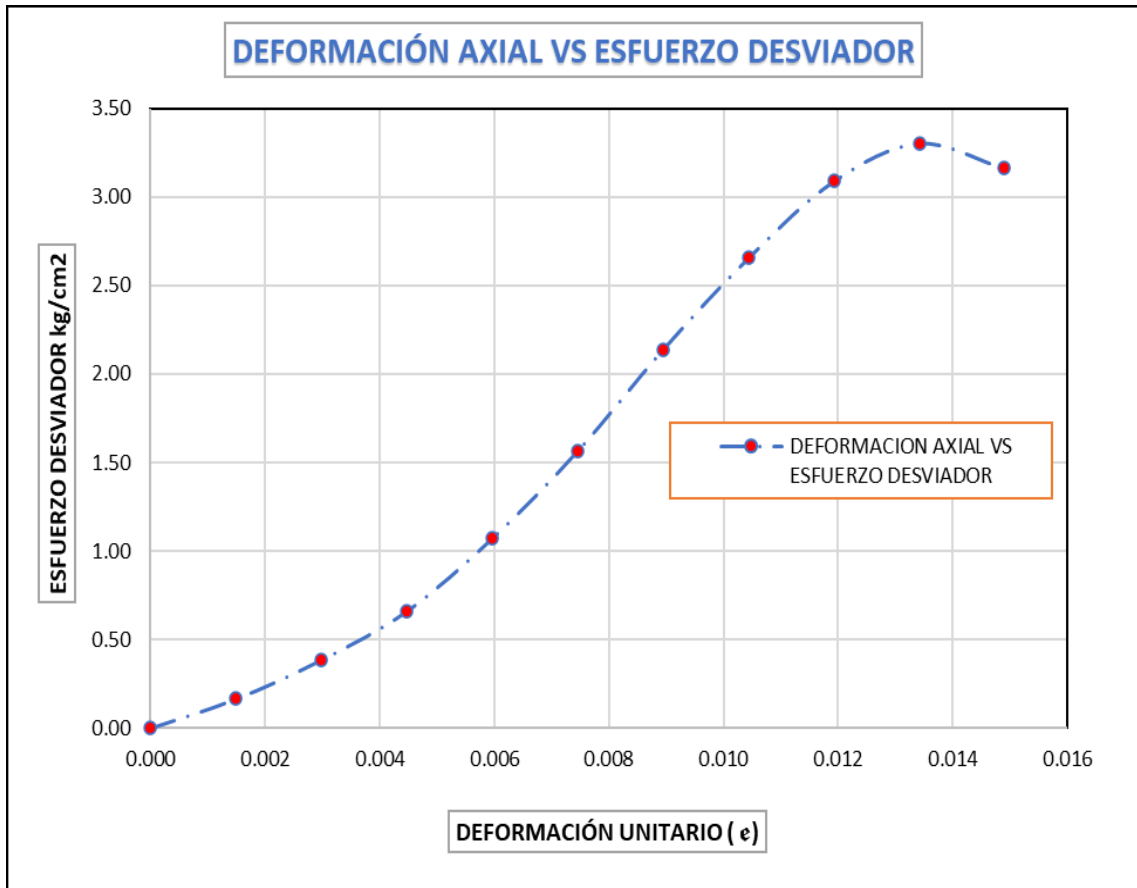
| Descripción                            | Espécimen 07 |
|----------------------------------------|--------------|
| Peso (g)                               | 1080         |
| Diametro (cm)                          | 6.85         |
| Area A <sub>0</sub> (cm <sup>2</sup> ) | 36.85        |
| Altura L <sub>0</sub> (cm)             | 14.09        |
| Densidad (g/cm <sup>3</sup> )          | 2.08         |
| Humedad W (%)                          | 10.53        |

| Deformación<br>$\Delta L$ (mm) | Deformación<br>Unitaria<br>$e = \Delta L/L_0$ | Area corr.<br>(cm <sup>2</sup> )<br>$A' = A_0 / (1 - e)$ | Lectura Carga<br>(KN) | Carga<br>(Kg)<br>P | Esfuerzo<br>Normal<br>(Kpa) | Esfuerzo<br>(Kg/cm <sup>2</sup> )<br>$\sigma = P/A'$ |
|--------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------|
| 0.00                           | 0.000                                         | 36.852                                                   | 0.00                  | 0.000              | 0.000                       | 0.000                                                |
| 0.21                           | 0.001                                         | 36.907                                                   | 0.06                  | 6.118              | 16.257                      | 0.166                                                |
| 0.42                           | 0.003                                         | 36.962                                                   | 0.14                  | 14.276             | 37.877                      | 0.386                                                |
| 0.63                           | 0.004                                         | 37.017                                                   | 0.24                  | 24.473             | 64.835                      | 0.661                                                |
| 0.84                           | 0.006                                         | 37.073                                                   | 0.39                  | 39.768             | 105.198                     | 1.073                                                |
| 1.05                           | 0.007                                         | 37.128                                                   | 0.57                  | 58.123             | 153.521                     | 1.565                                                |
| 1.26                           | 0.009                                         | 37.184                                                   | 0.78                  | 79.537             | 209.766                     | 2.139                                                |
| 1.47                           | 0.010                                         | 37.240                                                   | 0.97                  | 98.911             | 260.471                     | 2.656                                                |
| 1.68                           | 0.012                                         | 37.296                                                   | 1.13                  | 115.226            | 302.978                     | 3.089                                                |
| 1.89                           | 0.013                                         | 37.353                                                   | 1.21                  | 123.384            | 323.938                     | 3.303                                                |
| 2.10                           | 0.015                                         | 37.409                                                   | 1.16                  | 118.285            | 310.083                     | 3.162                                                |

**Espécimen 07**

| DESCRIPCIÓN                                 | UND | 1            | 2     |
|---------------------------------------------|-----|--------------|-------|
| Recipiente                                  | Nº  | S-115        | S-32  |
| 1. Peso de recipiente                       | grs | 16.66        | 20.07 |
| 2. Peso recipiente + muestra húmeda         | grs | 85.05        | 84.73 |
| 3. Peso recipiente + muestra seca           | grs | 78.58        | 78.53 |
| 4. Peso de agua                             | cc  | 6.47         | 6.20  |
| 5. Peso de la muestra seca neta             | grs | 61.92        | 58.46 |
| 6. Contenido de humedad                     | %   | 10.45        | 10.61 |
| <b>PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b> |     | <b>10.53</b> |       |







**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**



**ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE**

**PROYECTO** : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023  
**UBICACIÓN** : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000  
**REALIZADO POR:** BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA  
**MUESTRA** : CALICATA 01  
**PROFUNDIDAD** : 1.5 M  
**FECHA** : 18 DE MARZO

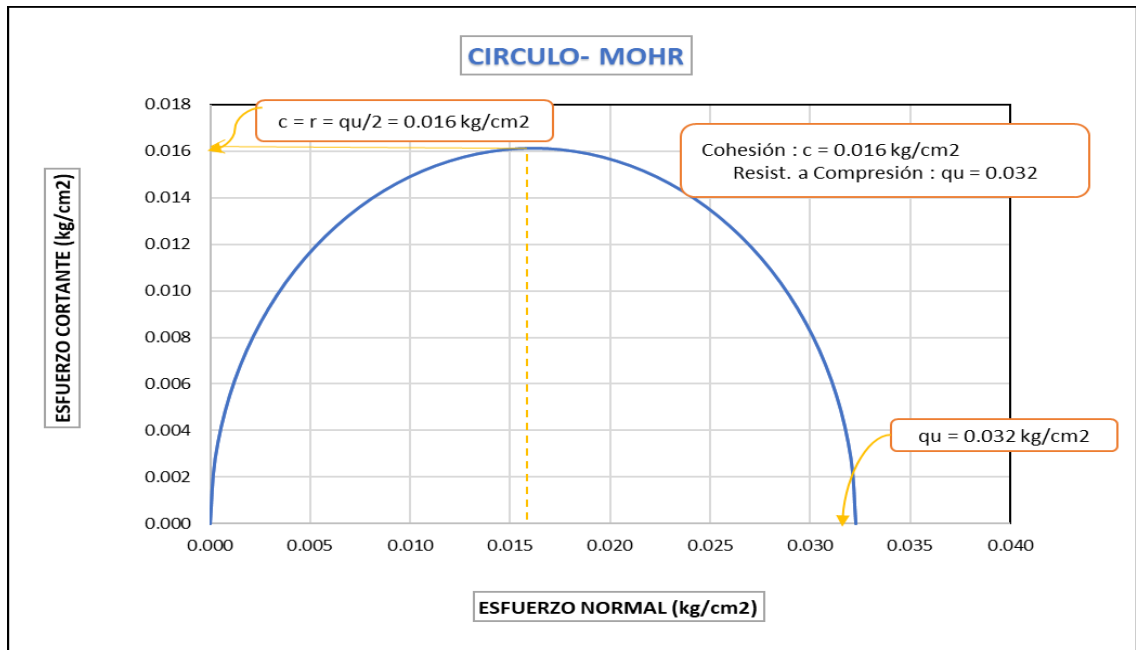
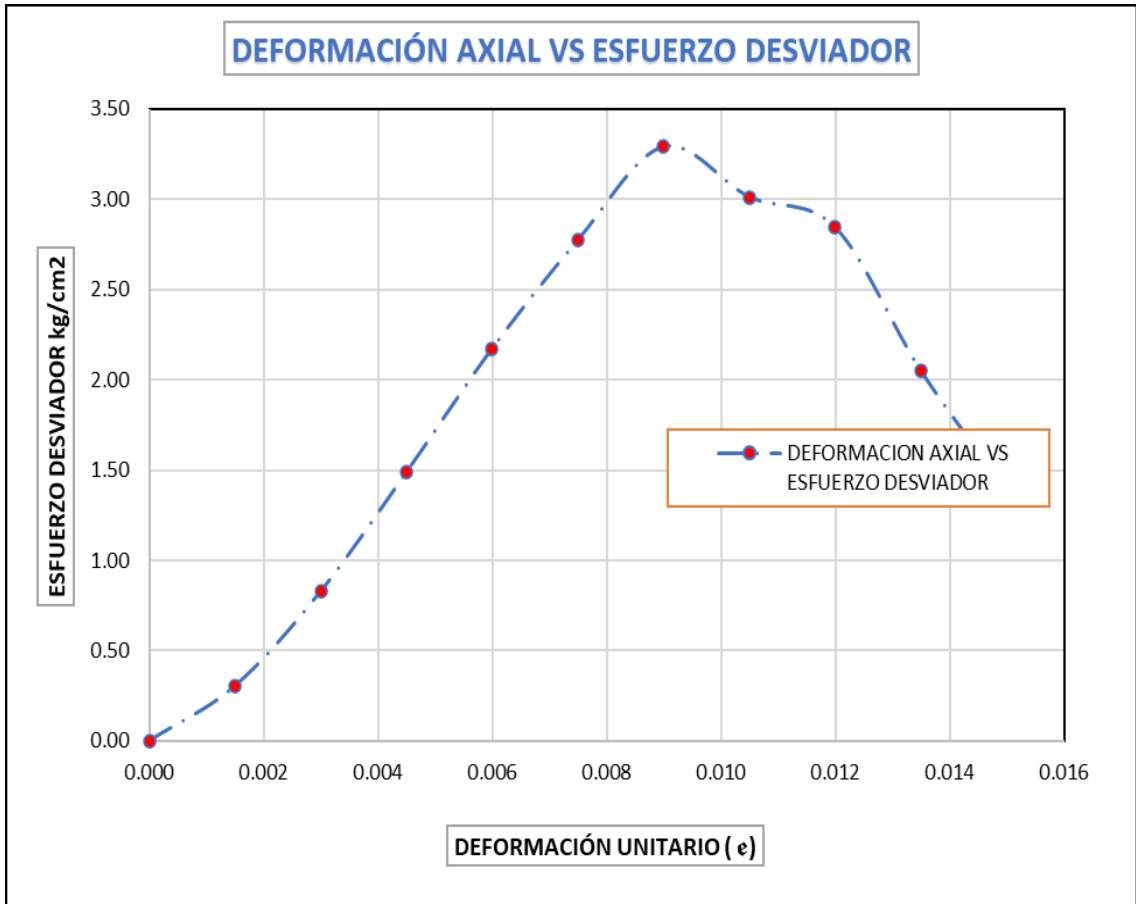
**DOSIFICACIÓN DE TERRASIL : 0.75 Lt / m3**

| Descripción                   | Espécimen 08 |
|-------------------------------|--------------|
| Peso (g)                      | 1060         |
| Diametro (cm)                 | 6.85         |
| Area $A_0$ (cm <sup>2</sup> ) | 36.85        |
| Altura $L_0$ (cm)             | 14.01        |
| Densidad (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.05         |
| Humedad $W$ (%)               | 10.36        |



| Deformación $\Delta L$ (mm) | Deformación Unitaria $\epsilon = \Delta L/L_0$ | Area corr. (cm <sup>2</sup> ) $A' = A_0/(1-\epsilon)$ | Lectura Carga (KN) | Carga (Kg) P | Esfuerzo Normal (Kpa) | Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> ) $\sigma = P/A'$ |
|-----------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------|--------------|-----------------------|------------------------------------------------|
| 0.00                        | 0.000                                          | 36.852                                                | 0.00               | 0.000        | 0.000                 | 0.000                                          |
| 0.21                        | 0.001                                          | 36.907                                                | 0.11               | 11.217       | 29.805                | 0.304                                          |
| 0.42                        | 0.003                                          | 36.963                                                | 0.30               | 30.591       | 81.163                | 0.828                                          |
| 0.63                        | 0.004                                          | 37.018                                                | 0.54               | 55.064       | 145.874               | 1.487                                          |
| 0.84                        | 0.006                                          | 37.074                                                | 0.79               | 80.556       | 213.087               | 2.173                                          |
| 1.05                        | 0.007                                          | 37.130                                                | 1.01               | 102.990      | 272.017               | 2.774                                          |
| 1.26                        | 0.009                                          | 37.186                                                | 1.20               | 122.364      | 322.700               | 3.291                                          |
| 1.47                        | 0.010                                          | 37.243                                                | 1.10               | 112.167      | 295.361               | 3.012                                          |
| 1.68                        | 0.012                                          | 37.299                                                | 1.04               | 106.049      | 278.828               | 2.843                                          |
| 1.89                        | 0.013                                          | 37.356                                                | 0.75               | 76.478       | 200.773               | 2.047                                          |
| 2.10                        | 0.015                                          | 37.413                                                | 0.51               | 52.005       | 136.318               | 1.390                                          |

