

**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



Tesis

Interacción del pavimento rígido y flexible en el suelo arcilloso de alta plasticidad en la  
ciudad de Abancay, Apurímac - 2025

Presentado por:

Guido Roly Ayerve Tuiro

Para optar el título de Ingeniero Civil

Abancay, Perú

2026



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**Interacción del pavimento rígido y flexible en el suelo arcilloso de alta plasticidad  
en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025**

Presentado por **Guido Roly Ayerve Tuero**, para optar el título de Ingeniero Civil

Sustentado y aprobado el 11 de agosto del 2026 ante el jurado evaluador:

**Presidente:**

*Dr. Calixto Cañari Otero*

**Primer miembro:**

*Ing. Fanny Silva Noriega*

**Segundo miembro:**

*Ing. Milson Moran Moreno*

**Asesor:**

*Ph.D. Ing. Lucy Marisol Guanuchi Orellana*



*Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"*

## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N° 227-2026

La Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, a través de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería declara que, la Tesis titulada: **Interacción suelo-pavimento rígido y flexible en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac-2024**, presentado por el bachiller; **Guido Roly Ayerve Tuiro**, para optar el Título de **Ingeniero Civil**; ha sido sometido a un mecanismo de evaluación y verificación de similitud, a través del Software Turnitin, siendo el índice de similitud **ACEPTABLE** de **(11%)** por lo que, cumple con los criterios de originalidad establecidos por la Universidad.

Abancay, 05 de agosto del 2026

Atentamente,

  
Dr. Volquero [Firma]  
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA

C. c.  
Archivo  
WHC/ DUI-FI  
Yovana/sec  
REG. N° 793



## **Agradecimiento**

*Deseo expresar mi reconocimiento a Dios por brindarme la oportunidad de llegar a esta fase importante de mi trayectoria, así como a mi casa de estudios, la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, por el financiamiento para poder realizar el proyecto de investigación, así mismo a los docentes quienes fueron soporte para la formación académica de mi persona.*

*De igual forma, quiero expresar mi sincero agradecimiento a mi asesor la Ph.D, Ing. Lucy Marisol Guanuchi Orellana, quien me ofreció su invaluable apoyo, sabiduría, tiempo, paciencia, su orientación constante y firme confianza fueron fundamentales para seguir adelante. "Gracias por estar presente a lo largo de este proceso de investigación y desarrollo de la tesis."*

**Guido R. Ayerve Tuiro**



## **Dedicatoria**

*Al vasto universo, en su infinita grandeza y misterio, que me recuerda que siempre hay más por descubrir y entender, que la búsqueda de conocimiento es tan profunda y amplia como el mismo. A mi padre el Don Guido Ayerve Quispe y mi señora madre la Sra. Julia Tuiro Pablo, cuyo amor incondicional y fortaleza han sido mi mayor fuente de inspiración y guía en esta etapa de mi vida profesional.*

**Guido R. Ayerve Tuiro**



Interacción del pavimento rígido y flexible en el suelo arcilloso de alta plasticidad en la  
ciudad de Abancay, Apurímac-2025

Línea de investigación: Ingeniería de materiales.

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



## ÍNDICE

|                                             | Pág. |
|---------------------------------------------|------|
| <b>INTRODUCCIÓN</b>                         | 1    |
| <b>RESUMEN</b>                              | 2    |
| <b>ABSTRACT</b>                             | 3    |
| <b>CAPÍTULO I</b>                           | 4    |
| <b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>           | 4    |
| 1.1 Descripción del problema                | 4    |
| 1.2 Enunciado del problema                  | 6    |
| 1.2.1 Problema general                      | 6    |
| 1.2.2 Problemas específicos                 | 6    |
| 1.3 Justificación de la investigación       | 6    |
| 1.3.1 Justificación técnica                 | 6    |
| <b>CAPÍTULO II</b>                          | 9    |
| <b>OBJETIVOS E HIPÓTESIS</b>                | 9    |
| 2.1 Objetivos de la investigación           | 9    |
| 2.1.1 Objetivo general                      | 9    |
| 2.1.2 Objetivos específicos                 | 9    |
| 2.2 Hipótesis de la investigación           | 9    |
| 2.2.1 Hipótesis general                     | 9    |
| 2.2.2 Hipótesis específicas                 | 9    |
| 2.3 Operacionalización de variables         | 10   |
| <b>CAPÍTULO III</b>                         | 11   |
| <b>MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b>            | 11   |
| 3.1 Antecedentes                            | 11   |
| 3.1.1 Antecedentes internacionales          | 11   |
| 3.1.2 Antecedentes nacionales               | 14   |
| 3.1.3 Antecedentes locales                  | 18   |
| 3.2 Marco teórico                           | 20   |
| 3.2.1 Suelos arcillosos de alta plasticidad | 20   |
| 3.2.2 Propiedades mecánicas del suelo       | 21   |
| 3.2.2.1 Contenido de humedad                | 22   |
| 3.2.2.2 Límites de Atterberg                | 22   |
| 3.2.2.3 Granulometría                       | 23   |
| 3.2.3 Densidad del suelo                    | 24   |
|                                             | 1    |



|                                 |                                                              |    |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------|----|
| 3.2.3.1                         | Densidad máxima seca                                         | 24 |
| 3.2.4                           | Contenido óptimo de humedad                                  | 24 |
| 3.2.4.1                         | Humedad optima                                               | 24 |
| 3.2.5                           | Propiedades mecánicas de los suelos                          | 24 |
| 3.2.5.1                         | Coeficiente de soporte CBR                                   | 25 |
| 3.2.5.2                         | Índice CBR                                                   | 25 |
| 3.2.6                           | Pavimento rígido                                             | 25 |
| 3.2.7                           | Pavimento flexible                                           | 26 |
| 3.2.8                           | Integridad estructural del Pavimento                         | 32 |
| 3.2.8.1                         | Resistencia a la deformación del pavimento                   | 32 |
| 3.2.9                           | Condición superficial del pavimento                          | 32 |
| 3.2.9.1                         | Indicador de la irregularidad de la superficie del pavimento | 33 |
| 3.2.10                          | Pavimento                                                    | 33 |
| 3.3                             | Marco conceptual                                             | 35 |
| <b>CAPÍTULO IV</b>              |                                                              | 39 |
| <b>METODOLOGÍA</b>              |                                                              | 39 |
| 4.1                             | Tipo y nivel de investigación                                | 39 |
| 4.1.1                           | Tipo de investigación                                        | 39 |
| 4.1.2                           | Nivel de investigación                                       | 39 |
| 4.2                             | Diseño de la investigación                                   | 40 |
| 4.3                             | Descripción ética de la investigación                        | 42 |
| 4.4                             | Población y muestra                                          | 43 |
| 4.5                             | Procedimiento                                                | 47 |
| 4.6                             | Técnica e instrumentos                                       | 48 |
| 4.6.1                           | Técnica                                                      | 48 |
| 4.6.2                           | Instrumentos                                                 | 48 |
| 4.7                             | Análisis estadístico                                         | 51 |
| <b>CAPÍTULO V</b>               |                                                              | 55 |
| <b>RESULTADOS Y DISCUSIONES</b> |                                                              | 55 |
| 5.1                             | Análisis de resultados                                       | 55 |
| 5.1.2                           | Resultados con respecto al objetivo específico 1             | 60 |
| 5.1.3                           | Resultados con respecto al objetivo específico 2             | 61 |
| 5.2                             | Contrastación de la hipótesis                                | 62 |
| 5.2.2                           | Análisis inferencial                                         | 63 |
| 5.2.3                           | Contrastación de la hipótesis general                        | 63 |
| 5.2.4                           | Prueba de hipótesis para la H.E 1                            | 65 |
| 5.2.5                           | Prueba de hipótesis para la H.E 2                            | 66 |
| 5.3                             | Discusión                                                    | 68 |



|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| <b>CAPÍTULO VI</b>                    | 76 |
| <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> | 76 |
| 6.1    Conclusiones                   | 76 |
| 6.2    Recomendaciones                | 77 |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>     | 79 |
| <b>ANEXOS</b>                         | 84 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                       | <b>Pág.</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>Tabla 1</b> — Operacionalización de variables                                      | 10          |
| <b>Tabla 2</b> — Requerimientos granulométricos para base granular de pavimentos      | 29          |
| <b>Tabla 3</b> — Requerimiento de agregado grueso para base granular de pavimento     | 29          |
| <b>Tabla 4</b> — Requerimientos para agregado fino para base granular de pavimento    | 30          |
| <b>Tabla 5</b> — Requerimiento granulométrico para subbase granular de pavimento      | 31          |
| <b>Tabla 6</b> — Requerimiento de ensayos granulométrico para subbase granular        | 31          |
| <b>Tabla 8</b> — Etapas del diseño de investigación                                   | 40          |
| <b>Tabla 9</b> — Muestras grupo de control de las muestras representativas            | 44          |
| <b>Tabla 10</b> — Muestras grupo experimental                                         | 45          |
| <b>Tabla 11</b> — Ubicación del muestreo de cada calicata                             | 46          |
| <b>Tabla 12</b> — Validadores instrumentales                                          | 50          |
| <b>Tabla 13</b> — Caracterización geotécnica y física de las calicatas evaluadas      | 55          |
| <b>Tabla 14</b> — Cuadro de CBR (%) y deformación vertical bajo carga (mm)            | 59          |
| <b>Tabla 15</b> — Caracterización geotécnica y física de las calicatas evaluadas      | 62          |
| <b>Tabla 16</b> — Prueba de normalidad con Shapiro Wilk para las variables de estudio | 63          |
| <b>Tabla 17</b> — Análisis de regresión lineal simple para el pavimento rígido        | 65          |
| <b>Tabla 18</b> — Análisis de regresión lineal simple para el pavimento flexible      | 67          |
| <b>Tabla 19</b> — Matriz de consistencia                                              | 85          |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                              | <b>Pág.</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>Figura 1</b> — Flujograma del proyecto de tesis                                           | 47          |
| <b>Figura 2</b> — losas a escala del pavimento rígido y flexible                             | 50          |
| <b>Figura 3</b> — Instrumento para la recolección de datos obtenidos de laboratorio          | 50          |
| <b>Figura 4</b> — Deformación vertical bajo carga en función del C.B.R en pavimento rígido   | 60          |
| <b>Figura 5</b> — Deformación vertical bajo carga en función del C.B.R en pavimento flexible | 61          |
| <b>Figura 6</b> — Mapa de tipología de suelo de la ciudad de Abancay                         | 86          |
| <b>Figura 7</b> — Estudio geotécnico de la ciudad de Abancay                                 | 87          |
| <b>Figura 8</b> — Reconocimiento de campo preliminar 01                                      | 88          |
| <b>Figura 9</b> — Reconocimiento de campo preliminar 02                                      | 88          |
| <b>Figura 10</b> — Reconocimiento de campo preliminar 03                                     | 89          |
| <b>Figura 11</b> — Reconocimiento de campo preliminar 04                                     | 89          |
| <b>Figura 12</b> — Extracción de la muestra representativa 01                                | 90          |
| <b>Figura 13</b> — Extracción de la muestra representativa 02                                | 90          |
| <b>Figura 14</b> — Extracción de la muestra representativa 03                                | 91          |
| <b>Figura 15</b> — Extracción de la muestra representativa 04.                               | 91          |
| <b>Figura 16</b> — Extracción de la muestra representativa 05                                | 92          |
| <b>Figura 17</b> — Extracción de la muestra representativa 06                                | 92          |
| <b>Figura 18</b> — Extracción de material para agregado grueso y agregado fino               | 93          |
| <b>Figura 19</b> — Partículas retenidas en cada tamiz C-01                                   | 94          |
| <b>Figura 20</b> — Partículas retenidas en cada tamiz C-01                                   | 94          |
| <b>Figura 21</b> — Límites de consistencia- límite plástico C-01                             | 95          |
| <b>Figura 22</b> — Partículas retenidas en cada tamiz C-3                                    | 95          |
| <b>Figura 23</b> — Límites de consistencia- límite plástico C-02                             | 96          |
| <b>Figura 24</b> — Partículas retenidas en cada tamiz C-04                                   | 96          |
| <b>Figura 25</b> — Límites de consistencia- Límite Plástico C-4                              | 97          |
| <b>Figura 26</b> — Límites de consistencia- Límite Plástico C-5                              | 97          |
| <b>Figura 27</b> — Límites de consistencia- Límite Plástico C-6                              | 98          |
| <b>Figura 28</b> — Ensayo CBR al 95%                                                         | 98          |
| <b>Figura 29</b> — Informe de laboratorio                                                    | 99          |
| <b>Figura 30</b> — Informe de laboratorio                                                    | 100         |