**Espécimen 08**

| DESCRIPCIÓN                                 | UND | 1            | 2     |
|---------------------------------------------|-----|--------------|-------|
| Recipiente                                  | Nº  | S-115        | S-32  |
| 1. Peso de recipiente                       | grs | 16.66        | 20.07 |
| 2. Peso recipiente + muestra húmeda         | grs | 89.27        | 92.14 |
| 3. Peso recipiente + muestra seca           | grs | 82.49        | 85.34 |
| 4. Peso de agua                             | cc  | 6.78         | 6.80  |
| 5. Peso de la muestra seca neta             | grs | 65.83        | 65.27 |
| 6. Contenido de humedad                     | %   | 10.30        | 10.42 |
| <b>PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b> |     | <b>10.36</b> |       |



ANEXO 5 Dosificación de 1.00 Lt/m<sup>3</sup> de terrasil-suelo tratado

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                              |                        |       |       |       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO</b><br>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL<br><b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES</b> |                        |       |       |       |  |
|                                                                                   | <b>ENSAYO DE LIMITE DE CONSISTENCIA</b><br><b>LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD 1.00</b><br><b>Lt/m<sup>3</sup> TERRASIL</b>                                          |                        |       |       |       |                                                                                     |
| <b>PROYECTO</b>                                                                   | : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023                                                                               |                        |       |       |       |                                                                                     |
| <b>UBICACIÓN</b>                                                                  | : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000                                                                                                                                                           |                        |       |       |       |                                                                                     |
| <b>REALIZADO POR</b>                                                              | : BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA                                                                                                                                                           |                        |       |       |       |                                                                                     |
| <b>MUESTRA</b>                                                                    | : CALICATA 01                                                                                                                                                                                |                        |       |       |       |                                                                                     |
| <b>PROFUNDIDAD</b>                                                                | : 1.5 M                                                                                                                                                                                      |                        |       |       |       |                                                                                     |
| <b>FECHA</b>                                                                      | : 30 DE ENERO                                                                                                                                                                                |                        |       |       |       |                                                                                     |
| <b>CALICATA 01</b>                                                                |                                                                                                                                                                                              | <b>LÍMITE LÍQUIDO</b>  |       |       |       |                                                                                     |
| DESCRIPCION                                                                       | UND                                                                                                                                                                                          | I                      | II    | III   | IV    |                                                                                     |
| Nº Recipiente                                                                     | Nº                                                                                                                                                                                           | M-01                   | M-24  | H-01  | S-13  |                                                                                     |
| Nº de Golpes                                                                      | gr.                                                                                                                                                                                          | 14                     | 22    | 29    | 35    |                                                                                     |
| Peso Recipiente + Suelo Húmeda                                                    | gr.                                                                                                                                                                                          | 55.76                  | 59.40 | 63.53 | 40.85 |                                                                                     |
| Peso Recipiente + Suelo Seco                                                      | gr.                                                                                                                                                                                          | 50.95                  | 54.06 | 58.44 | 35.70 |                                                                                     |
| Peso del Agua                                                                     | gr.                                                                                                                                                                                          | 4.81                   | 5.34  | 5.09  | 5.15  |                                                                                     |
| Peso de Recipiente                                                                | gr.                                                                                                                                                                                          | 33.68                  | 34.14 | 39.08 | 15.60 |                                                                                     |
| Peso del Suelo Seco                                                               | gr.                                                                                                                                                                                          | 17.27                  | 19.92 | 19.36 | 20.10 |                                                                                     |
| Contenido de Húmedo                                                               | %                                                                                                                                                                                            | 27.85                  | 26.81 | 26.29 | 25.62 |                                                                                     |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                                              | <b>LL = 26.45%</b>     |       |       |       |                                                                                     |
| <b>CALICATA 01</b>                                                                |                                                                                                                                                                                              | <b>LIMITE PLASTICO</b> |       |       |       |                                                                                     |
| DESCRIPCION                                                                       | UND                                                                                                                                                                                          | I                      | II    | III   |       |                                                                                     |
| Nº Recipiente                                                                     | Nº                                                                                                                                                                                           | S-63                   | S-115 | S-14  |       |                                                                                     |
| Peso Recipiente + Suelo Húmeda                                                    | gr.                                                                                                                                                                                          | 21.06                  | 21.14 | 26.54 |       |                                                                                     |
| Peso Recipiente + Suelo Seco                                                      | gr.                                                                                                                                                                                          | 20.24                  | 20.31 | 25.17 |       |                                                                                     |
| Peso del Agua                                                                     | gr.                                                                                                                                                                                          | 0.82                   | 0.83  | 1.37  |       |                                                                                     |
| Peso de Recipiente                                                                | gr.                                                                                                                                                                                          | 16.81                  | 16.66 | 18.92 |       |                                                                                     |
| Peso del Suelo Seco                                                               | gr.                                                                                                                                                                                          | 3.43                   | 3.65  | 6.25  |       |                                                                                     |
| Contenido de Húmedo                                                               | %                                                                                                                                                                                            | 23.91                  | 22.74 | 21.92 |       |                                                                                     |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                                              | <b>LP = 22.86%</b>     |       |       |       |                                                                                     |
| <b>LÍMITE LÍQUIDO</b>                                                             | <b>26.45%</b>                                                                                                                                                                                |                        |       |       |       |                                                                                     |
| <b>LIMITE PLATICO</b>                                                             | <b>22.86%</b>                                                                                                                                                                                |                        |       |       |       |                                                                                     |
| <b>INDICE DE PLASTICIDAD</b>                                                      | <b>3.60%</b>                                                                                                                                                                                 |                        |       |       |       |                                                                                     |



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**



**ENSAYO ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

|                      |                                                                                                                |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>PROYECTO</b>      | : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023 |
| <b>UBICACIÓN</b>     | : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000                                                                             |
| <b>REALIZADO POR</b> | : BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA                                                                             |
| <b>MUESTRA</b>       | : CALICATA 01                                                                                                  |
| <b>PROFUNDIDAD</b>   | : 1.5 M                                                                                                        |
| <b>FECHA</b>         | : 2 DE ABRIL                                                                                                   |

**DOSIFICACIÓN DE TERRASIL : 1.00 Lt / m<sup>3</sup>**

|                   |             |
|-------------------|-------------|
| <b>MOLDE N°</b>   | <b>K-21</b> |
| Altura Molde mm.  | 125.9       |
| N° De Capas       | 5           |
| N° Golp. Por Capa | 56          |

| Condición de la Muestra      |         | Sin Saturar | Saturado |
|------------------------------|---------|-------------|----------|
| Peso del Suelo Húmedo+ Molde | grs.    | 11630.00    | 11771.00 |
| Peso del Molde               | grs.    | 6830.00     | 6830.00  |
| Peso del Suelo Húmedo        | grs.    | 4800.00     | 4941.00  |
| Volumen del Molde            | cc.     | 2198.22     | 2198.22  |
| Densidad del Suelo Húmedo    | grs/cc. | 2.18        | 2.25     |

| Recipiente                             | Und.           | 1-A          | 1-B    | 1-C          | 1-D    |
|----------------------------------------|----------------|--------------|--------|--------------|--------|
| Peso suelo Húmedo + Peso de Recipiente | grs.           | 84.87        | 89.80  | 96.42        | 119.68 |
| Peso Seco + Peso de Recipiente         | grs.           | 77.35        | 81.63  | 87.24        | 107.76 |
| Peso Agua                              | grs.           | 7.52         | 8.17   | 9.18         | 11.92  |
| Peso de Recipiente                     | grs.           | 14.00        | 13.09  | 12.51        | 14.02  |
| Peso del Suelo Seca                    | grs.           | 63.35        | 68.54  | 74.73        | 93.74  |
| Contenido Humedad                      | %              | 11.87%       | 11.92% | 12.28%       | 12.72% |
| <b>Contenido Humedad Promedio</b>      | %              | 11.90%       |        | 12.50%       |        |
| <b>DENSIDAD DEL SUELO SECO</b>         | <b>grs/cc.</b> | <b>1.951</b> |        | <b>1.998</b> |        |

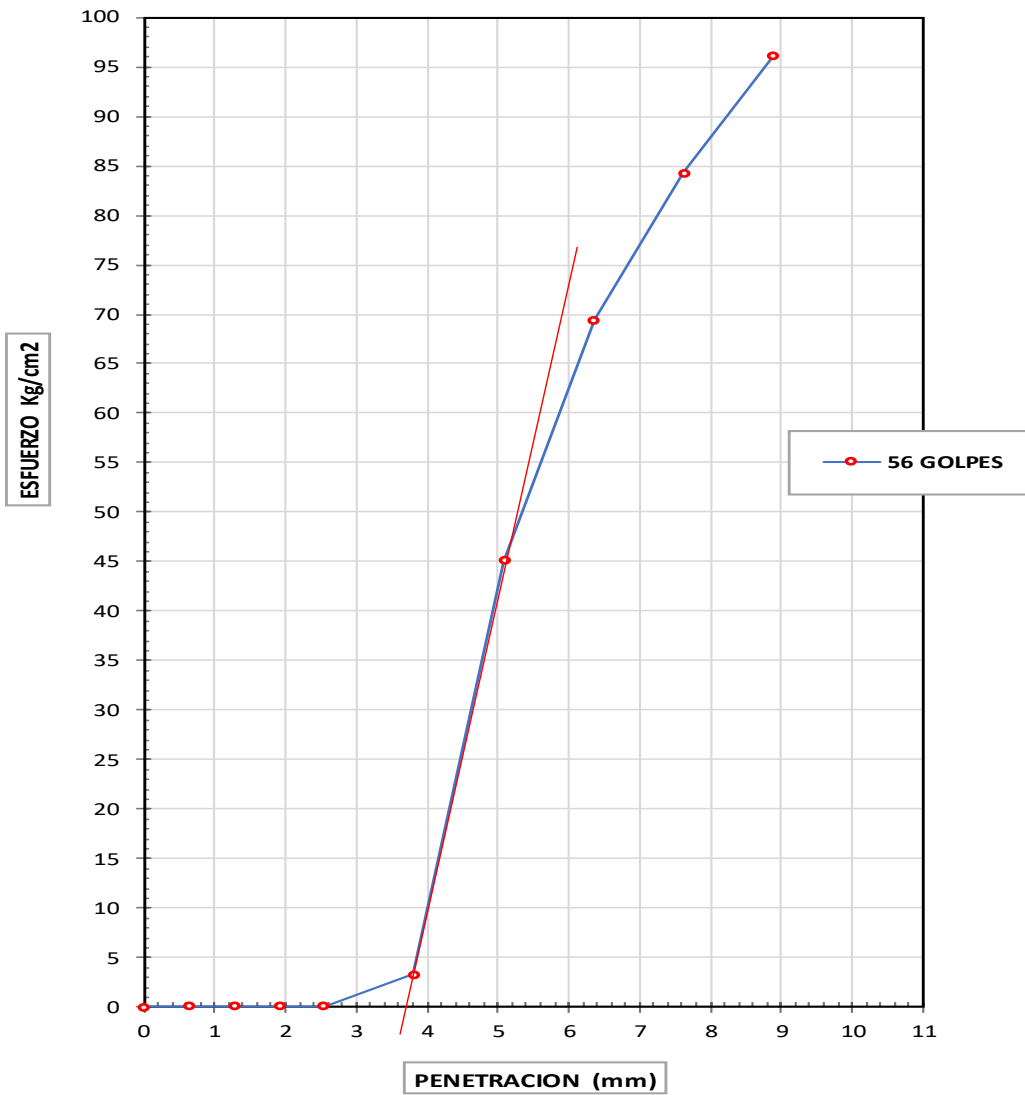
**ENSAYO DE EXPANSION**

| fecha      | hora       | tiempo  | dial | Expansion mm | Expansion % |
|------------|------------|---------|------|--------------|-------------|
| 11/03/2024 | 01:37 p.m. | 0 hrs.  | 0.20 | 0.00         | 0.00        |
| 12/03/2024 | 01:37 p.m. | 24 hrs. | 0.21 | 0.01         | 0.01        |
| 13/03/2024 | 01:37 p.m. | 48 hrs. | 0.30 | 0.10         | 0.08        |
| 14/03/2024 | 01:37 p.m. | 72 hrs. | 0.39 | 0.19         | 0.15        |
| 15/03/2024 | 01:37 p.m. | 96 hrs. | 0.44 | 0.24         | 0.19        |

**ENSAYO CARGA - PENETRACION**

| Penetracion (mm) | MOLDEN° K-21 |         |        | Carga Estatica kg/cm2 |
|------------------|--------------|---------|--------|-----------------------|
|                  | Dial KN      | kg      | kg/cm2 |                       |
| 0.00             | 0.000        | 0.00    | 0.00   |                       |
| 0.63             | 0.010        | 1.02    | 0.05   |                       |
| 1.27             | 0.015        | 1.53    | 0.08   |                       |
| 1.91             | 0.020        | 2.04    | 0.10   |                       |
| 2.54             | 0.025        | 2.55    | 0.13   | 70.41                 |
| 3.81             | 0.640        | 65.26   | 3.32   |                       |
| 5.09             | 8.680        | 885.10  | 45.08  | 105.10                |
| 6.35             | 13.370       | 1363.34 | 69.43  |                       |
| 7.62             | 16.230       | 1654.97 | 84.29  |                       |
| 8.89             | 18.520       | 1888.48 | 96.18  |                       |

**CURVA ESFUERZO-PENETRACION**



**VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR : 93.03%**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**



**ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE**

**PROYECTO** : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023  
**UBICACIÓN** : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000  
**REALIZADO POR** : BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA  
**MUESTRA** : CALICATA 01  
**PROFUNDIDAD** : 1.5 M  
**FECHA** : 18 DE MARZO

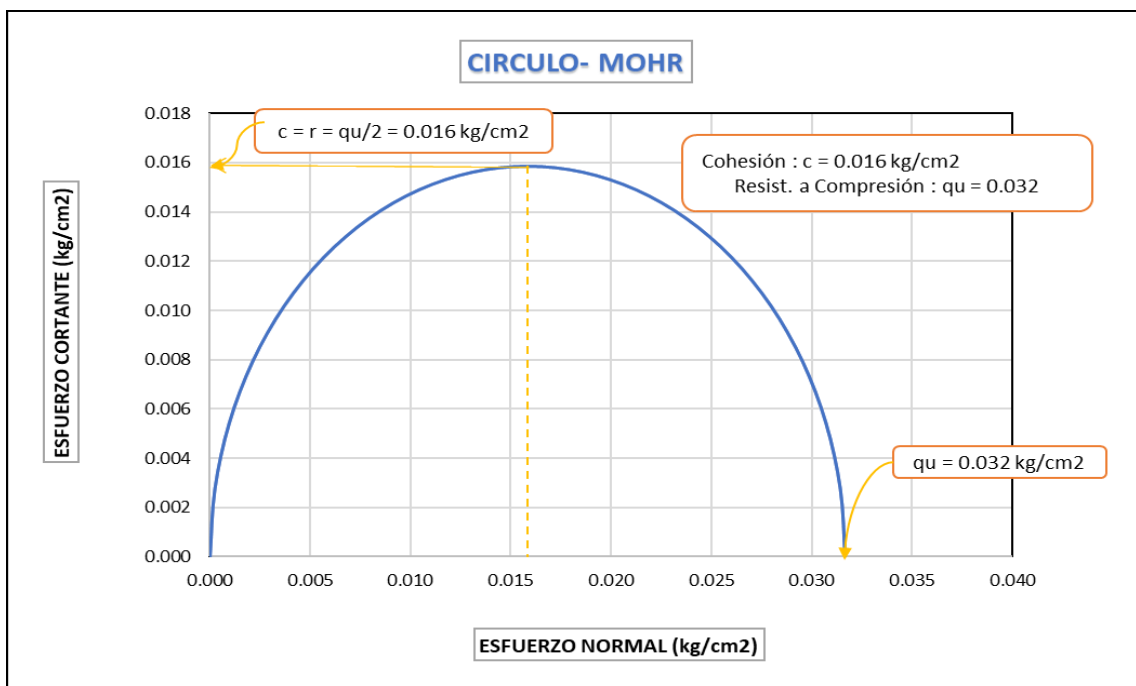
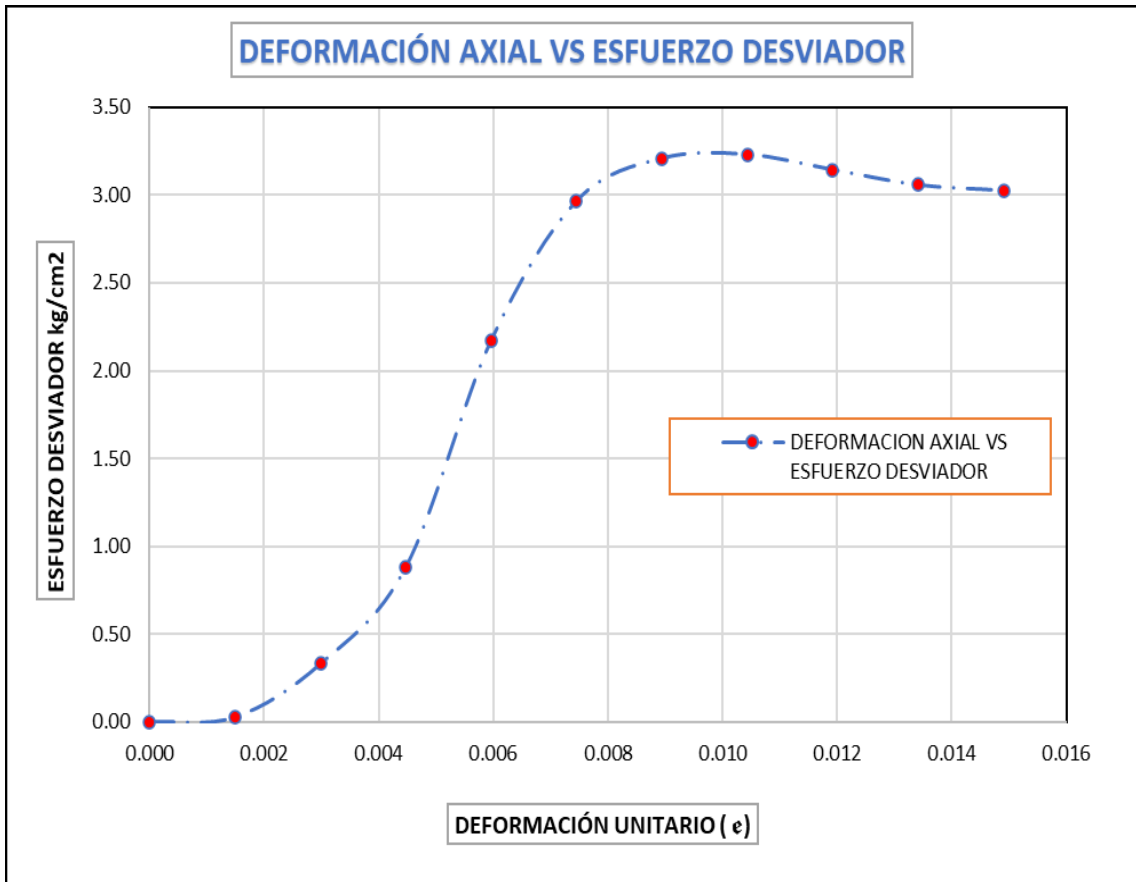
**DOSIFICACIÓN DE TERRASIL : 1.00 Lt / m<sup>3</sup>**

| Descripción                            | Espécimen 09 |
|----------------------------------------|--------------|
| Peso (g)                               | 1050         |
| Diametro (cm)                          | 6.85         |
| Area A <sub>0</sub> (cm <sup>2</sup> ) | 36.85        |
| Altura L <sub>0</sub> (cm)             | 14.09        |
| Densidad (g/cm <sup>3</sup> )          | 2.02         |
| Dumedad W (%)                          | 10.31        |

| Deformación<br>$\Delta L$ (mm) | Deformación<br>Unitaria<br>$\epsilon = \Delta L/L_0$ | Area corr.<br>(cm <sup>2</sup> )<br>$A' = A_0 / (1 - \epsilon)$ | Lectura Carga<br>(KN) | Carga<br>(Kg)<br>P | Esfuerzo<br>Normal<br>(Kpa) | Esfuerzo<br>(Kg/cm <sup>2</sup> )<br>$\sigma = P/A'$ |
|--------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------|
| 0.00                           | 0.000                                                | 36.852                                                          | 0.00                  | 0.000              | 0.000                       | 0.000                                                |
| 0.21                           | 0.001                                                | 36.907                                                          | 0.01                  | 1.020              | 2.710                       | 0.028                                                |
| 0.42                           | 0.003                                                | 36.962                                                          | 0.12                  | 12.236             | 32.466                      | 0.331                                                |
| 0.63                           | 0.004                                                | 37.017                                                          | 0.32                  | 32.630             | 86.446                      | 0.881                                                |
| 0.84                           | 0.006                                                | 37.073                                                          | 0.79                  | 80.556             | 213.094                     | 2.173                                                |
| 1.05                           | 0.007                                                | 37.128                                                          | 1.08                  | 110.128            | 290.882                     | 2.966                                                |
| 1.26                           | 0.009                                                | 37.184                                                          | 1.17                  | 119.305            | 314.649                     | 3.208                                                |
| 1.47                           | 0.010                                                | 37.240                                                          | 1.18                  | 120.325            | 316.861                     | 3.231                                                |
| 1.68                           | 0.012                                                | 37.296                                                          | 1.15                  | 117.266            | 308.340                     | 3.144                                                |
| 1.89                           | 0.013                                                | 37.353                                                          | 1.12                  | 114.206            | 299.844                     | 3.058                                                |
| 2.10                           | 0.015                                                | 37.409                                                          | 1.11                  | 113.187            | 296.718                     | 3.026                                                |

**Espécimen 09**

| DESCRIPCIÓN                             | UND        | 1            | 2     |
|-----------------------------------------|------------|--------------|-------|
| Recipiente                              | Nº         | C-3          | S-T4  |
| 1. Peso de recipiente                   | grs.       | 23.89        | 21.85 |
| 2. Peso recipiente + muestra húmeda     | grs.       | 93.77        | 97.42 |
| 3. Peso recipiente + muestra seca       | grs.       | 87.26        | 90.33 |
| 4. Peso de agua                         | cc.        | 6.51         | 7.09  |
| 5. Peso de la muestra seca neta         | grs.       | 63.37        | 68.48 |
| 6. Contenido de humedad                 | %          | 10.27        | 10.35 |
| <b>PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b> | <b>(%)</b> | <b>10.31</b> |       |







**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**



**ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE**

**PROYECTO** : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023  
**UBICACIÓN** : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000  
**REALIZADO POR**: BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA  
**MUESTRA** : CALICATA 01  
**PROFUNDIDAD** : 1.5 m  
**FECHA** : 18 DE MARZO