|                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 31</b> — Informe de laboratorio generalidades                       | 101 |
| <b>Figura 32</b> — Informe de laboratorio mapa de ubicación distrital         | 102 |
| <b>Figura 33</b> — Informe de laboratorio zonificación                        | 103 |
| <b>Figura 34</b> — Informe de laboratorio registros de exploración            | 104 |
| <b>Figura 35</b> — Informe de laboratorio tabla de perfil estratigráfico C-01 | 105 |
| <b>Figura 36</b> — Informe de laboratorio perfil estratigráfico C-02          | 106 |
| <b>Figura 37</b> — Informe de laboratorio perfil estratigráfico C-03          | 107 |
| <b>Figura 38</b> — Informe de laboratorio perfil estratigráfico C-04          | 108 |
| <b>Figura 39</b> — Informe de laboratorio perfil estratigráfico C-05          | 109 |
| <b>Figura 40</b> — Informe de laboratorio perfil estratigráfico C-06          | 110 |
| <b>Figura 41</b> — Informe de laboratorio procedimiento de ensayo C.B.R.      | 111 |
| <b>Figura 42</b> — Informe de laboratorio ensayo C.B.R.                       | 112 |
| <b>Figura 43</b> — Informe de laboratorio ensayos de laboratorio              | 113 |
| <b>Figura 44</b> — Informe de laboratorio ensayos de laboratorio              | 114 |
| <b>Figura 45</b> — Informe de laboratorio características geotécnicas         | 115 |
| <b>Figura 46</b> — Informe de laboratorio conclusiones                        | 116 |
| <b>Figura 47</b> — Informe de laboratorio recomendaciones                     | 117 |
| <b>Figura 48</b> — Informe de laboratorio recomendaciones                     | 118 |
| <b>Figura 49</b> — Informe de laboratorio anexos hojas de calculo             | 119 |
| <b>Figura 50</b> — Informe de laboratorio análisis granulométrico C-01        | 120 |
| <b>Figura 51</b> — Informe de laboratorio contenido de humedad C-01           | 121 |
| <b>Figura 52</b> — Informe de laboratorio límites de Atterberg C-01           | 122 |
| <b>Figura 53</b> — Informe de laboratorio Proctor modificado C-01             | 123 |
| <b>Figura 54</b> — Informe de laboratorio C.B.R. C-01                         | 124 |
| <b>Figura 55</b> — Informe de laboratorio C.B.R. C-01                         | 125 |
| <b>Figura 56</b> — Informe de laboratorio análisis granulométrico C-02        | 126 |
| <b>Figura 57</b> — Informe de laboratorio contenido de humedad C-02           | 127 |
| <b>Figura 58</b> — Informe de laboratorio límites de Atterberg C-02           | 128 |
| <b>Figura 59</b> — Informe de laboratorio Proctor modificado C-02             | 129 |
| <b>Figura 60</b> — Informe de laboratorio C.B.R C-02                          | 130 |
| <b>Figura 61</b> — Informe de laboratorio C.B.R C-02                          | 131 |
| <b>Figura 62</b> — Informe de laboratorio análisis granulométrico C-03        | 132 |
| <b>Figura 63</b> — Informe de laboratorio contenido de humedad C-03           | 133 |
| <b>Figura 64</b> — Informe de laboratorio límites de Atterberg C-03           | 134 |
| <b>Figura 65</b> — Informe de laboratorio ensayo Proctor modificado C-03      | 135 |

|                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 66</b> — Informe de laboratorio C.B.R C-03                           | 136 |
| <b>Figura 67</b> — Informe de laboratorio C.B.R C-03                           | 137 |
| <b>Figura 68</b> — Informe de laboratorio análisis granulométrico C-04         | 138 |
| <b>Figura 69</b> — Informe de laboratorio contenido de humedad del suelo C-04  | 139 |
| <b>Figura 70</b> — Informe de laboratorio límites de Atterberg C-04            | 140 |
| <b>Figura 71</b> — Informe de laboratorio Proctor modificado C-04              | 141 |
| <b>Figura 72</b> — Informe de laboratorio C.B.R C-04                           | 142 |
| <b>Figura 73</b> — Informe de laboratorio C.B.R C-04                           | 143 |
| <b>Figura 74</b> — Informe de laboratorio análisis granulométrico C-05         | 144 |
| <b>Figura 75</b> — Informe de laboratorio contenido de humedad C-05            | 145 |
| <b>Figura 76</b> — Informe de laboratorio límites de Atterberg C-05            | 146 |
| <b>Figura 77</b> — Informe de laboratorio Proctor modificado C-05              | 147 |
| <b>Figura 78</b> — Informe de laboratorio C.B.R C-05                           | 148 |
| <b>Figura 79</b> — Informe de laboratorio C.B.R C-05                           | 149 |
| <b>Figura 80</b> — Informe de laboratorio análisis granulométrico C-06         | 150 |
| <b>Figura 81</b> — Informe de laboratorio contenido de humedad C-06            | 151 |
| <b>Figura 82</b> — Informe de laboratorio límites de Atterberg C-06            | 152 |
| <b>Figura 83</b> — Informe de laboratorio Proctor modificado C-06              | 153 |
| <b>Figura 84</b> — Informe de laboratorio C.B.R C-06                           | 154 |
| <b>Figura 85</b> — Informe de laboratorio C.B.R C-06                           | 155 |
| <b>Figura 86</b> — Informe de laboratorio grafico de deflectometría            | 156 |
| <b>Figura 87</b> — Informe de laboratorio losas de pavimento rígido y flexible | 157 |
| <b>Figura 88</b> — Informe de laboratorio resultado de deflectometría          | 158 |
| <b>Figura 89</b> — Informe de laboratorio espesores de pavimentos por capas    | 159 |
| <b>Figura 90</b> — Informe de laboratorio resultados de datos técnicos         | 160 |
| <b>Figura 91</b> — Informe de laboratorio resultados de datos técnicos         | 161 |
| <b>Figura 92</b> — Informe de laboratorio fotografías de campo                 | 162 |
| <b>Figura 93</b> — Informe de laboratorio fotografías de campo                 | 163 |
| <b>Figura 94</b> — Informe de laboratorio plano de calicatas                   | 164 |
| <b>Figura 95</b> — Certificado de calibración de equipos                       | 165 |
| <b>Figura 96</b> — Certificado de calibración de equipos                       | 166 |
| <b>Figura 97</b> — Certificado de calibración de equipos                       | 167 |
| <b>Figura 98</b> — Certificado de calibración de equipos                       | 168 |
| <b>Figura 99</b> — Certificado de calibración de equipos                       | 169 |
| <b>Figura 100</b> — Certificado de calibración de equipos                      | 170 |

|                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 101</b> — Certificado de calibración de equipos         | 171 |
| <b>Figura 102</b> — Certificado de calibración de equipos         | 172 |
| <b>Figura 103</b> — Certificado de calibración de equipos         | 173 |
| <b>Figura 104</b> — Certificado de calibración de equipos         | 174 |
| <b>Figura 105</b> — Certificado de calibración de equipos         | 175 |
| <b>Figura 106</b> — Certificado de calibración de equipos         | 176 |
| <b>Figura 107</b> — Certificado de calibración de equipos         | 177 |
| <b>Figura 108</b> — Certificado de calibración de equipos         | 178 |
| <b>Figura 109</b> — Certificado de calibración de equipos         | 179 |
| <b>Figura 110</b> — Validación por juicio de experto especialidad | 180 |
| <b>Figura 111</b> — Validación por juicio de experto especialidad | 181 |
| <b>Figura 112</b> — Validación por juicio de experto especialidad | 182 |
| <b>Figura 113</b> — Validación por juicio de experto estadística  | 183 |
| <b>Figura 114</b> — Validación por juicio de experto metodología  | 184 |

## SIGLAS Y ACRÓNIMOS

|               |                                                                                                |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>AASHTO</b> | Asociación Americana de funcionarios Estatales de Carreteras y Transporte                      |
| <b>ASTM</b>   | American Society for Testing and Materials (Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales) |
| <b>CBR</b>    | California Bearing Ratio (Ensayo de relación de soporte de California)                         |
| <b>CL</b>     | Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media                                               |
| <b>INDECI</b> | Instituto Nacional de Defensa Civil                                                            |
| <b>INEI</b>   | Instituto Nacional de Estadística e Informática                                                |
| <b>IP</b>     | Índice de plasticidad                                                                          |
| <b>LL</b>     | Límite líquido                                                                                 |
| <b>LP</b>     | Límite plástico                                                                                |
| <b>MPa</b>    | Megapascasles                                                                                  |
| <b>MTC</b>    | Ministerio de Transportes y Comunicaciones                                                     |
| <b>NTP</b>    | Norma Técnica Peruana                                                                          |
| <b>PCI</b>    | Pavement Condition Index (Índice de Condición del Pavimento)                                   |
| <b>SUCS</b>   | Sistema Unificado de Clasificación de Suelos                                                   |

## INTRODUCCIÓN

El desempeño de los pavimentos depende en gran medida de las características geotécnicas de la subrasante sobre la que son construidos. Entre estas, los suelos arcillosos de alta plasticidad representan una condición crítica debido a su elevada capacidad de expansión y contracción ante variaciones de humedad, así como a su baja capacidad portante y alta deformabilidad bajo cargas repetitivas. Estas propiedades modifican la distribución de esfuerzos entre el suelo y la estructura del pavimento, afectando directamente su integridad estructural, estabilidad y vida útil, lo cual implica un sobre costo adicional en el mantenimiento de vías de comunicación, así como la seguridad vial de la misma. En consecuencia, comprender la interacción suelo-pavimento resulta indispensable para diseñar estructuras viales más resistentes y duraderas, especialmente en zonas donde predominan este tipo de materiales.

En el capítulo I planteamiento del problema, descripción del problema, enunciado del problema, justificación de la investigación, ubicación y contextualización.

En el capítulo II objetivos e hipótesis, objetivos de la investigación, hipótesis de la investigación, operacionalización de la investigación.

En el capítulo III marco teórico referencial, antecedentes, marco teórico, marco conceptual.

En el capítulo IV tipo y nivel de investigación, diseño de investigación, ética en la investigación, población y muestra, procedimiento, técnicas e instrumentos.

En el capítulo V análisis de resultados, contrastación de la hipótesis y discusión.

En el capítulo VI conclusión y recomendaciones.

De acuerdo a lo mencionado se desarrolló la investigación, con ética profesional.



## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la interacción entre el pavimento rígido y flexible sobre suelos arcillosos de alta plasticidad en Abancay, Apurímac, durante 2025. El estudio respondió al deterioro prematuro de la infraestructura vial asociado a las propiedades físico-mecánicas de la subrasante, que condicionan la distribución de esfuerzos, deformaciones y desempeño estructural. Se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y nivel descriptivo, mediante ensayos geotécnicos para caracterizar el suelo, determinar su capacidad de soporte mediante CBR y comparar el comportamiento mecánico de ambos pavimentos ante cargas verticales controladas.