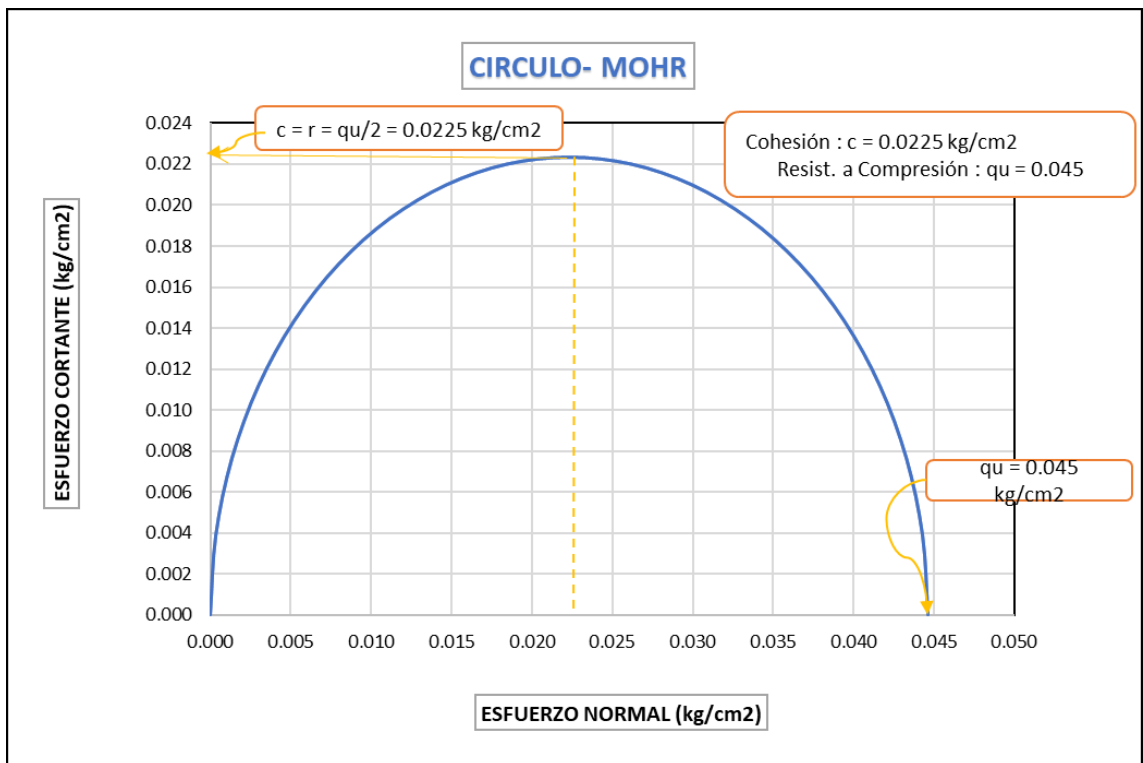
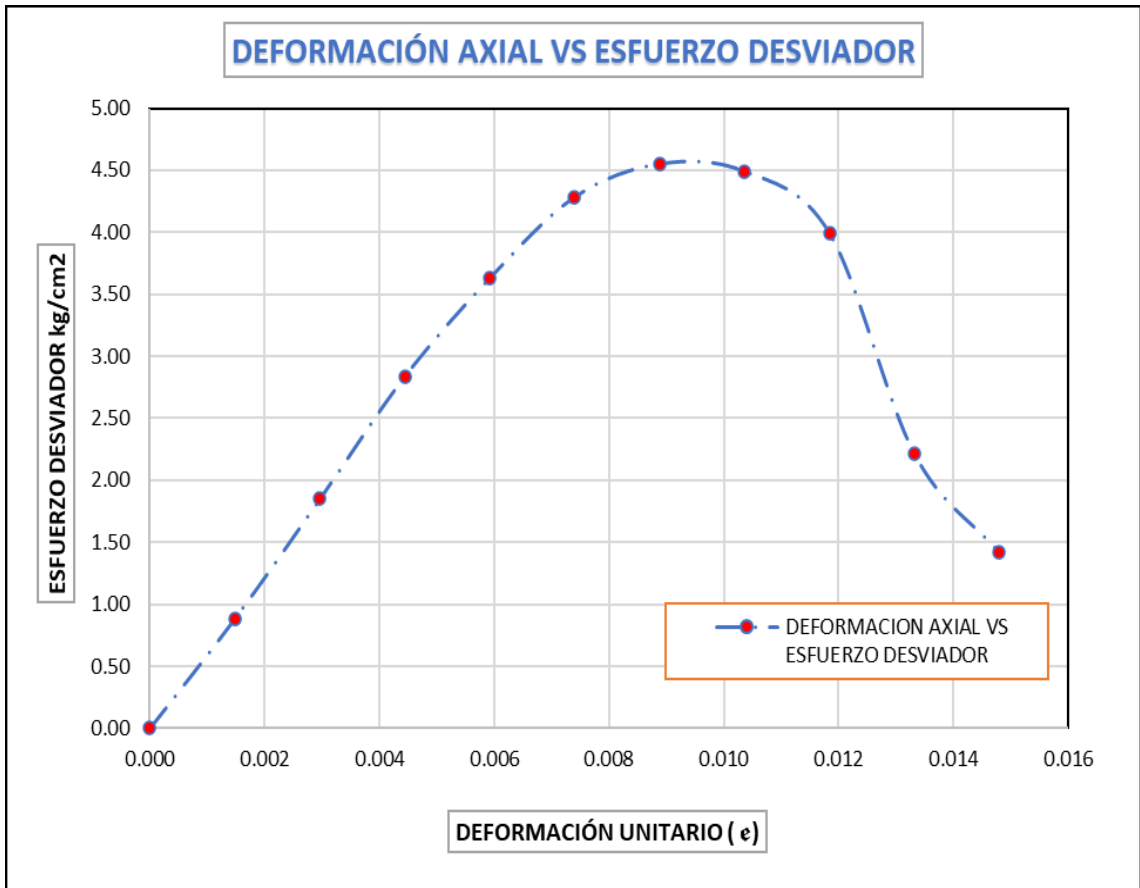
**DOSIFICACIÓN DE TERRASIL : 1.00 Lt / m3**

| Descripción                            | Espécimen 10 |
|----------------------------------------|--------------|
| Peso (g)                               | 1090         |
| Diametro (cm)                          | 6.85         |
| Area A <sub>0</sub> (cm <sup>2</sup> ) | 36.85        |
| Altura L <sub>0</sub> (cm)             | 14.19        |
| Densidad (g/cm <sup>3</sup> )          | 2.08         |
| Dumedad W (%)                          | 10.20        |

| Deformación<br>$\Delta L$ (mm) | Deformación<br>Unitaria<br>$\epsilon = \Delta L/L_0$ | Area corr.<br>(cm <sup>2</sup> )<br>$A' = A_0 / (1 - \epsilon)$ | Lectura Carga<br>(KN) | Carga<br>(Kg)<br>P | Esfuerzo<br>Normal<br>(Kpa) | Esfuerzo<br>(Kg/cm <sup>2</sup> )<br>$\sigma = P/A'$ |
|--------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------|
| 0.00                           | 0.000                                                | 36.852                                                          | 0.00                  | 0.000              | 0.000                       | 0.000                                                |
| 0.21                           | 0.001                                                | 36.906                                                          | 0.32                  | 32.630             | 86.706                      | 0.884                                                |
| 0.42                           | 0.003                                                | 36.961                                                          | 0.67                  | 68.320             | 181.271                     | 1.848                                                |
| 0.63                           | 0.004                                                | 37.016                                                          | 1.03                  | 105.029            | 278.257                     | 2.837                                                |
| 0.84                           | 0.006                                                | 37.071                                                          | 1.32                  | 134.600            | 356.071                     | 3.631                                                |
| 1.05                           | 0.007                                                | 37.126                                                          | 1.56                  | 159.073            | 420.185                     | 4.285                                                |
| 1.26                           | 0.009                                                | 37.182                                                          | 1.66                  | 169.270            | 446.454                     | 4.552                                                |
| 1.47                           | 0.010                                                | 37.238                                                          | 1.64                  | 167.231            | 440.416                     | 4.491                                                |
| 1.68                           | 0.012                                                | 37.293                                                          | 1.46                  | 148.876            | 391.491                     | 3.992                                                |
| 1.89                           | 0.013                                                | 37.349                                                          | 0.81                  | 82.596             | 216.872                     | 2.211                                                |
| 2.10                           | 0.015                                                | 37.405                                                          | 0.52                  | 53.024             | 139.018                     | 1.418                                                |

**Espécimen 10**

| DESCRIPCIÓN                                 | UND | 1            | 2     |
|---------------------------------------------|-----|--------------|-------|
| Recipiente                                  | Nº  | C-3          | S-T4  |
| 1. Peso de recipiente                       | grs | 23.89        | 21.85 |
| 2. Peso recipiente + muestra húmeda         | grs | 95.47        | 96.69 |
| 3. Peso recipiente + muestra seca           | grs | 88.82        | 89.79 |
| 4. Peso de agua                             | cc  | 6.65         | 6.90  |
| 5. Peso de la muestra seca neta             | grs | 64.93        | 67.94 |
| 6. Contenido de humedad                     | %   | 10.24        | 10.16 |
| <b>PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b> |     | <b>10.20</b> |       |



## ANEXO 6 Estudio de tráfico

| 1. DESCRIPCIÓN                                                        |         |        |           |        |         |        |         |
|-----------------------------------------------------------------------|---------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|
| Departamento:                                                         | PUNO    |        |           |        |         |        |         |
| Provincia:                                                            | YUNGUYO |        |           |        |         |        |         |
| Distrito:                                                             | YUNGUYO |        |           |        |         |        |         |
| Horizonte del Proyecto (en años)                                      | 10 Años |        |           |        |         |        |         |
| 2. Determinación del tráfico actual                                   |         |        |           |        |         |        |         |
| A: Resumir los conteos de tránsito a nivel del día y tipo de vehículo |         |        |           |        |         |        |         |
| Resultados de los conteo de tráfico:                                  |         |        |           | Mes:   | MAYO    | Año:   | 2024    |
| Tipo de Vehículo                                                      | Lunes   | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado | Domingo |
| Automovil                                                             | 62      | 54     | 87        | 62     | 51      | 74     | 82      |
| Station Wagon                                                         | 32      | 24     | 44        | 33     | 26      | 49     | 58      |
| Camioneta (Pickup/Panel)                                              | 30      | 27     | 45        | 34     | 24      | 66     | 42      |
| C.Rural (Combi)                                                       | 63      | 39     | 84        | 63     | 53      | 94     | 73      |
| Micro                                                                 |         |        |           |        |         |        |         |
| Bus 2E                                                                | 5       | 4      | 7         | 6      | 3       | 5      | 7       |
| Bus 3E                                                                | 10      | 8      | 13        | 13     | 9       | 11     | 20      |
| Bus 4E                                                                |         |        |           |        |         |        |         |
| Camión 2E                                                             | 32      | 28     | 49        | 33     | 28      | 54     | 60      |
| Camión 3E                                                             | 19      | 19     | 27        | 16     | 15      | 19     | 21      |
| Camión 4E                                                             | 5       | 5      | 7         | 5      | 4       | 7      | 7       |
| Semitrayler (T2S1 / T2S2)                                             | 3       | 3      | 5         | 3      | 2       | 1      | 5       |
| Semitrayler (T2S3)                                                    | 5       | 3      | 8         | 4      | 3       | 5      | 6       |
| Semitrayler (T3S1 / T3S2)                                             | 3       | 3      | 5         | 3      | 3       | 2      | 6       |
| Semitrayler (T3S3)                                                    | 8       | 6      | 16        | 7      | 6       | 8      | 8       |
| Trayler (C2R2)                                                        |         |        |           |        |         |        |         |
| Trayler (C2R3)                                                        |         |        |           |        |         |        |         |
| Trayler (C3R2)                                                        | 3       | 3      | 4         | 2      | 3       | 2      | 4       |
| Trayler (C3R3)                                                        | 5       | 4      | 7         | 6      | 4       | 8      | 5       |
| TOTAL                                                                 | 285     | 230    | 408       | 290    | 234     | 405    | 404     |

### Nº DE VEHÍCULOS/DÍA

■ Veh/día

| Día       | Nº de Vehículos/Día |
|-----------|---------------------|
| Lunes     | 285                 |
| Martes    | 230                 |
| Miércoles | 408                 |
| Jueves    | 290                 |
| Viernes   | 234                 |
| Sábado    | 405                 |
| Domingo   | 404                 |

**C: Aplicar la siguiente fórmula, para un conteo de 7 días**



$$IMD_A = IMD_S * FC \qquad IMD_S = \frac{(\sum Vi)}{7}$$

**Donde:**

- IMD<sub>S</sub> = Índice Medio Diario Semanal de la Muestra Vehicular Tomada
- IMD<sub>A</sub> = Índice Medio Anual
- Vi = Volumen Vehicular diario de cada uno de los días de conteo
- FCE= Factores de Corrección Estacional

| Tipo de Vehículo          | Tráfico Vehicular en dos Sentidos por Día |            |            |            |            |            |            | TOTAL       | IMD <sub>S</sub> | FC    | IMD <sub>A</sub> | Distribución (%) |
|---------------------------|-------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|------------------|-------|------------------|------------------|
|                           | Lunes                                     | Martes     | Miércoles  | Jueves     | Viernes    | Sábado     | Domingo    |             |                  |       |                  |                  |
| Automovil                 | 62                                        | 54         | 87         | 62         | 51         | 74         | 82         | 472         | 67               | 1.107 | 75               | 21.1             |
| Station Wagon             | 32                                        | 24         | 44         | 33         | 26         | 49         | 58         | 266         | 38               | 1.107 | 43               | 12.1             |
| Camioneta (Pickup/Panel)  | 30                                        | 27         | 45         | 34         | 24         | 66         | 42         | 268         | 38               | 1.107 | 43               | 12.1             |
| C.Rural (Combi)           | 63                                        | 39         | 84         | 63         | 53         | 94         | 73         | 469         | 67               | 1.107 | 75               | 21.1             |
| Micro                     |                                           |            |            |            |            |            |            |             |                  | 1.107 |                  |                  |
| Bus 2E                    | 5                                         | 4          | 7          | 6          | 3          | 5          | 7          | 37          | 5                | 1.024 | 6                | 1.7              |
| Bus 3E                    | 10                                        | 8          | 13         | 13         | 9          | 11         | 20         | 84          | 12               | 1.024 | 13               | 3.7              |
| Bus 4E                    |                                           |            |            |            |            |            |            |             |                  | 1.024 |                  |                  |
| Camión 2E                 | 32                                        | 28         | 49         | 33         | 28         | 54         | 60         | 284         | 41               | 1.024 | 42               | 11.8             |
| Camión 3E                 | 19                                        | 19         | 27         | 16         | 15         | 19         | 21         | 136         | 19               | 1.024 | 20               | 5.6              |
| Camión 4E                 | 5                                         | 5          | 7          | 5          | 4          | 7          | 7          | 40          | 6                | 1.024 | 6                | 1.7              |
| Semitrayler (T2S1 / T2S2) | 3                                         | 3          | 5          | 3          | 2          | 1          | 5          | 22          | 3                | 1.024 | 4                | 1.1              |
| Semitrayler (T2S3)        | 5                                         | 3          | 8          | 4          | 3          | 5          | 6          | 34          | 5                | 1.024 | 5                | 1.4              |
| Semitrayler (T3S1 / T3S2) | 3                                         | 3          | 5          | 3          | 3          | 2          | 6          | 25          | 4                | 1.024 | 4                | 1.1              |
| Semitrayler (T3S3)        | 8                                         | 6          | 16         | 7          | 6          | 8          | 8          | 59          | 8                | 1.024 | 9                | 2.5              |
| Trayler (C2R2)            |                                           |            |            |            |            |            |            |             |                  | 1.024 |                  |                  |
| Trayler (C2R3)            |                                           |            |            |            |            |            |            |             |                  | 1.024 |                  |                  |
| Trayler (C3R2)            | 3                                         | 3          | 4          | 2          | 3          | 2          | 4          | 21          | 3                | 1.024 | 4                | 1.1              |
| Trayler (C3R3)            | 5                                         | 4          | 7          | 6          | 4          | 8          | 5          | 39          | 6                | 1.024 | 6                | 1.7              |
| <b>TOTAL</b>              | <b>285</b>                                | <b>230</b> | <b>408</b> | <b>290</b> | <b>234</b> | <b>405</b> | <b>404</b> | <b>2256</b> | <b>322</b>       |       | <b>355</b>       | <b>100.0</b>     |

## ANEXO 7 Ejes equivalentes

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                              |                                                                                     |                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO</b><br>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL<br><b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES</b> |  |                                                                                 |
| <b>EJES EQUIVALENTES PAVIMENTO FLEXIBLE</b>                                       |                                                                                                                                                                                              |                                                                                     |                                                                                 |
| <b>PROYECTO</b>                                                                   | : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023                                                                               |                                                                                     |                                                                                 |
| <b>UBICACIÓN</b>                                                                  | : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000                                                                                                                                                           |                                                                                     |                                                                                 |
| <b>REALIZADO POR</b>                                                              | : BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA                                                                                                                                                           |                                                                                     |                                                                                 |
| <b>MUESTRA</b>                                                                    | : CALICATA 01                                                                                                                                                                                |                                                                                     |                                                                                 |
| <b>PROFUNDIDAD</b>                                                                | : 1.5 M                                                                                                                                                                                      |                                                                                     |                                                                                 |
| <b>FECHA</b>                                                                      | : 10 DE ABRIL                                                                                                                                                                                |                                                                                     |                                                                                 |
| <b>CÁLCULO DE LOS EJES EQUIVALENTES - ESAL</b>                                    |                                                                                                                                                                                              |                                                                                     |                                                                                 |
| <b>PERIODO DE DISEÑO</b>                                                          | <b>10</b>                                                                                                                                                                                    | <b>AÑOS</b>                                                                         |                                                                                 |
| <b>Tasa de Crecimiento por Región en %</b>                                        | $r_{vp} =$                                                                                                                                                                                   | <b>2.47</b>                                                                         | Tasa de Crecimiento Anual de la Población (REGIÓN PUNO) (vehículos de ligeros)  |
|                                                                                   | $r_{vc} =$                                                                                                                                                                                   | <b>2.58</b>                                                                         | Tasa de Crecimiento Anual del PBI Regional (REGIÓN PUNO) (vehículos de pesados) |
| <b>FUERZA DE PRESIÓN (Fb)</b>                                                     | <b>1</b>                                                                                                                                                                                     |                                                                                     |                                                                                 |
| <b>FACTOR DIRECCIONAL (Fd)</b>                                                    | <b>0.5</b>                                                                                                                                                                                   |                                                                                     |                                                                                 |
| <b>FACTOR CARRIL (Fc)</b>                                                         | <b>1</b>                                                                                                                                                                                     |                                                                                     |                                                                                 |
| <b>TRÁFICO ACTUAL POR TIPO DE VEHÍCULO</b>                                        |                                                                                                                                                                                              |                                                                                     |                                                                                 |
| <b>Tipo de Vehículo</b>                                                           | <b>IMD</b>                                                                                                                                                                                   | <b>Distribución (%)</b>                                                             |                                                                                 |
| Automovil                                                                         | 75                                                                                                                                                                                           | 21.13                                                                               |                                                                                 |
| Station Wagon                                                                     | 43                                                                                                                                                                                           | 12.11                                                                               |                                                                                 |
| Camioneta (Pickup/Panel)                                                          | 43                                                                                                                                                                                           | 12.11                                                                               |                                                                                 |
| C.Rural (Combi)                                                                   | 75                                                                                                                                                                                           | 21.13                                                                               |                                                                                 |
| Micro                                                                             | 0                                                                                                                                                                                            | 0.00                                                                                |                                                                                 |
| Bus 2E                                                                            | 6                                                                                                                                                                                            | 1.69                                                                                |                                                                                 |
| Bus 3E                                                                            | 13                                                                                                                                                                                           | 3.66                                                                                |                                                                                 |
| Bus 4E                                                                            | 0                                                                                                                                                                                            | 0.00                                                                                |                                                                                 |
| Camión 2E                                                                         | 42                                                                                                                                                                                           | 11.83                                                                               |                                                                                 |
| Camión 3E                                                                         | 20                                                                                                                                                                                           | 5.63                                                                                |                                                                                 |
| Camión 4E                                                                         | 6                                                                                                                                                                                            | 1.69                                                                                |                                                                                 |
| Semitrayler (T2S1 / T2S2)                                                         | 4                                                                                                                                                                                            | 1.13                                                                                |                                                                                 |
| Semitrayler (T2S3)                                                                | 5                                                                                                                                                                                            | 1.41                                                                                |                                                                                 |
| Semitrayler (T3S1 / T3S2)                                                         | 4                                                                                                                                                                                            | 1.13                                                                                |                                                                                 |
| Semitrayler (≥T3S3)                                                               | 9                                                                                                                                                                                            | 2.54                                                                                |                                                                                 |
| Trayler (C2R2 o 2T2)                                                              | 0                                                                                                                                                                                            | 0.00                                                                                |                                                                                 |
| Trayler (C2R3 o 2T3)                                                              | 0                                                                                                                                                                                            | 0.00                                                                                |                                                                                 |
| Trayler (C3R3 o 3T2)                                                              | 4                                                                                                                                                                                            | 1.13                                                                                |                                                                                 |
| Trayler (≥C3R3 o 3T3)                                                             | 6                                                                                                                                                                                            | 1.69                                                                                |                                                                                 |
|                                                                                   | <b>355</b>                                                                                                                                                                                   | <b>100.00</b>                                                                       |                                                                                 |

| CONFIGURACIÓN VEHICULAR   | EJE DELANTE RO | CONJUNTO DE EJES POSTERIORES |     |     |
|---------------------------|----------------|------------------------------|-----|-----|
|                           |                | 1RO                          | 2DO | 3RO |
| Bus 2E                    | 7              | 11                           |     |     |
| Bus 3E                    | 7              | 16                           |     |     |
| Bus 4E                    | 7 + 7          | 16                           |     |     |
| Camión 2E                 | 7              | 11                           |     |     |
| Camión 3E                 | 7              | 18                           |     |     |
| Camión 4E                 | 7              | 23                           |     |     |
| Semitrayler (T2S1 / T2S2) | 7              | 11                           | 18  |     |
| Semitrayler (T2S3)        | 7              | 11                           | 25  |     |
| Semitrayler (T3S1 / T3S2) | 7              | 18                           | 18  |     |
| Semitrayler (≥T3S3)       | 7              | 18                           | 25  |     |
| Trayler (C2R2 o 2T2)      | 7              | 11                           | 11  | 11  |
| Trayler (C2R3 o 2T3)      | 7              | 11                           | 11  | 18  |
| Trayler (C3R3 o 3T2)      | 7              | 18                           | 11  | 11  |
| Trayler (≥C3R3 o 3T3)     | 7              | 18                           | 11  | 18  |

| CONFIGURACIÓN VEHICULAR   | EJE DELANTERO | CONJUNTO DE EJES POSTERIORES |      |      | Fvp.  |
|---------------------------|---------------|------------------------------|------|------|-------|
|                           |               | 1                            | 2    | 3    |       |
| Bus 2E                    | 1.27          | 3.24                         |      |      | 4.50  |
| Bus 3E                    | 1.27          | 1.37                         |      |      | 2.63  |
| Bus 4E                    | 2.53          | 1.37                         |      |      | 3.90  |
| Camión 2E                 | 1.27          | 3.24                         |      |      | 4.50  |
| Camión 3E                 | 1.27          | 2.02                         |      |      | 3.28  |
| Camión 4E                 | 1.27          | 1.51                         |      |      | 2.77  |
| Semitrayler (T2S1 / T2S2) | 1.27          | 3.24                         | 2.02 |      | 6.52  |
| Semitrayler (T2S3)        | 1.27          | 3.24                         | 1.71 |      | 6.21  |
| Semitrayler (T3S1 / T3S2) | 1.27          | 2.02                         | 2.02 |      | 5.30  |
| Semitrayler (≥T3S3)       | 1.27          | 2.02                         | 1.71 |      | 4.99  |
| Trayler (C2R2 o 2T2)      | 1.27          | 3.24                         | 3.24 | 3.24 | 10.98 |
| Trayler (C2R3 o 2T3)      | 1.27          | 3.24                         | 3.24 | 2.02 | 9.76  |
| Trayler (C3R3 o 3T2)      | 1.27          | 2.02                         | 3.24 | 3.24 | 9.76  |
| Trayler (≥C3R3 o 3T3)     | 1.27          | 2.02                         | 3.24 | 2.02 | 8.54  |

#### DEMANDA PROYECTADA

Para la proyección de la demanda utilizar la siguiente fórmula:

$$T_n = T_0 (1 + r)^{(n-1)}$$

Donde:

- $T_n$  = Tránsito proyectado al año en vehículo por día
- $T_0$  = Tránsito actual (año base) en vehículo por día
- $n$  = año futuro de proyección
- $r$  = tasa anual de crecimiento de tránsito

| DEMANDA PROYECTADA        |       |                  |
|---------------------------|-------|------------------|
| Tipo de Vehículo          | IMDpi | Distribución (%) |
| Automovil                 | 93    | 21.07            |
| Station Wagon             | 54    | 12.08            |
| Camioneta (Pickup/Panel)  | 54    | 12.08            |
| C.Rural (Combi)           | 93    | 21.07            |
| Micro                     | 0     | 0.00             |
| Bus 2E                    | 7     | 1.69             |
| Bus 3E                    | 16    | 3.65             |
| Bus 4E                    | 0     | 0.00             |
| Camión 2E                 | 53    | 11.91            |
| Camión 3E                 | 25    | 5.67             |
| Camión 4E                 | 8     | 1.70             |
| Semitrayler (T2S1 / T2S2) | 5     | 1.13             |
| Semitrayler (T2S3)        | 6     | 1.42             |
| Semitrayler (T3S1 / T3S2) | 5     | 1.13             |
| Semitrayler (≥T3S3)       | 11    | 2.55             |
| Trayler (C2R2 o 2T2)      | 0     | 0.00             |
| Trayler (C2R3 o 2T3)      | 0     | 0.00             |
| Trayler (C3R3 o 3T2)      | 5     | 1.13             |
| Trayler (≥C3R3 o 3T3)     | 8     | 1.70             |
|                           | 444   | 100.00           |