Los resultados evidenciaron suelos arcillosos de alta plasticidad y baja capacidad de soporte, condición que influyó en la respuesta estructural de los pavimentos. El pavimento rígido presentó menores deformaciones verticales y mayor estabilidad, mientras que el flexible registró aproximadamente 48 % más deformación bajo las mismas condiciones de carga. Asimismo, valores de CBR inferiores al 6 % se asociaron con mayores deformaciones y menor capacidad de soporte de la subrasante. Se concluyó que las características geotécnicas del suelo condicionan el comportamiento mecánico de ambos sistemas de pavimentación.

**Palabras clave:** *Suelo arcilloso de alta plasticidad, pavimento rígido, pavimento flexible, CBR, deformación vertical.*



## ABSTRACT

This study aimed to determine the interaction between rigid and flexible pavements on highly plastic clay soils in Abancay, Apurímac, during 2025. The research addressed the premature deterioration of road infrastructure associated with the physical and mechanical properties of the subgrade, which influence stress distribution, deformation, and structural performance. The study followed a quantitative approach, applied type, and descriptive level, using geotechnical tests to characterize the soil, determine its bearing capacity through the CBR test, and compare the mechanical behavior of both pavement systems under controlled vertical loads.

The results showed highly plastic clay soils with low bearing capacity, which influenced the structural response of the pavements. Rigid pavement presented lower vertical deformation and greater stability, whereas flexible pavement recorded approximately 48% more deformation under the same loading conditions. Likewise, CBR values below 6% were associated with greater deformation and lower subgrade bearing capacity. It was concluded that the geotechnical characteristics of the soil condition the mechanical behavior of both pavement systems.

**Keywords:** *High-plasticity clay soil, rigid pavement, flexible pavement, California Bearing Ratio (CBR), vertical deformation.*



## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 Descripción del problema**

La infraestructura vial desempeña un papel fundamental en el desarrollo económico y social de cualquier región, proporcionando conectividad y facilitando el transporte de bienes y personas. En este contexto, la calidad y durabilidad de los pavimentos son aspectos que influyen directamente en la eficiencia y seguridad de las carreteras. Sin embargo, en ciudades con suelos arcillosos de alta plasticidad, como en la provincia de Abancay de la región de Apurímac, los desafíos asociados con la interacción entre el suelo y el pavimento pueden ser considerablemente mayores debido a las propiedades particulares de estos suelos.

Los suelos arcillosos de alta plasticidad se caracterizan por su alto contenido de arcilla y su capacidad de retener humedad, lo que los hace susceptibles a cambios volumétricos significativos bajo carga y variaciones de humedad. Esta respuesta del suelo puede afectar la estabilidad y la resistencia del pavimento, lo que lleva a problemas como deformaciones, grietas y deterioro prematuro.

El propósito central de la presente investigación fue generar información esencial que pudiera ser aplicada en el diseño y ejecución de pavimentos con mayores niveles de resistencia y durabilidad en zonas caracterizadas por la presencia de suelos arcillosos de alta plasticidad. Asimismo, se consideró que los resultados alcanzados aportarían al fortalecimiento del conocimiento en el ámbito de la ingeniería de pavimentos y servirían como un sustento técnico para el desarrollo de estudios posteriores en esta área.

A nivel internacional el Banco Mundial, el 50 % de las carreteras del mundo se encuentran en mal estado, lo que genera costos anuales de hasta \$300 mil millones de dólares en reparaciones y mantenimiento siendo la mayoría de países de América latina, África y Oriente medio. En caso del Perú se encuentra en la posición 102 a nivel mundial en calidad de carreteras y 110 en cuanto a conectividad vial de un total de 141 países



asociados, y encontrándose en el puesto 07 a nivel de América latina según el Foro Económico Mundial 2023.

A nivel nacional según el INEI, (2023), aproximadamente el 80 % de las carreteras en el Perú se encuentra en mal estado. Este problema se agravó debido al Niño Costero del 2017, que causó estragos en la infraestructura vial, especialmente en las regiones del norte del país donde las carreteras presentan un deterioro, hundimiento y fallas de la superficie del pavimento lo que compromete la seguridad vial de los conductores.

A nivel local INDECI, (2007) la ciudad de Abancay se caracteriza por presentar suelos predominantemente arcillosos, condición geotécnica que se encuentra estrechamente vinculada al deterioro prematuro de los pavimentos, tanto rígidos como flexibles. Esta problemática se origina principalmente por la interacción desfavorable entre las propiedades físico-mecánicas del suelo y las estructuras del pavimento, generando deformaciones, fisuramientos y hundimientos que comprometen su desempeño y durabilidad.

Las fallas aceleradas en los pavimentos afectan directamente la calidad de vida de los ciudadanos, debido al incremento de riesgos en la seguridad vial, disminución de la comodidad en la circulación y mayores costos de operación vehicular. Esta situación se evidencia de manera crítica en la carretera Panamericana Sur, tramo que soporta el tránsito continuo de vehículos de carga pesada dentro del área urbana de Abancay. Asimismo, se observa un deterioro prematuro en diversas calles y avenidas construidas sobre suelos arcillosos de alta plasticidad, donde la capacidad de soporte limitada del terreno contribuye al rápido colapso estructural de la superficie de rodadura.

En conjunto, estas condiciones revelaron una necesidad urgente de evaluar, comprender y mitigar los efectos del suelo arcilloso sobre el comportamiento de los pavimentos, a fin de mejorar la infraestructura vial y garantizar un tránsito seguro y eficiente para la población.



## **1.2 Enunciado del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿Cómo es la interacción del pavimento rígido y flexible en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- ¿Cómo es la interacción del pavimento rígido en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac, 2025?
- ¿Cómo es la interacción del pavimento flexible en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac, 2025?

## **1.3 Justificación de la investigación**

### **1.3.1 Justificación técnica**

La investigación se justificó debido a la necesidad de comprender el comportamiento de los pavimentos construidos sobre suelos arcillosos de alta plasticidad, condición geotécnica que constituye una de las principales causas del deterioro prematuro de la infraestructura vial. En la ciudad de Abancay predominan este tipo de suelos, caracterizados por su elevada plasticidad, baja capacidad portante y alta susceptibilidad a cambios volumétricos ocasionados por variaciones de humedad, lo que incrementa la aparición de deformaciones y fisuras en los pavimentos. Esta problemática también se evidenció a mayor escala, ya que menos del 20 % de los caminos rurales de América Latina se encuentran en buen estado y, en el Perú, únicamente el 5 % de la red vial secundaria y terciaria está pavimentada, mientras que el 64 % corresponde a caminos de tierra y el 31 % a vías granulares.

La investigación adquirió relevancia porque permitió evaluar comparativamente el comportamiento del pavimento rígido y del pavimento flexible bajo una misma condición de subrasante, considerando parámetros geotécnicos y estructurales como el contenido de humedad, los límites de Atterberg, la granulometría, la densidad, el CBR y la deformación vertical bajo carga. Esta evaluación proporcionó evidencia técnica para comprender la influencia de las propiedades físico-mecánicas del suelo sobre el desempeño estructural de ambos sistemas de pavimentación, contribuyendo a la toma de decisiones en el diseño,

construcción y mantenimiento de carreteras desarrolladas sobre suelos arcillosos de alta plasticidad. La importancia de la investigación radicó en que los resultados obtenidos constituyeron una referencia para seleccionar soluciones estructurales más eficientes y técnicamente sustentadas en contextos geotécnicos similares al de la ciudad de Abancay.

La investigación aportó conocimiento científico y técnico sobre la interacción entre el suelo arcilloso de alta plasticidad y el comportamiento estructural de los pavimentos rígido y flexible, mediante la obtención de evidencia experimental derivada de ensayos geotécnicos y mecánicos realizados bajo condiciones controladas. Los resultados permitieron demostrar la influencia de la capacidad portante del suelo (CBR) en la deformación vertical de ambos sistemas de pavimentación, estableciendo parámetros objetivos para interpretar su respuesta estructural frente a las cargas aplicadas. Asimismo, el estudio generó información técnica específica para las condiciones geotécnicas de la ciudad de Abancay, contribuyendo a reducir el vacío de conocimiento existente sobre el comportamiento de pavimentos construidos sobre suelos arcillosos de alta plasticidad. Este aporte fortaleció los criterios de diseño, evaluación y selección de alternativas de pavimentación, proporcionando una base científica que podrá ser utilizada en futuras investigaciones y en la planificación de proyectos de infraestructura vial.

Los suelos arcillosos de alta plasticidad presentan deterioro prematuro del pavimento debido a características geotécnicas para la construcción de pavimentos. Al ser susceptibles a cambios volumétricos y de deformación por variaciones de humedad, junto a su baja permeabilidad y capacidad de soporte de los suelos, conducen a un prematuro deterioro de las infraestructuras viales.

Este fenómeno se evidencia en la formación de hundimientos, deformaciones e irregularidades en la superficie del pavimento, afectando de manera directa su desempeño funcional y estructural. Estas fallas reducen la seguridad vial, disminuyen la comodidad de circulación y aceleran el deterioro progresivo del sistema vial. Como consecuencia, se incrementan significativamente los costos de mantenimiento y rehabilitación, generando intervenciones frecuentes y no

planificadas que comprometen la eficiencia económica y operativa de la infraestructura.



## **CAPÍTULO II**

### **OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

#### **2.1 Objetivos de la investigación**

##### **2.1.1 Objetivo general**

Determinar la interacción del pavimento rígido y flexible en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025.

##### **2.1.2 Objetivos específicos**

- Determinar la interacción del pavimento rígido en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac, 2025.
- Determinar la interacción del pavimento flexible en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac, 2025.

#### **2.2 Hipótesis de la investigación**

##### **2.2.1 Hipótesis general**

Existe interacción del pavimento rígido y flexible en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025.

##### **2.2.2 Hipótesis específicas**

- Existe interacción del pavimento rígido en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac, 2025.
- Existe interacción del pavimento flexible en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac, 2025.



### 2.3 Operacionalización de variables

**Tabla 1 — Operacionalización de variables: Interacción del pavimento rígido y flexible en el suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac – 2025**

| Variables                                                                             | Definición conceptual                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Definición operacional                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Dimensión                       | Indicadores                             | Unidad de medida                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| <b>Var. Independiente</b><br><br><b>X:</b><br><br>Suelo arcilloso de alta plasticidad | Los suelos arcillosos de alta plasticidad son suelos finos con alto índice de plasticidad y elevada variación volumétrica frente a cambios de humedad, lo que afecta su estabilidad y desempeño como subrasante. Administración Federal de Carreteras – FHWA, (2023)                                                                                                                                                                                                    | Los suelos arcillosos de alta plasticidad exhiben propiedades mecánicas particulares, como la densidad del suelo, contenido óptimo de humedad, coeficiente de soporte CBR y deformación. Estas características influyen su capacidad de carga y estabilidad, siendo fundamentales para comprender su comportamiento.     | Propiedades físicas del suelo   | • Contenido de humedad                  | • Porcentaje (%)                                      |
|                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                 | • Límites de Atterberg                  | • Valores numéricos del LL, LP, e IP                  |
|                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                 | • Granulometría                         | • Porcentaje (%)                                      |
|                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                 | • Densidad del suelo                    | • (g/cm³):                                            |
|                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                 | • Contenido óptimo de humedad           | • Porcentaje (%)                                      |
|                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Propiedades mecánicas del suelo | • Coeficiente de soporte CBR            | • Porcentaje (%)                                      |
| <b>Var. Dependiente</b><br><br><b>Y:</b><br><br>Pavimento rígido y flexible           | El pavimento rígido y el pavimento flexible son estructuras de pavimentación diseñadas para soportar y distribuir las cargas del tránsito. El pavimento rígido, construido con concreto hidráulico, se caracteriza por su alta rigidez y menor deformación; mientras que el pavimento flexible, conformado por mezclas asfálticas y capas granulares, distribuye las cargas de manera progresiva mediante la acción conjunta de sus capas estructurales Fonseca, (2002) | Operacionalmente, el pavimento rígido y el pavimento flexible se evaluaron mediante la deformación vertical máxima (mm) obtenida por losas de placas realizadas a escala, así mismo como la Integridad estructural del Pavimento es la unidad de medida respecto a la resistencia a la deformación de dichos pavimentos. | Pavimento rígido                | • Deformación del pavimento             | • Deformación vertical bajo carga (mm)                |
|                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                 | • Integridad estructural del Pavimento: | • Resistencia a la deformación del pavimento (kg/cm²) |
|                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Pavimento flexible              | • Deformación del pavimento             | • Deformación vertical bajo carga (mm)                |
|                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                 | • Integridad estructural del Pavimento: | • Resistencia a la deformación del pavimento (kg/cm²) |