**FACTOR DE CRECIMIENTO ACUMULADO:**

$$Fca = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

|                 |       |
|-----------------|-------|
| Fca V. Ligeros= | 11.19 |
| Fca V. Pesados= | 11.25 |

**EJES EQUIVALENTES POR CADA TIPO DE VEHÍCULO:**

$$EE_{\text{día-carril}} = IMD_{PI} * F_D * F_C * F_{VPI} * F_{PI}$$

**EJES EQUIVALENTES POR CADA TIPO DE VEHÍCULO**

| Tipo de Vehículo          | EE <sub>día-carril</sub> | Distribución (%) |
|---------------------------|--------------------------|------------------|
| Bus 2E                    | 17                       | 4.90             |
| Bus 3E                    | 21                       | 6.21             |
| Bus 4E                    | 0                        | 0.00             |
| Camión 2E                 | 119                      | 34.66            |
| Camión 3E                 | 41                       | 12.04            |
| Camión 4E                 | 10                       | 3.05             |
| Semitrayler (T2S1 / T2S2) | 16                       | 4.78             |
| Semitrayler (T2S3)        | 20                       | 5.69             |
| Semitrayler (T3S1 / T3S2) | 13                       | 3.89             |
| Semitrayler (≥T3S3)       | 28                       | 8.23             |
| Trayler (C2R2 o 2T2)      | 0                        | 0.00             |
| Trayler (C2R3 o 2T3)      | 0                        | 0.00             |
| Trayler (C3R3 o 3T2)      | 25                       | 7.16             |
| Trayler (≥C3R3 o 3T3)     | 32                       | 9.39             |
| IMD                       | 343                      | 100.00           |

**NUMERO DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES DE**

$$Nrep \text{ de } EE_{8.2tn} = \sum [(EE_{\text{día-carril}} * Fca * 365)]$$

$$Nrep \text{ de } EE_{8.2tn} = 1409164 \text{ EE}$$

## ANEXO 8 Diseño del pavimento flexible para suelo no tratado



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**



### DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

|                      |                                                                                                                |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>PROYECTO</b>      | : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023 |
| <b>UBICACIÓN</b>     | : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000                                                                             |
| <b>REALIZADO POR</b> | : BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA                                                                             |
| <b>MUESTRA</b>       | : CALICATA 01                                                                                                  |
| <b>PROFUNDIDAD</b>   | : 1.5 M                                                                                                        |
| <b>FECHA</b>         | : 10 DE ABRIL                                                                                                  |

### MÉTODO AASTHO -93

Es uno de los métodos más utilizados y de mayor utilización a nivel internacional para el diseño de pavimentos rígidos.

### FORMULACIÓN DE DISEÑO

La ecuación básica de diseño a la que llegó AASHTO para el diseño de pavimentos rígidos, desde un desarrollo analítico, se encuentra plasmada también en monogramas de cálculo, éstos esencialmente basados en los resultados obtenidos de la prueba experimental de la carretera AASHTO. La ecuación de diseño para pavimentos rígidos modificada para la versión actual es la que a continuación se presenta:

### FORMULA GENERAL AASTHO

$$\text{Log}_{10}(W_{18}) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \text{Log}_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log}_{10}(M_r) - 8.07$$

Donde:

|      |                                                         |
|------|---------------------------------------------------------|
| SN   | = Número Estructural                                    |
| W18  | = Tráfico (Número de ESAL's)                            |
| Zr   | = Desviación Estándar Normal                            |
| So   | = Error Estándar Combinado de la predicción del Tráfico |
| ΔPSI | = Diferencia de Serviciabilidad (Po-Pt)                 |
| Po   | = Serviciabilidad Inicial                               |
| Pt   | = Serviciabilidad Final                                 |
| Mr   | = Módulo de Resiliencia                                 |



### 1.1. CALCULO DE LOS EJES EQUIVALENTES ESAL'S(W18)

|               |              |
|---------------|--------------|
| ESAL's(W18) = | 1,409,163.56 |
| ESAL's(W18) = | 1.41E+06     |

### 2. CONFIABILIDAD

Se denomina confiabilidad (R%) a la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación. También se puede entender a la confiabilidad como un factor de seguridad, de ahí que su uso se debe al mejor de los criterios.

$$R (\%) = 85.00 \%$$

### 2.1. DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Zr).

Es función de los niveles seleccionados de confiabilidad.

$$Zr = -1.036$$

### 2.2. ERROR ESTÁNDAR COMBINADO (So):

AASHTO propuso los siguientes valores para seleccionar la Variabilidad o Error Estándar Combinado So, cuyo valor recomendado es:

|                           |             |
|---------------------------|-------------|
| Para pavimentos flexibles | 0.40 – 0.50 |
| En construcción nueva     | 0.45        |

$$So = 0.450$$

### 3. SERVICIABILIDAD ( $\Delta$ PSI):

El Índice de Serviabilidad Presente, es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Su valor varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar) y por el contrario un valor de 0 refleja el peor. Cuando la condición de la vía decrece por deterioro, el PSI también decrece.

| ÍNDICE DE SERVICIO | CALIFICACIÓN  |
|--------------------|---------------|
| 5                  | Excelente     |
| 4                  | Muy bueno     |
| 3                  | Bueno         |
| 2                  | Regular       |
| 1                  | Malo          |
| 0                  | Intransitable |

Entonces:

|      |     |
|------|-----|
| Po = | 4.0 |
| Pt = | 2.5 |

$$\Delta PSI = Po - Pt$$

$$\Delta PSI = 1.50$$

### 4. MÓDULO RESILIENTE (Mr)

El módulo resiliente es una medida de la rigidez del suelo de sub rasante, el cual para su cálculo, deberá determinarse mediante el ensayo de resiliencia determinado de acuerdo a las recomendaciones del AASHTO

$$CBR = 9.23 \%$$

$$Mr = 10595.46 \text{ PSI}$$

$$\text{Número Estructural requerido } SN = 3.148$$

Haciendo tanteos de espesor hasta que (Ecuación I) Sea aproximadamente Igual a ( Ecuación II):

$$\text{Log}_{10}(W18) - Zr \times So + 0.20 + 8.07$$

$$14.885 \dots \text{Ecuación I}$$

$$9.36 \times \text{Log}_{10}(SN+1) + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log}_{10}(Mr)$$

$$14.885 \dots \text{Ecuación II}$$

**NÚMERO ESTRUCTURAL (SN).**

$$SN = a1 \times d1 + a2 \times d2 \times m2 + a3 \times d3 \times m3$$

|        |   |                                                                        |
|--------|---|------------------------------------------------------------------------|
| SN     | = | Número Estructural.                                                    |
| a1,2,3 | = | Coefficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase. |
| d1,2,3 | = | Espesores (en cm) de las capas: superficial, base y subbase.           |
| m2,3   | = | Coefficiente de drenaje para las capas: superficial, base y subbase.   |

a1 = 0.17 /cm

a2 = 0.052 /cm

a3 = 0.047 /cm

**CALIDAD DE DRENAJE**

| Calidad de Drenaje | % de tiempo del año en que el pavimento está expuesto a niveles de saturación |             |             |               |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|---------------|
|                    | Menor que 1%                                                                  | 1% - 5%     | 5% - 25%    | Mayor que 25% |
| Excelente          | 1.40 - 1.35                                                                   | 1.35 - 1.30 | 1.30 - 1.20 | 1.20          |
| Bueno              | 1.35 - 1.25                                                                   | 1.25 - 1.15 | 1.15 - 1.00 | 1.00          |
| Regular            | 1.25 - 1.15                                                                   | 1.15 - 1.05 | 1.00 - 0.80 | 0.80          |
| Pobre              | 1.15 - 1.05                                                                   | 1.05 - 0.80 | 0.80 - 0.60 | 0.60          |
| Muy pobre          | 1.05 - 0.95                                                                   | 0.95 - 0.75 | 0.75 - 0.40 | 0.40          |

m2 = 1

m3 = 1

Esesor de capa Superficial D1 = 5.00 Cm

Esesor de Base D2 = 20.00 Cm

Esesor de Subbase D3 = 30.00 Cm

Número Estructural requerido SN = 3.148

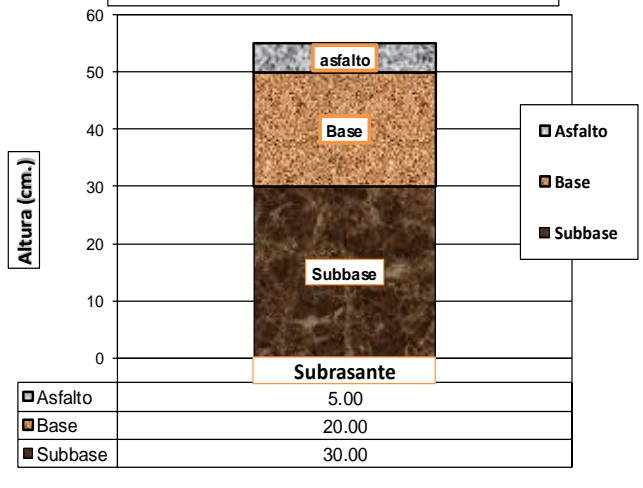
Número Estructural calculado SN = 3.300

Comparando ambos "SN" **CUMPLE**


**ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO**

|                      | Pulg.    | Cm.   |
|----------------------|----------|-------|
| Losa de Cº Asfáltico | e= 0.020 | 5.00  |
| Base                 | e= 0.079 | 20.00 |
| Subbase              | e= 0.118 | 30.00 |


**DISTRIBUCIÓN EN ALTURA DE LAS CAPAS**



ANEXO 9 Diseño del pavimento flexible para dosificación de 0.30 Lt/m<sup>3</sup> de terrasil-suelo tratado



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**



**DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE**

|                      |                                                                                                                |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>PROYECTO</b>      | : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS ARENOSO LIMOSO EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 2023 |
| <b>UBICACIÓN</b>     | : TRAMO YUNGUYO - PUNO KM 01 + 000                                                                             |
| <b>REALIZADO POR</b> | : BACH. CARLOS HUMBERTO CHINO PEÑA                                                                             |
| <b>MUESTRA</b>       | : CALICATA 01                                                                                                  |
| <b>PROFUNDIDAD</b>   | : 1.5 M                                                                                                        |
| <b>FECHA</b>         | : 10 DE ABRIL                                                                                                  |

**MÉTODO AASTHO -93**

Es uno de los métodos mas utilizados y de mayor utilización a nivel internacional para el diseño de pavimentos rígidos.

**FORMULACIÓN DE DISEÑO**

La ecuación básica de diseño a la que llegó AASTHO para el diseño de pavimentos rígidos, desde un desarrollo analítico, se encuentra plasmada también en monogramas de cálculo, éstos esencialmente basados en los resultados obtenidos de la prueba experimental de la carretera AASTHO. La ecuación de diseño para pavimentos rígidos modificada para la versión actual es la que a continuación se presenta:

**FORMULA GENERAL AASTHO**

$$\text{Log}_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \text{Log}_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log}_{10}(M_r) - 8.07$$

Donde:

|      |                                                         |
|------|---------------------------------------------------------|
| SN   | = Número Estructural                                    |
| W18  | = Tráfico (Número de ESAL's)                            |
| Zr   | = Desviación Estándar Normal                            |
| So   | = Error Estándar Combinado de la predicción del Tráfico |
| ΔPSI | = Diferencia de Serviciabilidad (Po-Pt)                 |
| Po   | = Serviciabilidad Inicial                               |
| Pt   | = Serviciabilidad Final                                 |
| Mr   | = Módulo de Resiliencia                                 |

**51**

### 1.1. CALCULO DE LOS EJES EQUIVALENTES ESAL'S(W18)

|               |              |
|---------------|--------------|
| ESAL's(W18) = | 1,409,163.56 |
| ESAL's(W18) = | 1.41E+06     |

### 2. CONFIABILIDAD

Se denomina confiabilidad (R%) a la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación. También se puede entender a la confiabilidad como un factor de seguridad, de ahí que su uso se debe al mejor de los criterios.

$$R (\%) = 85.00 \%$$

### 2.1. DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Zr).

Es función de los niveles seleccionados de confiabilidad.

$$Zr = -1.036$$

### 2.2. ERROR ESTÁNDAR COMBINADO (So):

AASHTO propuso los siguientes valores para seleccionar la Variabilidad o Error Estándar Combinado So, cuyo valor recomendado es:

|                           |             |
|---------------------------|-------------|
| Para pavimentos flexibles | 0.40 – 0.50 |
| En construcción nueva     | 0.45        |

$$So = 0.450$$

### 3. SERVICIABILIDAD (Δ PSI):

El Índice de Serviabilidad Presente, es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Su valor varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar) y por el contrario un valor de 0 refleja el peor. Cuando la condición de la vía decrece por deterioro, el PSI también decrece.

| ÍNDICE DE SERVICIO | CALIFICACIÓN  |
|--------------------|---------------|
| 5                  | Excelente     |
| 4                  | Muy bueno     |
| 3                  | Bueno         |
| 2                  | Regular       |
| 1                  | Malo          |
| 0                  | Intransitable |

Entonces:

|      |     |
|------|-----|
| Po = | 4.0 |
| Pt = | 2.5 |

$$\Delta PSI = Po - Pt$$

$$\Delta PSI = 1.50$$

### 4. MÓDULO RESILIENTE (Mr)

El módulo resiliente es una medida de la rigidez del suelo de sub rasante, el cual para su cálculo, deberá determinarse mediante el ensayo de resiliencia determinado de acuerdo a las recomendaciones del AASHTO

$$CBR = 36.78 \%$$

$$Mr = 25667.43 \text{ PSI}$$

$$\text{Número Estructural requerido } SN = 2.210$$

Haciendo tanteos de espesor hasta que (Ecuación I) Sea aproximadamente Igual a ( Ecuación II):

$$\text{Log}_{10}(W18) - Zr \times So + 0.20 + 8.07$$

$$14.885 \dots \text{Ecuación I}$$

$$9.36 \times \text{Log}_{10}(SN+1) + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log}_{10}(Mr)$$

$$14.885 \dots \text{Ecuación II}$$

**NÚMERO ESTRUCTURAL (SN).**

$$SN = a1 \times d1 + a2 \times d2 \times m2 + a3 \times d3 \times m3$$

|        |   |                                                                        |
|--------|---|------------------------------------------------------------------------|
| SN     | = | Número Estructural.                                                    |
| a1,2,3 | = | Coefficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase. |
| d1,2,3 | = | Espesores (en cm) de las capas: superficial, base y subbase.           |
| m2,3   | = | Coefficiente de drenaje para las capas: superficial, base y subbase.   |

**a1 = 0.17 /cm**

**a2 = 0.052 /cm**

**a3 = 0.047 /cm**

**CALIDAD DE DRENAJE**

| Calidad de Drenaje | % de tiempo del año en que el pavimento está expuesto a niveles de saturación |             |             |               |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|---------------|
|                    | Menor que 1%                                                                  | 1% - 5%     | 5% - 25%    | Mayor que 25% |
| Excelente          | 1.40 - 1.35                                                                   | 1.35 - 1.30 | 1.30 - 1.20 | 1.20          |
| Bueno              | 1.35 - 1.25                                                                   | 1.25 - 1.15 | 1.15 - 1.00 | 1.00          |
| Regular            | 1.25 - 1.15                                                                   | 1.15 - 1.05 | 1.00 - 0.80 | 0.80          |
| Pobre              | 1.15 - 1.05                                                                   | 1.05 - 0.80 | 0.80 - 0.60 | 0.60          |
| Muy pobre          | 1.05 - 0.95                                                                   | 0.95 - 0.75 | 0.75 - 0.40 | 0.40          |

**m2 = 1**

**m3 = 1**

Esesor de capa Superficial **D1 = 5.00 Cm**

Esesor de Base **D2 = 15.00 Cm**

Esesor de Subbase **D3 = 15.00 Cm**

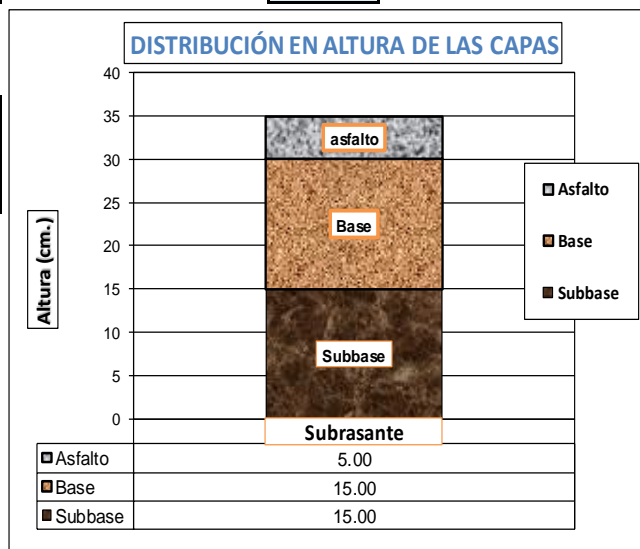
Número Estructural requerido **SN = 2.210**

Número Estructural calulado **SN = 2.335**

Comparando ambos "SN" **CUMPLE**

**ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO**

|                      | Pulg.    | Cm.   |
|----------------------|----------|-------|
| Losa de Cº Asfáltico | e= 0.020 | 5.00  |
| Base                 | e= 0.059 | 15.00 |
| Subbase              | e= 0.059 | 15.00 |



## FICHA TÉCNICA

### Definición

**TERRASIL** es un aditivo para suelos de última generación, formado al 100% por organosilanos, capaz de repeler el agua, eliminar el hinchamiento y la absorción de suelos. Es, por tanto, un agente impermeabilizante de suelos, que aporta ventajas adicionales a la estabilización tradicional de suelos.

### Características físicas

|                       |                              |
|-----------------------|------------------------------|
| Forma                 | Líquida                      |
| Color                 | Rojizo pálido                |
| Punto de inflamación  | > 90 °C (recipiente cerrado) |
| Punto de ebullición   | 200°C                        |
| Propiedades Explosiva | No Explosivo                 |
| Densidad              | 1,04 g/ml                    |
| Viscosidad(25°C)      | 100-500 cps                  |

**NOTA:** Las características son típicas. Estas pueden variar sin que se vea afectado el desempeño del producto.

### Dosificación Mezclada

| Agua                                              | Terrasil                |
|---------------------------------------------------|-------------------------|
| Necesaria para alcanzar el óptimo de compactación | 0,2-2 kg/m <sup>3</sup> |

Aplicar en el procedimiento mezclado con el material a estabilizar y en disolución con el agua óptima para alcanzar la densidad máxima.

Estas son dosificaciones recomendadas. La solución definitiva se obtiene de los ensayos de laboratorio realizados a cada tipo de material, evaluando el coste-beneficio en cada proyecto.

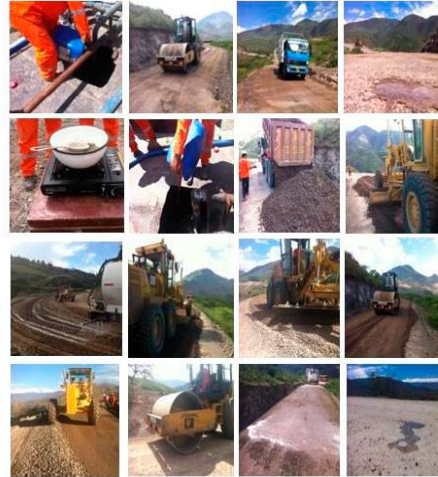
### Dosificación Riegos

| Agua       | Terrasil | Dosificación           |
|------------|----------|------------------------|
| 300 litros | 1 kg     | 0,01 Kg/m <sup>2</sup> |

Aplicar sobre la superficie compactada con 3 l/m<sup>2</sup> de la disolución en dos fases

Estas son dosificaciones recomendadas. La solución definitiva se obtiene de los ensayos de laboratorio realizados a cada tipo de material, evaluando el coste-beneficio en cada proyecto.

## Aplicación del sistema



### Pasos a seguir:

1. Mezcla de Terrasil para impermeabilización de suelo existente. (Siempre que sea posible y se vaya a realizar una recarga u aportación de material)
2. Compactación del terreno existente
3. Riego de la solución 1:300. 3 litros/m<sup>2</sup> en dos fases. RIEGO-SECADO-RIEGO
4. Comprobar impermeabilidad.
5. Comprobación de datos de humedad y características del material a estabilizar
6. Mezcla de Terrasil en el agua necesaria para alcanzar la humedad óptima de compactación.
7. Colocación del material sobre el suelo existente impermeabilizado, si se aporta material o se realiza recarga.
8. Escarificado o reciclado en función de la maquinaria a emplear.
9. Aplicación de la mezcla de agua + Terrasil.
10. Mezclado con el material a estabilizar.
11. Nivelación, bombeos y pendientes.
12. Compactado de la tongada estabilizada.
13. Refinado del material.
14. Compactado al 100%.
15. Riego de sellado 1:300 de Terrasil.
16. Comprobación de impermeabilidad.



## Beneficios

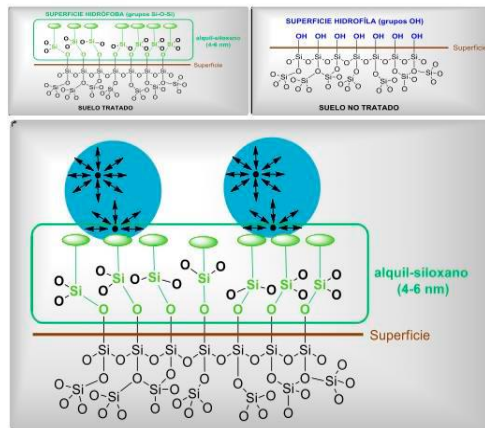
1. El suelo tratado consigue características hidrófobas de forma permanente.
2. El suelo mantiene la transpiración (expulsa el agua en forma de vapor).
3. Reduce el índice de plasticidad de los suelos.
4. Se aumentan los valores de CBR.
5. El Hinchamiento se reduce.
6. Mejora el Módulo Resiliente.
7. Se mejoran los datos de densidad y compactación en obra.
8. Es posible reducir el consumo de agua necesaria para la compactación del material.

## Modo de Acción

TerraSil es un aditivo modificador de suelos compuesto al 100% por organosilanos, soluble en agua, estable al calor y la radiación ultravioleta. Su principal acción, por tanto, consiste en la impermeabilización de suelos y subsuelos.

Posee grupos silanol, que reaccionan con los silicatos presentes en el suelo, transformando su superficie y confiriéndoles propiedades hidrófobas permanentes.

Así, el suelo repelerá las moléculas de agua, impermeabilizándolo y evitando los problemas derivados de la presencia de la misma.



*Repulsión de las gotas de agua sobre la superficie por interacciones desfavorables polar-apolar.*

Debido a la inexistencia de grupos polares en la superficie de los suelos, las gotas de agua no sufren ruptura en sus moléculas constitutivas, al no formarse los enlaces de hidrógeno necesarios para ello. De esta manera, las repulsiones de tipo sustancia polar-sustancia apolar originan que se mantenga la tensión superficial en las gotas de agua, permaneciendo sobre la superficie del suelo.



*Aspecto de gotas de agua depositadas sobre suelos tratados con TerraSil. Como se puede observar, la repelencia de la gota es total.*

## Presentación

La presentación de los productos se realiza en bidones de 20 kg.

## Exposición a la humedad

El producto es reactivo a la humedad. La exposición excesiva a la humedad puede conducir a un aumento de la viscosidad y gelificación.

## Almacenamiento

Almacenar en lugar fresco. Conservar el envase herméticamente cerrado en lugar seco y bien ventilado. Mantener alejado de cualquier material oxidante, inflamable, percloratos, ácido crómico o ácido nítrico.

## Estabilidad del producto mezclado

No almacenar el producto después de la dilución en agua.

## Comprobación del agua y del TerraSil.

Antes de comenzar es necesario comprobar la calidad del agua (TDS hasta 1.000 ppm). Si no requerimos de esta información, hacer una solución de 1 ml de TerraSil de TerraSil y 10 ml de agua para formar una solución transparente.

En caso de que la solución salga blanquecina no proceda a la aplicación y póngase en contacto con el representante de Zydex (Optimasoil).



## Equipo necesario para la aplicación.

Camión cisterna o equipo de agua para hacer la solución.

Cisterna de agua con pulverizador (la cisterna debe estar limpia).

Fuente de Agua Portable (TDS hasta 1000 ppm).

Equipo de seguridad (casco, chaleco de seguridad..)