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO REFERENCIAL**

#### **3.1 Antecedentes**

##### **3.1.1 Antecedentes internacionales**

- a) Bravo, (2023) en su investigación desarrollada en Ecuador denominado “Evaluación del comportamiento estructural del pavimento flexible en la vía Tugaduaia – Engunga del cantón de la provincia de Santa Elena utilizando la viga Benkelman” que tiene como objetivo evaluar el comportamiento estructural actual del pavimento flexible de la carretera Tugaduaia – Engunga por medio del uso de la viga para conocer las deflexiones del pavimento, para tal fin se llevó a cabo un estudio de campo para obtener las mediciones correspondientes, que luego fueron comparadas con los resultados obtenidos a través del programa de diseño DEPAV para identificar diferencias significativas. Los hallazgos indicaron que, según el criterio de Huang, la condición de la vía fue clasificada como tipo II (regular), mientras que el programa DEPAV la clasificó como tipo I (buena). Además, se encontró que los radios de curvatura superaban los valores admisibles según los criterios de diseño establecido. En conclusión, se determinó que la metodología de la viga Benkelman es una herramienta efectiva para evaluar el comportamiento estructural de pavimentos flexibles y rígidos.
  
- b) Roa, (2023) en su investigación desarrollado en Colombia denominado “Análisis de pavimento de la Cuadra. 7 entre av. 26 y av. circunvalar en la ciudad de Neiva bajo el ensayo de deflectometría” en el informe se presentaron los resultados de la deflectometría ejecutada con el haz Benkelman; en una longitud total de aproximadamente 28 kilómetros. El trabajo se realizó con el fin de obtener datos de campo con la viga Benkelman y luego traducirlos a valores reales de milímetros en términos de deflexión y en metros para el radio de curvatura; Estos valores, mediante cálculos definidos por el programa



IMPACO, se ingresa estos datos y el programa los transforma en valores, ya que dicho programa corrige los valores por temperatura, cuando esta es mayor a los 40°C. La auscultación se realizó por apartado, y en las vías fue necesario realizar un doble recorrido; ya que estos cuentan con DOBLE CARRIL y para tener más información se tomó la medición cada 50 metros por cada carril. Se concluye que las estructuras están aptas para realizar obras que tiendan a mejorar las condiciones de las vías, Por otra parte, si se tomara en cuenta el estudio para rehabilitar las carreteras con pavimentación, se debe pensar en un estudio previo de fuentes de materiales que avalen material triturado de  $\frac{3}{4}$ ", ya que con el tipo de material existente, presentaría fallos de pérdida de finos y redundaría en el mismo fallo (Caras Duras), debido a que este no garantizaría adherencia, que es el fallo más recurrente en todas las carreteras ya que es lo que se aprecia en todas las carreteras auscultadas; a la par con el material triturado, se garantizaría seguridad en las carreteras pues con los materiales existentes, estos son susceptibles a accidentes frecuentes, por cuanto este material no ayuda al frenado de los vehículos y mejoraría el confort de los usuarios.

- c) Peláez, (2026) en su investigación desarrollada en Mexico denominado "Análisis de la deformación permanente mediante ensayos multietapa en capas inferiores del pavimento", desarrollada en la Universidad Autónoma de Querétaro (México), tuvo como objetivo analizar el comportamiento de la deformación permanente en los materiales que conforman las capas inferiores del pavimento mediante la implementación de ensayos triaxiales de carga repetida multietapa. La investigación adoptó un enfoque experimental, en el que se caracterizaron los materiales y se diseñaron secuencias de carga que permitieron evaluar su respuesta mecánica sin inducir la falla de las probetas. Como resultado, se demostró que la metodología multietapa reduce significativamente el tiempo de ensayo y permite obtener una evaluación más representativa del comportamiento de los materiales frente a cargas repetidas. Asimismo, se ajustaron modelos matemáticos de deformación permanente que incorporan el historial de carga, evidenciando que las capas inferiores contribuyen de manera importante a la acumulación de deformaciones dentro



de la estructura del pavimento. En conclusión, el estudio reafirma la necesidad de considerar el comportamiento mecánico de todas las capas del pavimento durante el diseño estructural, proporcionando una metodología eficiente para mejorar la predicción del desempeño y la vida útil de los pavimentos sometidos a tránsito continuo. Este antecedente resulta relevante para la presente investigación, debido a que respalda la importancia de evaluar la deformación del pavimento mediante parámetros mecánicos que permitan comprender el comportamiento estructural frente a cargas repetitivas, contribuyendo a una mejor interpretación del desempeño del sistema de pavimentación.

- d) Espinoza y Jintiach, (2022) en su investigación desarrollada en Ecuador denominado “Evaluación de la superficie del pavimento flexible en la vía de conexión entre la Panamericana Norte y la calle Julia Bernal, mediante el análisis de la Viga Benkelman aplicando el método del Retrocálculo”, realizar una evaluación estructural del pavimento flexible en la ciudad de Cuenca, el cual se basa en el cálculo inverso o Retrocálculo; este proceso inicia con la recolección de datos de campo, utilizando la viga Benkelman se realizan las mediciones deflectométricas correspondientes siguiendo el procedimiento indicado en la normativa “Standard test procedure for Benkelman beam deflection measurements”, con los datos obtenidos en el campo se realiza el cálculo del módulo de elasticidad (Esg) y CBR en términos de la subrasante mediante un proceso de simulación numérica. Se optó como zona de estudio la superficie del pavimento flexible de la vía de conexión entre la Panamericana Norte y Calle Julia Bernal. los resultados mostraron que es necesario realizar mantenimiento correctivo, debido a la cantidad de fallas existentes identificadas en la vía. La evaluación estructural utilizando la viga Benkelman facilita conocer la condición de la superficie del pavimento y hacer deducción para su mantenimiento o rehabilitación.
- e) Gallardo y Acosta, (2018) en su investigación desarrollada en Colombia denominado “Análisis del comportamiento de suelos de alta plasticidad estabilizados con cementantes”, tuvieron como objetivo determinar el comportamiento físico y mecánico de un suelo arcilloso de alta plasticidad

antes y después de su estabilización con cal y cemento Portland, con la finalidad de evaluar su aptitud para aplicaciones en infraestructura vial y pavimentos. La metodología correspondió a una investigación experimental de laboratorio, en la que se realizaron ensayos geotécnicos sobre muestras naturales y estabilizadas con diferentes porcentajes de cal (2 %, 3 %, 4 %, 5 % y 6 %) y cemento (2 % hasta 16 %). Se evaluaron parámetros como límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, cohesión, ángulo de fricción interna y resistencia a la compresión inconfiada. Como resultados, se evidenció que la incorporación de cementantes disminuyó significativamente la plasticidad del suelo y mejoró sus propiedades mecánicas, incrementando la resistencia y la estabilidad estructural del material. Los autores concluyeron que la estabilización con cal y cemento constituye una alternativa técnica viable para suelos arcillosos de alta plasticidad destinados a la construcción de estructuras de pavimentos, debido a que reduce la deformabilidad y mejora la capacidad portante del terreno.

### **3.1.2 Antecedentes nacionales**

- a) Miranda, (2025) en su estudio de investigación denominado "Evaluación estructural del pavimento flexible mediante la medición de deflexiones máximas y la calidad en las capas granulares de la vía Juliaca – Caracoto 2025", desarrollada en la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, tuvo como objetivo evaluar la estructura del pavimento flexible mediante la medición de las deflexiones máximas y la calidad de las capas granulares de la vía Juliaca–Caracoto. La investigación presentó un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, nivel explicativo, diseño experimental y método científico. Para la evaluación estructural se empleó la viga Benkelman y se realizaron ensayos de laboratorio para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales granulares, considerando parámetros como granulometría, índice de plasticidad y CBR, contrastándolos con las especificaciones del Manual de Carreteras EG-2013. Los resultados evidenciaron que tanto la subbase como la base granular no cumplieron con los requisitos técnicos establecidos, debido a que la granulometría se encontraba fuera de los rangos permitidos, el índice de plasticidad excedía los valores máximos admisibles y el CBR fue inferior a los



mínimos exigidos. Asimismo, las deflexiones características obtenidas mediante la viga Benkelman superaron las deflexiones admisibles, indicando una insuficiente capacidad estructural del pavimento. El autor concluyó que la vía Juliaca–Caracoto presenta deficiencias tanto en la calidad de las capas granulares como en su comportamiento estructural, comprometiendo el desempeño y la vida útil del pavimento flexible.

- b) Ccarhuas y Choquehuayta, (2025) en su investigación denominado "Evaluación de la condición superficial de pavimentos flexibles mediante métodos de inspección visual para la propuesta de alternativas de solución en vías de la provincia de Melgar 2025", desarrollada en la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, tuvo como objetivo evaluar la condición superficial de pavimentos flexibles mediante métodos de inspección visual para proponer alternativas de solución en las vías de la provincia de Melgar. La investigación fue de enfoque cuantitativo, tipo aplicada, nivel descriptivo, con diseño no experimental y método científico. La muestra estuvo conformada por los tramos correspondientes al Jr. Benavides y Jr. Cahuide, donde se aplicaron los métodos de inspección visual Índice de Condición del Pavimento (PCI) y el Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) para identificar los tipos de deterioro, el grado de severidad y la condición superficial del pavimento. Los resultados evidenciaron que las fallas predominantes fueron la piel de cocodrilo y las fisuras transversales, registrando una severidad alta según el método PCI y una severidad media de acuerdo con el método del MTC. Asimismo, el PCI obtuvo un valor de 40, clasificando el pavimento en condición mala, mientras que el método del MTC registró un índice de 798, correspondiente a una condición regular. En función de estos resultados, se propusieron actividades de rehabilitación y conservación periódica, principalmente mediante parcheo y sellado de fisuras. El autor concluyó que los pavimentos evaluados presentan deterioros que, si bien permiten mantener la transitabilidad, requieren intervenciones de mantenimiento preventivo para evitar el incremento del deterioro y prolongar la vida útil del pavimento.



- c) Cabanillas, (2022) en su investigación titulado “Estudio de las patologías del pavimento rígido aplicando los lineamientos de control del Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Perú” el objetivo de la investigación fue estudiar las patologías del pavimento rígido aplicando los lineamientos de control del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Para dicho estudio se seleccionó una vía de 1,27 km de pavimento de concreto, el cual presentaba niveles de daño considerables. Se estudió el valor de CBR de la sub rasante y sub base del pavimento asimismo de la extracción de núcleos diamantinos para poder determinar la resistencia a la compresión como parte del análisis estructural. después, se elaboró fichas técnicas considerando el manual de mantenimiento o conservación vial, se recopiló la extensión de las patologías en el pavimento para poder determinar las condiciones en que se encuentra el pavimento. Los resultados de dicho estudio a los que se arribo fue que el CBR de la sub rasante y sub base son admisibles, pero la resistencia a la compresión  $f'_c$  de las diamantinas es pobre (promedio 142 kg/cm<sup>2</sup>). Además, se encontraron que las patologías de mayor extensión fueron desprendimiento, fisuras longitudinales y transversales, tratamiento superficial, baches y parchados en el pavimento. A partir de esos hallazgos encontrados se concluye que el pavimento rígido de la vía tiene un estado malo siendo necesario subsanar esos daños sobre todo en la parte media de la vía ya que es zona comercial.
- d) Chung y Silva, (2026) en su investigación “titulado evaluación estructural del pavimento rígido de la calle Corpac, entre la Av. Quiñones y la calle Liberación, mediante esclerometría y su relación con la resistencia a la compresión, en San Juan Bautista – Maynas 2025”, cuyo objetivo fue analizar la condición estructural del pavimento rígido mediante el ensayo de esclerometría y establecer su relación con la resistencia a la compresión del concreto obtenida mediante el método de extracción de núcleos (diamantina). La población estuvo conformada por el pavimento rígido existente en la calle Corpac, mientras que la muestra estuvo constituida por 76 puntos de evaluación, distribuidos uniformemente en ambos lados del pavimento, además de los núcleos de concreto extraídos para los ensayos destructivos. La

investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, con diseño no experimental, descriptivo-correlacional, utilizando como técnicas la evaluación mediante ensayos no destructivos con martillo de Schmidt y ensayos destructivos mediante extracción de diamantinas. La base teórica se sustentó en los principios de la evaluación no destructiva del concreto, la esclerometría y la determinación de la resistencia a la compresión del concreto mediante extracción de núcleos, considerando el análisis estadístico de correlación de Pearson para validar la relación entre ambas metodologías. Los resultados evidenciaron una resistencia promedio de 333,10 kg/cm<sup>2</sup> mediante esclerometría y 320,07 kg/cm<sup>2</sup> mediante el ensayo de diamantina, registrándose una diferencia relativa inferior al 5 % entre ambos métodos. Asimismo, el análisis estadístico determinó un coeficiente de correlación de Pearson de 0,984, lo que evidenció una relación positiva muy fuerte entre las variables evaluadas. Los autores concluyeron que el ensayo de esclerometría constituye un método confiable para evaluar la condición estructural del pavimento rígido, debido a su alta correlación con la resistencia obtenida mediante extracción de núcleos, permitiendo realizar diagnósticos estructurales con rapidez, menor costo y sin ocasionar daños significativos a la infraestructura vial.

- e) Flores Cazorla, (2021) en su investigación titulada “valuación del comportamiento estructural de pavimentos flexibles según suelo de subrasante, carretera Juliaca–Caracoto, Puno 2021”, con el objetivo de determinar la variación del comportamiento estructural de los pavimentos flexibles en función del tipo de suelo de subrasante presente en la carretera Juliaca–Caracoto. La población estuvo conformada por la totalidad del pavimento flexible del tramo vial Juliaca–Caracoto, con una longitud de 9,00 km, mientras que la muestra correspondió al mismo tramo de 9,00 km, seleccionado mediante un muestreo no probabilístico de tipo intencional. La investigación fue de tipo aplicada, de nivel explicativo, con diseño experimental, aplicando el método científico y utilizando como técnicas la observación directa, los resultados evidenciaron que el suelo tipo A-2 presentó deflexiones de  $0,58 \times 10^{-2}$  mm y  $0,54 \times 10^{-2}$  mm, mientras que el suelo tipo A-4 registró una



deflexión de  $0,81 \times 10^{-2}$  mm; asimismo, se determinó una deflexión admisible de  $74 \times 10^{-2}$  mm, una deflexión crítica de  $81 \times 10^{-2}$  mm y una deflexión característica de  $129,15 \times 10^{-2}$  mm. Del total de 60 puntos evaluados, el 98,33 % (59 puntos) cumplió con el radio mínimo de curvatura establecido, mientras que el 1,67 % (1 punto) no cumplió dicho criterio. Además, la evaluación del comportamiento estructural mostró que el 76 % del pavimento presentó un comportamiento bueno, el 16 % un comportamiento regular y el 8 % un comportamiento malo. Se concluyó que la caracterización adecuada del suelo de subrasante y la evaluación estructural mediante la viga Benkelman constituyeron elementos fundamentales para garantizar un diseño estructural confiable del pavimento.

### 3.1.3 Antecedentes locales

- a) Ccarhuas Pérez, (2025) en su investigación denominado “Análisis estructural de pavimentos flexibles sobre subrasantes heterogéneas en la carretera Abancay – Andahuaylas, Apurímac, 2024, desarrollada en la Universidad Tecnológica de los Andes, tuvo como objetivo analizar el comportamiento estructural de los pavimentos flexibles construidos sobre subrasantes heterogéneas, determinando la influencia de las propiedades geotécnicas del suelo en el desempeño de la estructura del pavimento. La investigación se desarrolló mediante un enfoque cuantitativo, con diseño no experimental de carácter descriptivo y analítico, empleando como metodología la ejecución de trabajos de campo mediante calicatas, extracción de muestras representativas y ensayos de laboratorio para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, tales como granulometría, límites de consistencia e índice de capacidad portante (CBR). Asimismo, se realizaron evaluaciones estructurales mediante ensayos de deflectometría en diferentes sectores de la carretera para analizar la respuesta del pavimento frente a cargas dinámicas, los resultados evidenciaron que la variabilidad geotécnica de la subrasante ocasionó diferencias significativas en el comportamiento estructural del pavimento, observándose mayores deflexiones y menores valores de capacidad portante en los sectores donde predominaban materiales de baja resistencia. Estas condiciones favorecieron la aparición de deformaciones estructurales y



aceleraron el deterioro funcional del pavimento, identificándose zonas críticas que requieren intervenciones mediante técnicas de estabilización de suelos y refuerzo de las capas estructurales. El autor concluyó que el comportamiento estructural de los pavimentos flexibles depende directamente de las características geotécnicas de la subrasante, por lo que una adecuada caracterización del suelo constituye un elemento fundamental para el diseño, evaluación y conservación de la infraestructura vial. En ese sentido, este antecedente aporta un sustento técnico importante para la presente investigación, debido a que demuestra la relación existente entre las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de subrasante y el comportamiento estructural del pavimento, fortaleciendo el análisis de la interacción suelo-pavimento mediante indicadores como la capacidad portante (CBR), la deformación bajo carga y la respuesta estructural frente al tránsito vehicular.

- b) Guzman, (2021) en su investigación denominado “Comportamiento estructural de pavimento asfáltico en zonas de pendiente mediante la deflectometría calles del distrito Abancay Apurímac, 2021” cuyo objetivo fue determinar la variación del comportamiento estructural del pavimento asfáltico en zonas de pendiente en el Jr. David Samanes Ocampo, Abancay-Apurímac, 2021. Para ello, se realizó el método cuantitativo de tipo aplicada, nivel explicativo y el diseño fue cuasi experimental, para la investigación se utilizó la deflectometría con el equipo denominado viga Benkelman. los resultados mostraron una deflexión promedio que varía desde  $82.42 \times 10^{-2}$  mm hasta un  $101.44 \times 10^{-2}$  mm, y una deflexión característica fluctúan entre el rango de  $130.48 \times 10^{-2}$  mm hasta  $137.14 \times 10^{-2}$  mm. A partir de dichos hallazgos se arribó a la conclusión de que el 87 % de la subrasante está en buenas condiciones, mientras que el 13 % está en malas condiciones. En cuanto al pavimento, el 41 % está en buen estado y el 59 % en mal estado. Respecto a la calidad estructural se detectó que el 41 % se encuentra en buenas condiciones, el 1% en condición regular, el 46 % en estados regulares o malas, y el 12 % en mal estado.



- c) Moscoso y Marcos, (2025) en su investigación denominado “Análisis de energía de compactación en conformación de bases para pavimento rígido urbano en el distrito de Challhuahuacho, Apurímac”, desarrollada para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Continental, tuvieron como objetivo analizar el efecto de la energía de compactación en la conformación de bases para pavimento rígido urbano. La investigación presentó un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, nivel correlacional y diseño cuasi experimental. Para el desarrollo del estudio se realizaron ensayos de laboratorio (Proctor Modificado, granulometría, límites de Atterberg y CBR) y ensayos de campo mediante el método del cono de arena, evaluando diferentes frecuencias de vibración del rodillo compactador y tasas de impacto del apisonador manual. Los resultados demostraron que el incremento de la energía de compactación produjo mayores valores de densidad seca y grado de compactación, alcanzándose un grado de compactación de hasta 99.97% con una frecuencia de vibración de 1830 vpm. Los autores concluyeron que la energía de compactación influye significativamente en la capacidad portante de la base granular, siendo indispensable controlar parámetros como la frecuencia de vibración, el número de pasadas y el contenido de humedad para garantizar el adecuado desempeño estructural del pavimento rígido. Este antecedente resulta relevante para la presente investigación, debido a que evidencia que las propiedades geotécnicas del suelo y el proceso de compactación condicionan el comportamiento estructural del pavimento; sin embargo, a diferencia del presente estudio, su investigación se desarrolló sobre materiales granulares para bases de pavimento y no evaluó el efecto de los suelos arcillosos de alta plasticidad sobre las deformaciones del pavimento rígido.

### **3.2 Marco teórico**

#### **3.2.1 Suelos arcillosos de alta plasticidad**

Para Vallejo, (2023) los suelos arcillosos de alta plasticidad son suelos finos caracterizados por un elevado índice de plasticidad, alta cohesión y comportamiento altamente dependiente del contenido de humedad. Presentan expansión y contracción volumétrica significativa, lo que genera problemas de



estabilidad. Estas características influyen negativamente en su capacidad portante y deformabilidad, especialmente cuando se emplean como subrasante en pavimentos y cimentaciones.

### 3.2.2 Propiedades mecánicas del suelo

Crespo Villalaz, (2024) los suelos están compuestos por minerales de la corteza terrestre, que incluyen elementos químicos inorgánicos y, en suelos orgánicos, también compuestos orgánicos como el carbón. Los minerales y los suelos son sólidos, excepto el mercurio, que es líquido a temperaturas cercanas.

A continuación, una breve definición sobre las fases del suelo:

La fase sólida está compuesta por partículas minerales, también llamada matriz del suelo.

La fase líquida es principalmente agua dulce, pero puede incluir otros líquidos como petróleo o agua salada.

La fase gaseosa incluye aire y otros gases como vapores sulfurosos, dióxido de carbono y metano. El agua adsorbida, con propiedades entre sólido y líquido, se considera parte de la fase líquida, ya que puede evaporarse con el secado.

- **Minerales constitutivos de las arcillas**

Las arcillas son un subgrupo importante de los silicatos, caracterizado por su estructura laminar y carga eléctrica negativa. Se forman principalmente a partir de la ruptura química de minerales en rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas. Las arcillas tienen propiedades distintas a los suelos granulares debido a su estructura cristalina y mineralógica, lo que influye en su comportamiento mecánico, plasticidad al mezclarse con agua y alta resistencia a la meteorización. Están compuestas mayoritariamente por silicatos de aluminio hidratados, y en ocasiones contienen silicatos de magnesio, hierro u otros metales, cuyos átomos se disponen en láminas.

- **Físico-química de las arcillas**

En los suelos arcillosos, las fuerzas electromagnéticas predominan sobre las gravitacionales, facilitando el intercambio catiónico e iónico y afectando su comportamiento mecánico e hidráulico. Esto se debe a la alta relación área-volumen de las partículas de arcilla. La montmorillonita, por ejemplo, tiene una superficie específica de hasta 840 m<sup>2</sup>/g cuando su estructura se expande.

### 3.2.2.1 Contenido de humedad

El contenido de humedad es la relación porcentual entre la masa de agua presente en un suelo y la masa de sus partículas sólidas, y constituye un parámetro fundamental para evaluar su comportamiento mecánico. Este valor influye directamente en la resistencia, deformabilidad y compresibilidad del suelo, siendo determinante en el análisis y diseño geotécnico MTC, (2023).