## Preparación de la Solución.

Preparar una solución de agua con TerraSil.

Por ejemplo para riegos de impermeabilización se mezclara en la proporción 1 litro de TerraSil cada 300 litros de agua.

Se recomienda llenar el tanque o la cisterna con el agua necesaria y añadir posteriormente la cantidad de TerraSil previamente calculada.

Mezclar con movimiento previo a su aplicación.

## Comprobación de la impermeabilización

Antes de la aplicación comprobar la permeabilidad en una zona mediante el Test de RILEM.

Después del secado realizar el Test de RILEM en la superficie tratada, y observar reducción en la tasa de percolación frente a la primera prueba.

### Test de Rilem

Limpie la superficie

Fijar la arcilla alrededor del tubo RILEM, colocar en superficie de la carretera y presione la arcilla fuertemente

Llenar de agua el tubo RILEM con cuentagotas hasta el nivel. En el caso de aparición de burbujas de aire eliminar por gotero.

Inicie el cronómetro y registrar el tiempo que tarda en bajar el agua por debajo del nivel a partir de los 4 ml.

La duración del ensayo es de 20 minutos después del tratamiento aumentar la duración del ensayo RILEM 1 hora para simular condiciones fuertes lluvias

## Manipulación segura

Lavar exhaustivamente tras la manipulación.

Evítese el contacto con los ojos y la piel.

Los recipientes que se abren deben volverse a cerrar cuidadosamente y mantener en posición vertical para evitar pérdidas.

*NOTA 1: En caso de contacto por cualquier vía proporcionar atención médica.*

*NOTA 2: La información y sugerencias son hechas con base en la experiencia e investigaciones realizadas, esto no implica una garantía ya que se recomienda que cada cliente realice las pruebas preliminares.*

CONTACTE A SU ASESOR TÉCNICO COMERCIAL.  
CONSULTE LA HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD.



# Protocolo de laboratorio de Terrasil

Septiembre 2018

Guía de laboratorio para ensayo CBR con Terrasil



Procedimiento de preparación de muestras con Terrasil

## Resumen de las tareas en tiempo



### Preparación del agregado

#### Preparación del agregado

- Secar el agregado
- Calcular con el ensayo Proctor densidad y humedad óptima de compactación

1



### Preparación de la disolución

#### Preparación de la disolución

- Verificación del estado de la muestra de Terrasil
- Cálculo de la dosificación
- Preparación de la disolución

2

#### 2.1 Verificación de la muestra.

Diluir 10 ml de Terrasil en 100ml de agua.

Remover hasta su disolución

Un resultado transparente está OK - Un resultado turbio esta MAL



### Preparación de la disolución

#### 2.2 Calculo de la dosificación.

La proporción de empleo de Terrasil es de 0,5 – 1,0 Kg/m<sup>3</sup> de material suelto a estabilizar.

Por último podemos añadir una cantidad de cemento entre 0,5-1,5%, dependiendo de las características del proyecto y los valores que se pretendan alcanzar en cada caso.

### Preparación de la disolución

#### 2.3 Preparación de la disolución.

Diluir la cantidad previamente calculada de Terrasil en el agua necesaria para obtener el óptimo de compactación.



### Preparado de la Probeta

#### Preparado de la probeta

- Mezclado del agua con Terrasil y el agregado
- Compactación
- Riegos de Terrasil 1:300. 3 litros/m<sup>2</sup> en dos fases.

3



### Preparación de la Probeta

1. En una primera amasada se adiciona la solución en una cantidad de agua un poco más del 50% de la humedad óptima de compactación, sobre el suelo a tratar; y amasamos para que quede homogéneo



2. Adición de la cantidad restante de solución, el 50% o un poco más de la disolución, para que el grado de humedad sea el óptimo en el momento de la compactación.



### Preparación de la Probeta

#### 3. Compactación de la probeta



4. Riegos de la probeta con dosificación 1:300 en dos fases.  
Sumergir la probeta terminada en la disolución 1:300 previamente preparada y sacar. Dejar secar completamente la superficie y volver a sumergir en una disolución 1:300 previamente preparada. Dejar secar completamente.

### Curado de muestras

#### Curado de las muestras

- Curar las muestras al aire libre durante 7 días, Controlar la pérdida de humedad con pesado y luego sumergirlas por 4 días para cumplir el ensayo C.B.R.

4



Rotura y ensayo de las muestras

Rotura y ensayo de las muestras

- Inmersión de las probetas y rotura conforme al protocolo de CBR

5



Av. Parque de las Leyendas No. 210 Torre A-Oficina 802, Urbanización Pando T (51-1) 320 3767 C (51) 971354248 RPM #971354248 E [achavez@brem.com.pe](mailto:achavez@brem.com.pe) San Miguel, Lima – Perú  
[www.brem.com.pe](http://www.brem.com.pe)

Av. Parque de las Leyendas No. 210  
Torre A-Oficina 802, Urbanización Pando  
T (51-1) 320 3767 C (51) 971354248  
RPM #971354248  
E [achavez@brem.com.pe](mailto:achavez@brem.com.pe)  
San Miguel, Lima – Perú



## ANEXO 11 Análisis de costos unitario

### Análisis de Costos Unitarios

PROYECTO : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS SATURADOS EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 202  
 PRESUPUESTO 1.0 : CONSTRUCCION DE PAVIMENTO  
 PROPIETARIO : PROYECTO DE TESIS  
 UBICACION : DPTO: PUNO PROV: YUNGUYO DIST: YUNGUYO LOC: BAHIA DE YUNGUYO  
 FECHA PROYECTO : 03/05/2024

Partida: 1.1 MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE (CON MATERIAL DE CANTERA)

Rendimiento: 500 m<sup>3</sup>/Día

Costo unitario por m<sup>3</sup> **110.09**

| Ind                 | Descripción                                       | Unid.          | Recursos | Cantidad | Precio   | Parcial       |
|---------------------|---------------------------------------------------|----------------|----------|----------|----------|---------------|
| <b>MANO DE OBRA</b> |                                                   |                |          |          |          | <b>1.66</b>   |
| 47                  | CAPATAZ                                           | hh             | 0.1000   | 0.0016   | 25.2200  | 0.04          |
| 01                  | OPERARIO                                          | hh             | 1.0000   | 0.0160   | 24.2200  | 0.39          |
| 01                  | PEON                                              | hh             | 4.0000   | 0.0640   | 19.2000  | 1.23          |
| <b>MATERIALES</b>   |                                                   |                |          |          |          | <b>100.52</b> |
| 39                  | AGUA PUESTA EN OBRA                               | m <sup>3</sup> | -        | 0.0650   | 8.0200   | 0.52          |
| 05                  | MATERIAL DE CANTERA                               | m <sup>3</sup> | -        | 1.0000   | 100.0000 | 100.00        |
| <b>EQUIPO</b>       |                                                   |                |          |          |          | <b>7.91</b>   |
| 37                  | HERRAMIENTAS MANUALES                             | %mo            | -        | 3.0000   | 1.6600   | 0.05          |
| 49                  | RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135 HP | hm             | 1.0000   | 0.0160   | 156.8400 | 2.51          |
| 49                  | MOTONIVELADORA 130-135 HP                         | hm             | 1.0000   | 0.0160   | 205.7700 | 3.29          |
| 49                  | CAMION CISTERNA (2,500 GLNS)                      | hm             | 1.0000   | 0.0160   | 128.9600 | 2.06          |

### Análisis de Costos Unitarios

PROYECTO : EFICIENCIA DEL USO TERRASIL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS SATURADOS EN LA CIUDAD DE YUNGUYO 202  
 PRESUPUESTO 1.0 : CONSTRUCCION DE PAVIMENTO  
 PROPIETARIO : PROYECTO DE TESIS  
 UBICACION : DPTO: PUNO PROV: YUNGUYO DIST: YUNGUYO LOC: BAHIA DE YUNGUYO  
 FECHA PROYECTO : 03/05/2024

Partida: 1.2 MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE (1.00L/M3 DE ADITIVO TERRASIL)

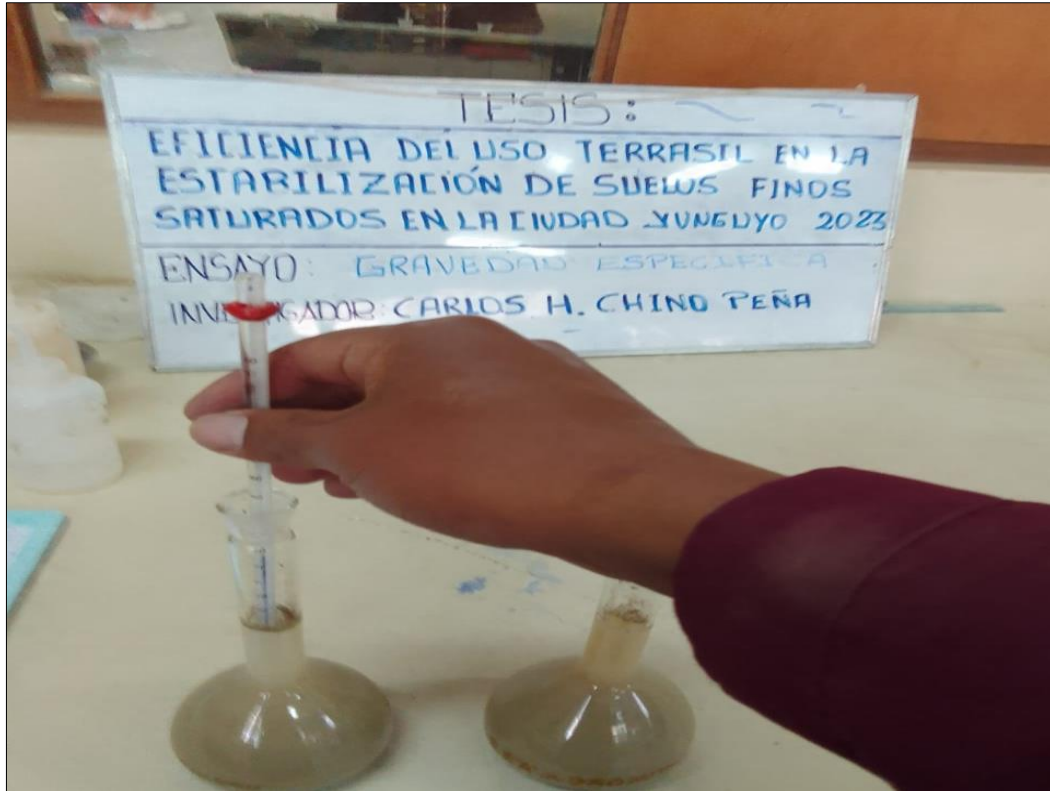
Rendimiento: 500 m<sup>3</sup>/Día

Costo unitario por m<sup>3</sup> **85.09**

| Ind                 | Descripción                                       | Unid.          | Recursos | Cantidad | Precio   | Parcial      |
|---------------------|---------------------------------------------------|----------------|----------|----------|----------|--------------|
| <b>MANO DE OBRA</b> |                                                   |                |          |          |          | <b>1.66</b>  |
| 47                  | CAPATAZ                                           | hh             | 0.1000   | 0.0016   | 25.2200  | 0.04         |
| 01                  | OPERARIO                                          | hh             | 1.0000   | 0.0160   | 24.2200  | 0.39         |
| 01                  | PEON                                              | hh             | 4.0000   | 0.0640   | 19.2000  | 1.23         |
| <b>MATERIALES</b>   |                                                   |                |          |          |          | <b>75.52</b> |
| 39                  | AGUA PUESTA EN OBRA                               | m <sup>3</sup> | -        | 0.0650   | 8.0200   | 0.52         |
| 30                  | ADITIVO ESTABILIZADOR TERRASIL                    | l              | -        | 1.0000   | 75.0000  | 75.00        |
| <b>EQUIPO</b>       |                                                   |                |          |          |          | <b>7.91</b>  |
| 37                  | HERRAMIENTAS MANUALES                             | %mo            | -        | 3.0000   | 1.6600   | 0.05         |
| 49                  | RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135 HP | hm             | 1.0000   | 0.0160   | 156.8400 | 2.51         |
| 49                  | MOTONIVELADORA 130-135 HP                         | hm             | 1.0000   | 0.0160   | 205.7700 | 3.29         |
| 49                  | CAMION CISTERNA (2,500 GLNS)                      | hm             | 1.0000   | 0.0160   | 128.9600 | 2.06         |

ANEXO 12 Panel fotográfico

1. Ensayo de gravedad específica



2. Ensayo de penetración





### 3. Ensayo de proctor modificado



### 4. Ensayo CBR, en la máquina de compresión



5. Ensayo compresión simple, en maquina penetración



6. Preparación de la muestra de suelo con la dosificación de terrasil