### 3.2.2.2 Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg son parámetros que definen los estados de consistencia del suelo fino en función de su contenido de humedad, comprendiendo el límite líquido, límite plástico y límite de contracción. Estos límites permiten clasificar los suelos y evaluar su plasticidad y comportamiento volumétrico, siendo esenciales en estudios geotécnicos y de pavimentos Crespo Villalaz, (2024).

Originalmente, estos límites incluían:

- **Límite superior de flujo viscoso:** Punto en el que el suelo se comporta como un fluido viscoso.
- **Límite líquido:** Punto en el que el suelo pasa de un estado plástico a un estado líquido.
- **Límite pegajoso:** Punto en el que el suelo se adhiere a los dedos.

- **Límite de cohesión:** Punto en el que el suelo pierde su cohesión y se desmorona.
- **Límite plástico:** Punto en el que el suelo pasa de un estado semisólido a un estado plástico.
- **Límite de contracción:** Punto en el que el suelo deja de contraerse al secarse. Con el tiempo, la terminología y el enfoque han evolucionado. En la ingeniería actual, el término "límites de Atterberg" se utiliza principalmente para referirse a tres parámetros específicos:
- **Límite líquido (LL):** La cantidad de agua necesaria para que el suelo se torne en una pasta que fluye bajo una ranura estándar.
- **Límite plástico (LP):** La cantidad de agua necesaria para que el suelo se moldee en un rodillo de 3 mm de diámetro sin romperse.
- **Límite de contracción (LC):** La cantidad de agua en la que el suelo deja de contraerse al secarse y comienza a agrietarse.

### 3.2.2.3 Granulometría

El análisis granulométrico consiste en calcular el porcentaje de diferentes tamaños de partículas presentes en un suelo. Para determinar la composición granulométrica de un suelo específico, se emplean diversos métodos para clasificar las partículas gruesas según su tamaño. El tamizado es el método más común y rápido para esto, pero a medida que las partículas se vuelven más finas, el tamizado se vuelve más complicado. Por lo tanto, en esos casos, es necesario utilizar métodos de sedimentación Crespo Villalaz (2004).

### **3.2.3 Densidad del suelo**

La densidad del suelo se define como la relación entre la masa del suelo y el volumen que ocupa, incluyendo o excluyendo los vacíos según el tipo de densidad considerada. Este parámetro es fundamental para evaluar el grado de compactación, la capacidad portante y el comportamiento mecánico del suelo en obras geotécnicas y de pavimentos Jiménez Salas, (2023).

#### **3.2.3.1 Densidad máxima seca**

La densidad máxima seca corresponde al valor máximo de densidad del suelo en estado seco que se obtiene mediante un proceso de compactación controlada, asociado a un contenido de humedad óptimo y a una energía de compactación definida. Este parámetro es esencial para el control de compactación y el diseño de subrasantes y rellenos en ingeniería civil González de Vallejo, (2023).

### **3.2.4 Contenido óptimo de humedad**

Se refiere al nivel de humedad en el suelo o material de base que proporciona la mejor compactación y estabilidad para la construcción y mantenimiento de carreteras MTC, (2023).

#### **3.2.4.1 Humedad optima**

La humedad óptima permite mejorar la capacidad portante, reducir asentamientos y garantizar un comportamiento más estable de la subrasante, siendo especialmente relevante en suelos arcillosos de alta plasticidad utilizados en proyectos de pavimentación Rondón y Reyes (2022).

### **3.2.5 Propiedades mecánicas de los suelos**

Las propiedades mecánicas del suelo corresponden al conjunto de parámetros que describen su capacidad para resistir, deformarse y transmitir las cargas aplicadas por estructuras o vehículos, siendo fundamentales para el análisis geotécnico y el diseño de pavimentos. Entre ellas, el California Bearing Ratio (CBR) constituye uno de los indicadores más utilizados para evaluar la



capacidad de soporte de la subrasante, al expresar la resistencia del suelo a la penetración bajo condiciones normalizadas de carga y humedad. Este parámetro permite estimar el comportamiento mecánico del terreno frente a las sollicitaciones repetitivas del tránsito y sirve como base para determinar el espesor estructural requerido de los pavimentos. Valores elevados de CBR representan una mayor capacidad portante y una menor susceptibilidad a deformaciones, mientras que valores reducidos evidencian suelos de baja resistencia que requieren procesos de estabilización o mejoramiento para garantizar un desempeño adecuado. En consecuencia, la determinación del CBR constituye un criterio técnico indispensable en el diseño de pavimentos rígidos y flexibles, ya que influye directamente en la distribución de esfuerzos, la durabilidad de la estructura y el nivel de servicio de la infraestructura vial Fonseca, (2002).

#### **3.2.5.1 Coeficiente de soporte CBR**

Describe el proceso de ensayo utilizado para calcular un índice de resistencia de suelos conocido como California Bearing Ratio (CBR). Este procedimiento implica específicamente la preparación de muestras de suelo en condiciones específicas de humedad y densidad en el laboratorio. Sin embargo, también es factible llevar a cabo el ensayo de manera similar utilizando muestras intactas tomadas directamente del terreno MTC, (2023).

#### **3.2.5.2 Índice CBR**

El término “índice CBR” se refiere al porcentaje de la presión aplicada por un pistón sobre el suelo, para una penetración específica, comparado con la presión equivalente en una muestra estándar para esa misma penetración Graux, (1975).

#### **3.2.6 Pavimento rígido**

Los pavimentos rígidos constituyen una alternativa estructural ampliamente utilizada en infraestructura vial debido a su elevada capacidad para distribuir las cargas vehiculares sobre la subrasante mediante la acción de las losas de

concreto hidráulico. Esta característica les permite reducir las deformaciones transmitidas al suelo de fundación, incluso cuando este presenta una baja capacidad portante, como ocurre en los suelos arcillosos de alta plasticidad. Su comportamiento estructural se caracteriza por una mayor rigidez, resistencia a las cargas repetitivas y estabilidad frente a las variaciones de humedad, lo que contribuye a prolongar la vida útil del pavimento y disminuir la frecuencia de intervenciones de mantenimiento. No obstante, su adecuado desempeño depende de un diseño estructural apropiado, una correcta preparación de la subrasante y el cumplimiento de las especificaciones técnicas durante el proceso constructivo, garantizando así un funcionamiento eficiente y sostenible de la infraestructura vial Rondón y Reyes (2022).

### **3.2.7 Pavimento flexible**

Las estructuras de pavimento flexible son viales formadas por una capa asfáltica que descansa sobre capas de menor rigidez hechas de materiales granulares no tratados o ligados (base, subbase, afirmado y, en algunos casos, subrasante mejorada o material de conformación). Estas capas, a su vez, están soportadas por el terreno natural o subrasante. Los esfuerzos causados por el tráfico vehicular se distribuyen a través de cada capa, de modo que, al llegar a la subrasante, el suelo debe tener suficiente resistencia mecánica para soportar estos esfuerzos sin deformarse, evitando así el deterioro funcional o estructural de la vía. Además, cada capa debe ser resistente a las condiciones ambientales. La capa asfáltica en un pavimento flexible incluye la carpeta de rodadura, la base intermedia y la base asfáltica; sin embargo, puede consistir solo en la capa de rodadura cuando el tráfico es bajo Quintana (2022).

Las principales funciones de la capa asfáltica son las siguientes:

#### **a) Estructural**

Esta capa debe ser diseñada y construida para resistir la fatiga y la acumulación de deformaciones permanentes causadas por las cargas vehiculares repetitivas. Además, debe soportar los efectos del clima.



### **b) Funcional**

Esta capa recibe directamente las cargas del tráfico, por lo que debe ser diseñada y construida para asegurar una circulación cómoda y segura de los vehículos durante toda su vida útil (serviciabilidad).

### **c) Impermeabilización**

Esta capa evita que el agua penetre directamente en las capas inferiores, lo que ayuda a mantener la resistencia al corte de las capas granulares de base y subbase, así como de la subrasante, al evitar el aumento de saturación de sus materiales.

Cada capa de la carpeta asfáltica está formada por mezclas asfálticas, compuestas de materiales granulares seleccionados (agregado pétreo) unidos con un material asfáltico. Estas mezclas incluyen agregados pétreos con diferentes granulometrías y requisitos mínimos de calidad. Además, varían en función de su papel en la estructura del pavimento y el tipo de material asfáltico o ligante que utilizan.

El perfil típico de una estructura de pavimento flexible es la siguiente:

- Capa de rodadura (3 cm – 10 cm)
- Base intermedia + base asfáltica (10 cm – 25 cm)
- Base granular (12 cm – 50 cm)
- Subrasante mejorada (20 cm – 60 cm). Para afirmados y terraplenes, el espesor es variable
- Subrasante o terreno natural.

### **d) Superficie**

La superficie del pavimento flexible es la capa superior, generalmente constituida por mezcla asfáltica, que está en contacto directo con el tránsito vehicular. Su función principal es proporcionar una superficie de rodadura segura, resistente al desgaste, impermeable y con adecuada adherencia neumático–pavimento, además de proteger las capas inferiores frente a la acción del agua y las cargas de tráfico MTC, (2018).

**e) Base**

La base granular es una parte esencial de la estructura del pavimento, situada debajo de la superficie de asfalto en pavimentos flexibles, del concreto en los pavimentos rígidos, y de una capa estabilizada con cemento en los pavimentos semirrígidos. Se compone de materiales granulares sin tratar que se coloque sobre la subbase. En ocasiones, puede construirse directamente sobre la subrasante si esta última tiene un buen comportamiento mecánico. Su función principal en pavimentos flexibles es distribuir las cargas del tráfico hacia las capas inferiores adecuadamente, además de facilitar el drenaje y los procesos constructivos. En pavimentos rígidos, su función principal es prevenir el fenómeno de bombeo. El espesor compacto de esta capa varía entre 10 y 30 cm en pavimentos flexibles y entre 10 y 25 cm en pavimentos rígidos Rondón y Reyes, (2022).

**f) Granulometría**

La granulometría en pavimentos flexibles corresponde a la distribución de tamaños de las partículas de los agregados que conforman las capas granulares y la mezcla asfáltica. Una granulometría adecuada permite lograr estabilidad, resistencia mecánica y buena compactación, además de asegurar un correcto contenido de vacíos y una adecuada adherencia con el ligante asfáltico. Su correcta selección es fundamental para garantizar la durabilidad y el desempeño estructural del pavimento bajo cargas de tránsito MTC, (2018).



**Tabla 2 — Requerimientos granulométricos para base granular de pavimentos**

| Tamiz                                 | Porcentaje que pasa en peso |             |             |             |
|---------------------------------------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|
|                                       | Gradación A                 | Gradación B | Gradación C | Gradación D |
| 50 mm. (2")                           | 100                         | 100         | -           | -           |
| 25 mm. (1")                           | -                           | 75-95       | 100         | 100         |
| 9,5 mm. (3 / 8 ")                     | 30-65                       | 40-75       | 50-85       | 60-100      |
| 4,75 mm. (N.º 4)                      | 25-55                       | 30-60       | 35-65       | 50-85       |
| 2,0 mm. (N.º 10)                      | 15-40                       | 20-45       | 25-50       | 40-70       |
| 425 µm. (N.º 40)                      | 8-20                        | 15-30       | 15-30       | 25-45       |
| 75 µm. (N.º 200)                      | 2-8                         | 5-15        | 5-15        | 8-15        |
| NOTA                                  |                             |             |             |             |
| Tabla 403-01(MTC-2013) / ASTM D 1241. |                             |             |             |             |

**g) Agregado grueso**

Se denominará así a los materiales retenidos en la malla N° 4, que podrán provenir de fuentes naturales, procesados o combinación de ambos, el cual, deberá cumplir con las siguientes características MTC, (2023).

**Tabla 3 — Requerimiento de agregado grueso para base granular de pavimento flexible**

| Ensayo                                 | Norma MTC | Norma ASTM | Norma AASHTO | Requerimientos Altitud |              |
|----------------------------------------|-----------|------------|--------------|------------------------|--------------|
|                                        |           |            |              | < 3.000 msnm           | ≥ 3.000 msnm |
| Partículas con una cara fracturada     | MTC E 210 | D 5821     |              | 80% mín.               | 80% mín.     |
| Partículas con dos caras fracturadas   | MTC E 210 | D 5821     |              | 40% mín.               | 50% mín.     |
| Abrasión Los Ángeles M                 | MTC E 207 | C 131      | T 96         | 40% máx.               | 40% máx.     |
| Partículas chatas y alargadas (1)      |           | D 4791     |              | 15% máx.               | 15% máx.     |
| Sales solubles totales                 | MTC E 219 | D 1888     |              | 0,5% máx.              | 0,5% máx.    |
| Durabilidad al sulfato de magnesio     | MTC E 209 | C 88       | T 104        |                        | 18% máx.     |
| NOTA                                   |           |            |              |                        |              |
| Tabla 403-03 (MTC-2013) / ASTM D 1241. |           |            |              |                        |              |

**h) Agregado fino**

Se denominará así a los materiales que pasen la malla N° 4, que podrán provenir de fuentes naturales, procesados o combinación de ambos, el cual, deberá cumplir con las siguientes características MTC, (2023).

**Tabla 4 — Requerimientos para agregado fino para base granular de pavimento rígido y flexible**

| Ensayo                                | Norma     | Requerimientos Altitud |             |
|---------------------------------------|-----------|------------------------|-------------|
|                                       |           | <3.000 msnm            | ≥3.000 msnm |
| Índice plástico                       | MTC E 111 | 4% máx.                | 2% mín.     |
| Equivalente de arena                  | MTC E 114 | 35% mín.               | 45% mín.    |
| Sales solubles                        | MTC E 219 | 0,5% máx.              | 0,5% máx.   |
| Durabilidad al sulfato de magnesio    | MTC E 209 | ----                   | 15%         |
| NOTA                                  |           |                        |             |
| Tabla 403-04(MTC-2013) / ASTM D 1241. |           |                        |             |

**i) Sub base**

La subbase de una carretera es la capa de material que se encuentra debajo de la base del pavimento y por encima del suelo la rasante o subsuelo. Esta capa proporciona un soporte estructural adicional al pavimento y ayuda a distribuir la carga del tráfico de manera uniforme. La capa base suele estar formada por materiales granulares como grava, piedra tritura o materiales reciclados, y su espesor puede variar según las condiciones del suelo y los requisitos de diseño de la carretera Rondón y Reyes, (2022).

**j) Granulometría**

Los materiales para la sub base granular de pavimentos deberá cumplir la siguiente tabla en mención según el manual de ensayos de materiales del ministerio de transporte y comunicación MTC, (2023).

**Tabla 5 — Requerimiento granulométrico para subbase granular de pavimento rígido y flexible**

| Tamiz                                  | Porcentaje que pasa en peso |             |             |             |
|----------------------------------------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|
|                                        | Gradación A                 | Gradación B | Gradación C | Gradación D |
| 50 mm. (2")                            | 100                         | 100         | -           | -           |
| 25 mm. (1")                            | -                           | 75-95       | 100         | 100         |
| 9,5 mm. (3 / 8 ")                      | 30-65                       | 40-75       | 50-85       | 60-100      |
| 4,75 mm. (N.º 4)                       | 25-55                       | 30-60       | 35-65       | 50-85       |
| 2,0 mm. (N.º 10)                       | 15-40                       | 20-45       | 25-50       | 40-70       |
| 425 µm. (N.º 40)                       | 8-20                        | 15-30       | 15-30       | 25-45       |
| 75 µm. (N.º 200)                       | 2-8                         | 5-15        | 5-15        | 8-15        |
| NOTA                                   |                             |             |             |             |
| Tabla 402-01 (MTC-2013) / ASTM D 1241. |                             |             |             |             |

**k) Requerimiento de calidad**

Asimismo, el material debe satisfacer los estándares de calidad establecidos, tal como se detalla en la tabla que sigue.

**Tabla 6 — Requerimiento de ensayos granulométrico para subbase granular de pavimento rígido y flexible**

| Ensayo                                | Norma MTC | Norma ASTM | Norma AASHTO | Requerimientos Altitud |              |
|---------------------------------------|-----------|------------|--------------|------------------------|--------------|
|                                       |           |            |              | < 3.000 msnm           | ≥ 3.000 msnm |
| Partículas con una cara fracturada    | MTC E 210 | D 5821     |              | 80% mín.               | 80% mín.     |
| Partículas con dos caras fracturadas  | MTC E 210 | D 5821     |              | 40% mín.               | 50% mín.     |
| Abrasión Los Ángeles M                | MTC E 207 | C 131      | T 96         | 40% máx.               | 40% máx.     |
| Partículas chatas y alargadas (1)     |           | D 4791     |              | 15% máx.               | 15% máx.     |
| Sales solubles totales                | MTC E 219 | D 1888     |              | 0,5% máx.              | 0,5% máx.    |
| Durabilidad al sulfato de magnesio    | MTC E 209 | C 88       | T 104        |                        | 18% máx.     |
| NOTA                                  |           |            |              |                        |              |
| Tabla 402-02(MTC-2013) / ASTM D 1241. |           |            |              |                        |              |

### **3.2.8 Integridad estructural del Pavimento**

La integridad estructural del pavimento constituye un aspecto fundamental en el desempeño de la infraestructura vial, ya que refleja la capacidad de la estructura para soportar de manera eficiente las cargas vehiculares y las acciones ambientales durante el período de diseño sin que se produzcan deterioros que comprometan su funcionamiento. Esta condición depende del comportamiento conjunto de cada una de las capas que conforman el pavimento, desde la subrasante hasta la superficie de rodadura, las cuales deben actuar de forma integrada para distribuir adecuadamente los esfuerzos y preservar la estabilidad estructural Menéndez, (2009).

#### **3.2.8.1 Resistencia a la deformación del pavimento**

constituye una de las propiedades fundamentales que determinan el comportamiento mecánico de un pavimento frente a las cargas repetitivas del tránsito y a las condiciones ambientales a las que está expuesto durante su vida útil. Esta propiedad expresa la capacidad de la estructura del pavimento para conservar su geometría y estabilidad, limitando la aparición de deformaciones permanentes que comprometan su funcionalidad, seguridad y durabilidad AASHTO, (2016).

### **3.2.9 Condición superficial del pavimento**

La condición superficial del pavimento constituye uno de los principales indicadores para evaluar el estado funcional de una infraestructura vial, ya que permite identificar el nivel de deterioro que presenta la superficie de rodadura como consecuencia de la acción repetitiva de las cargas vehiculares, las condiciones ambientales y el comportamiento mecánico de la subrasante. Su evaluación proporciona información relevante sobre el grado de servicio del pavimento y facilita la toma de decisiones relacionadas con las actividades de conservación, mantenimiento y rehabilitación Fonseca, (2002).

### **3.2.9.1 Indicador de la irregularidad de la superficie del pavimento**

La irregularidad de la superficie del pavimento es un indicador que permite evaluar el estado funcional de la superficie de rodadura mediante la identificación de las discontinuidades o alteraciones que afectan la uniformidad del pavimento. Estas irregularidades se manifiestan en forma de fisuras, baches, desprendimientos, escalonamientos, deformaciones, desgaste superficial y otras patologías que disminuyen la calidad del servicio, la comodidad del usuario y la seguridad vial Quintana, (2022).

Los pavimentos para carreteras y vías urbanas son estructuras compuestas por múltiples capas, es decir, consisten en una serie de capas superpuestas, relativamente horizontales, formadas por materiales seleccionados. Estas estructuras están diseñadas para soportar las cargas del tráfico y las condiciones ambientales (función estructural). Además, deben estar diseñadas para proporcionar un paso cómodo, seguro y confortable al flujo de vehículos durante un periodo determinado (objetivo funcional). Las cargas dinámicas de los vehículos que circulan sobre estas estructuras generan esfuerzos cíclicos y deformaciones verticales, horizontales y de corte en las interfaces de las capas. El pavimento se apoya sobre una subrasante natural o una plataforma, que puede ser una subrasante mejorada, estabilizada, o un terraplén, conocido como capa de conformación Quintana, (2022).

### **3.2.10 Pavimento**

El pavimento es el conjunto de elementos que garantizan la estabilidad estructural de una superficie de rodadura. Según el tipo de pavimento, este incluye una capa superior de rodadura y capas inferiores mayoritariamente granulares llamadas base y subbase. Estas capas, en conjunto, soportan las cargas verticales y los ciclos de carga y descarga provocadas por el tráfico, interactuando también con los efectos climáticos. De acuerdo a su comportamiento mecánico, los pavimentos se clasifican en rígidos, flexibles y



semiflexibles. Según su material, se divide en pavimentos de tierra, ripio, hormigón, asfalto y adoquines Hernán, (2019).

- a) **Tierra:** la superficie de rodamiento está hecha de tierra, a veces mezclada con arcilla. Se consideran generalmente como sin pavimentar. Se usan principalmente en caminos secundarios donde las velocidades no superan los 40 o 150 km/h.
- b) **Ripio:** la superficie de rodamiento está cubierta por agregados de piedra y granulometrías variadas. A veces, se coloca una capa superior de material más fino y compactado para mejorar la calidad. La superficie de grava proporciona más estabilidad que la de tierra y también se considera no pavimentada. Se usa principalmente en caminos secundarios donde las velocidades no superan los 50 o 60 km/h.
- c) **Hormigón:** se trata de un pavimento rígido cuya capa superior está compuesta por una losa de concreto, mientras que las capas inferiores están hechas de material granular. Los pavimentos de concreto se clasifican según su diseño en JPCP: concreto sin refuerzo con juntas, con o sin barras de transferencia de carga; JRCP: concreto reforzado con juntas y barras de transferencia; y CRCP: concretos continuamente reforzados. Su comportamiento estructural es el de una estructura rígida que disminuye las tensiones en las capas inferiores del pavimento, por lo que se le llama pavimento rígido. La rigidez es proporcionada principalmente por la pérdida de concreto. Se utilizan en diversos tipos de caminos, especialmente en aquellos donde se requiere.
- d) **Asfálticos:** son pavimentos que cuentan con una capa superior de concreto asfáltico o tratamientos superficiales variados. Las capas inferiores de base y subbase suelen ser granulares o tratadas, mejorando desde la capa más cercana al terreno natural hasta la superficie. Debido a su mecanismo de transferencia de tensiones mediante deformación, se les denomina

pavimentos flexibles. Se utilizan en diversos caminos, especialmente donde se requieren velocidades superiores a 60 km/h.

- e) **Mixto o compuesto:** es aquel cuya estructura superior combina una capa de asfalto con una de hormigón en la parte superior (conocido como White Topping), o viceversa, donde una capa de hormigón (base rígida) se sitúa debajo de una capa de asfalto. Este último tipo es el más común y se utiliza en la rehabilitación conocida como recapado asfáltico o Black Topping. Se emplea en diversos caminos, especialmente en aquellos que requieren.
- f) **Adoquines:** se trata de un pavimento cuya capa de rodadura está compuesta por piezas, generalmente rectangulares, fabricadas de cemento o piedra, dispuestas de manera que favorezcan su entrelazado mecánico. En la capa inferior se emplea material granular, al igual que en los pavimentos asfálticos o de concreto. Debido a su comportamiento mecánico, se les denomina pavimentos semiflexibles. Se utilizan principalmente en vías urbanas para velocidades de circulación inferiores a los 60 km/h.

### 3.3 Marco conceptual

#### a) Contenido de humedad

el contenido de humedad: relación entre la masa de agua presente en una muestra de suelo y la masa de sus partículas sólidas, expresada generalmente como porcentaje, que permite evaluar su estado y comportamiento Braja, (2015)..

#### b) Contenido óptimo de humedad

Es la cantidad de agua que permite alcanzar la máxima densidad seca de un suelo durante la compactación, bajo una energía determinada González, (2023).

#### c) Deformación de pavimentos

Es el cambio permanente o temporal en la forma, nivel o estructura del pavimento debido a cargas vehiculares, condiciones ambientales y características mecánicas de sus materiales y suelo de fundación.



**d) Índice de plasticidad**

El índice de plasticidad permite clasificar bien un suelo dependiendo en contenido de arcilla en la misma, teniendo en cuenta teniendo un índice de plasticidad alto (IP) corresponde a un suelo muy arcilloso; por el contrario, un IP bajo es característico de un suelo con poca presencia de arcilla González, (2023).

**e) Integridad estructural del pavimento**

Capacidad del sistema estructural para soportar y distribuir adecuadamente las cargas del tránsito, manteniendo su resistencia, estabilidad y funcionalidad frente a esfuerzos repetitivos, deformaciones y condiciones ambientales, sin presentar deterioros que comprometan significativamente su desempeño durante su vida útil Berry y Reid (2003) .

**f) Interacción suelo pavimento**

La interacción suelo-pavimento se refiere a cómo diferentes tipos de suelos afectan el comportamiento y la durabilidad de los pavimentos, como carreteras (pavimentos flexibles), calles (pavimentos rígidos) y aceras. Los suelos pueden variar en su composición y propiedades mecánicas, desde la presencia de arcilla arena suelta de baja o nula consolidación. Estas diferencias afectan cómo el suelo hasta reacciona bajo cargas y cambios en su estructura y deformación Braja, (2015).

**g) Límite líquido**

Se define como el contenido de humedad de un suelo en el punto en el que comienza a comportarse como un líquido viscoso en condiciones de carga mínima. En otras palabras, es el contenido de humedad mínimo necesario para que el suelo se vuelva plástico y comience a fluir cuando se somete a una fuerza mínima Crespo Villalaz, (2024).

**h) Límite plástico**

El límite plástico se refiere al nivel de humedad de una masa de suelo que, al disminuir, cambia su consistencia de plástica a semisólida Crespo Villalaz, (2024).



**i) Límites de Atterberg**

Son parámetros que determinan los cambios de consistencia de un suelo fino según su contenido de humedad, identificando los límites líquidos, plástico y de contracción, así como su plasticidad Medrano, (2008) .

**j) Pavimento flexible**

El pavimento flexible está compuesto por una carpeta asfáltica y capas de base, subbase y subrasante, que distribuyen progresivamente las cargas vehiculares. Su comportamiento depende de la capacidad portante del suelo, las propiedades de los materiales, el tránsito y las condiciones ambientales, controlando deformaciones y fisuras David, (2014).

**k) Pavimento rígido**

El pavimento rígido está constituido por una losa de concreto hidráulico que distribuye las cargas vehiculares hacia la subrasante mediante su elevada rigidez y resistencia a la flexión. Su estructura reduce las deformaciones y proporciona estabilidad, considerando las características del suelo, drenaje, tránsito y condiciones ambientales Trujillo, (2023).

**l) Plasticidad**

La plasticidad es la propiedad que permite a un suelo fino deformarse sin romperse ante cambios de humedad y cargas, siendo el índice de plasticidad un parámetro fundamental para evaluar su comportamiento y estabilidad como subrasante Villalobos, (2016).

**m) Propiedades físicas del suelo**

físicas del suelo: características que permiten identificar y describir la composición, estructura y estado físico de un suelo, determinando su comportamiento frente al agua, compactación y condiciones de servicio Crespo Villalaz, (2024).



**n) Propiedades mecánicas del suelo**

las propiedades mecánicas del suelo determinan su capacidad para resistir cargas y deformaciones, incluyendo resistencia al corte, capacidad portante, compresibilidad, deformabilidad y comportamiento ante esfuerzos aplicados Medrano, (2008) .

**o) Suelo arcilloso de alta plasticidad**

Según la clasificación AASHTO, los suelos arcillosos de alta plasticidad corresponden generalmente al grupo A-7, caracterizado por materiales finos con elevado Las propiedades índices de plasticidad, baja capacidad de soporte y comportamiento susceptible a cambios volumétricos ante variaciones en su contenido de humedad IECA, (2018) .



## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA**

#### **4.1 Tipo y nivel de investigación**

##### **4.1.1 Tipo de investigación**

Aplicada: Hernández y Baptista, (2024) la investigación aplicada es un tipo de estudio orientado a la solución de problemas concretos de la realidad, mediante la aplicación práctica del conocimiento científico. Su finalidad principal es generar resultados útiles y directamente utilizables en contextos específicos, más que ampliar teorías generales.

La presente investigación es de tipo aplicada ya que se enfocó en resolver problemas prácticos y encontrar soluciones en base al conocimiento científico en el ámbito de la ingeniería.

Para la variable independiente suelo arcilloso de alta plasticidad y la variable dependiente pavimento rígido y flexible son de tipo de investigación aplicada debido a que la obtención de datos se realiza mediante la observación y descripción de los procesos obtenidos intervenido mediante pruebas de laboratorio mediante el cual se obtuvo resultados en base a conocimiento científico ya establecido.

##### **4.1.2 Nivel de investigación**

Descriptivo: Hernández y Baptista, (2024) La investigación de nivel descriptivo constituye una metodología adecuada cuando el propósito es conocer y caracterizar objetivamente el comportamiento de una variable dentro de un contexto determinado, sin modificar las condiciones en las que esta se desarrolla. Este enfoque permite recopilar y analizar información de manera sistemática para identificar las características, niveles o condiciones que presenta el fenómeno de estudio en un momento específico. En ese sentido, la investigación



descriptiva proporciona una base sólida para elaborar un diagnóstico confiable de la realidad, facilitando la interpretación de los resultados y la formulación de recomendaciones sustentadas en evidencia científica. Su aplicación resulta especialmente pertinente cuando se busca generar información objetiva que contribuya a la comprensión de una problemática y sirva de apoyo para la toma de decisiones o el desarrollo de investigaciones posteriores.

## 4.2 Diseño de la investigación

**Diseño experimental:** Hernández y Baptista, (2024) es el método o técnica de investigación más refinado para recabar datos y verificar hipótesis. Donde el investigador controla una o más variables independientes y observa las variables dependientes para detectar cambios asociados a la manipulación de las variables independientes.

Para la variable independiente suelo arcilloso de alta plasticidad, el diseño de investigación fue experimental, debido a que las muestras de suelo fueron sometidas a procedimientos controlados para determinar sus propiedades físicas y mecánicas. Se evaluaron el contenido de humedad, granulometría, límites de Atterberg, densidad, contenido óptimo de humedad y CBR, con la finalidad de caracterizar la subrasante y analizar su comportamiento frente a las cargas aplicadas.

Para la variable dependiente pavimento rígido y flexible, el diseño de investigación fue experimental, ya que se evaluó el comportamiento estructural de ambos tipos de pavimento bajo condiciones controladas de carga. Para ello, se registraron la deformación vertical y la resistencia a la deformación en los modelos de pavimento rígido y flexible, permitiendo comparar su respuesta frente a las características mecánicas del suelo de alta plasticidad.

**Tabla 7 — Etapas del diseño de investigación**

| Etapas del diseño experimental | Descripción                                                                                                                                                            |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                | <b>Recolección de muestras de suelo</b> “Interacción del pavimento rígido y flexible en el suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac-2025” |



|                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Selección de sitio a intervenir                                                                                                                                    | Identificación de varios sitios representativos en Abancay con suelo arcilloso de alta plasticidad.                                                                                          |
| Extracción de muestras                                                                                                                                             | Obtención de muestras de suelo a diferentes profundidades y ubicaciones geográficas dentro de los sitios seleccionados.                                                                      |
| <b>Caracterización inicial de las muestras</b>                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                              |
| Propiedades físicas                                                                                                                                                | Determinación de la granulometría plasticidad, contenido de humedad y otros parámetros físicos.                                                                                              |
| Propiedades mecánicas                                                                                                                                              | Medición de la resistencia a corte, compresibilidad y otros parámetros mecánicos iniciales.                                                                                                  |
| <b>Aplicación de la interacción suelo pavimento</b>                                                                                                                |                                                                                                                                                                                              |
| Métodos de consolidación                                                                                                                                           | Utilización de diferentes métodos para inducir distintos puntos de muestra de alteración para la interacción suelo pavimento rígido y flexible                                               |
| Monitoreo de la consolidación                                                                                                                                      | Registro de los cambios en las propiedades del suelo durante el proceso de interacción                                                                                                       |
| <b>Análisis de datos</b>                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                              |
| Comparación de resultados                                                                                                                                          | Comparación de las propiedades dinámicas y mecánicas de las muestras antes y después de la interacción suelo-pavimento rígido y flexible en suelos de alta plasticidad.                      |
| Análisis Estadístico                                                                                                                                               | Aplicación de métodos estadísticos para identificar patrones y relaciones significativas entre el desempeño relativo del pavimento rígido y flexible en suelo arcilloso de alta plasticidad. |
| <b>Validación de resultados</b>                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                              |
| Validación experimental                                                                                                                                            | Verificación de los resultados obtenidos mediante ensayos adicionales o estudios de caso en condiciones reales.                                                                              |
| Propuestas de mejora                                                                                                                                               | Formulación de recomendaciones prácticas para mejorar la capacidad de carga y la estabilidad de las infraestructuras en suelo arcilloso basadas en los hallazgos de la investigación.        |
| <p><b>NOTA</b></p> <p>La tabla representa los procesos y etapas de la investigación que va desde la recolección de muestras hasta la validación de resultados.</p> |                                                                                                                                                                                              |

### 4.3 Descripción ética de la investigación

A nivel internacional. La investigación se desarrolló considerando principios de integridad, imparcialidad, competencia técnica y confiabilidad de los resultados. En concordancia con la ISO/IEC 17025:2017, los ensayos de laboratorio deben realizarse mediante procedimientos técnicamente competentes y consistentes, asegurando resultados válidos y trazables. Asimismo, se mantuvo la objetividad durante la obtención, procesamiento e interpretación de los datos, evitando cualquier modificación o selección indebida de resultados que pudiera alterar las características reales de las muestras estudiadas. ISO/IEC 17025, (2017).

A nivel nacional. La investigación se ajustó a los principios establecidos en el Código Nacional de Integridad Científica del CONCYTEC, aprobado en 2024, que establece buenas prácticas y obligaciones para el desarrollo de actividades científicas en el Perú. En ese sentido, se garantizó la veracidad de los datos obtenidos, el registro adecuado de los procedimientos, el reconocimiento de las fuentes consultadas y la presentación transparente de los resultados, evitando prácticas como fabricación, falsificación, manipulación de información o apropiación indebida de trabajos científicos. Repositorio CONCYTEC Código Nacional de Integridad Científica – CONCYTEC, (2024).

A nivel institucional. La investigación se desarrolló de acuerdo con los principios establecidos por la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, particularmente su Código de Ética para la Investigación, aprobado mediante la Resolución N.º 093-2018-CU-UNAMBA y la Resolución N.º 010-2018-VRINV-UNAMBA. Se respetaron la responsabilidad científica, la originalidad, la propiedad intelectual y la presentación fiel de los resultados, evitando el plagio, la falsificación de datos y cualquier alteración de la información obtenida durante los ensayos geotécnicos. Repositorio Institucional Unamba Documentos y normativa de la UNAMBA,(2018).

La investigación siguió las buenas prácticas de ética investigativa, reconociendo debidamente todos los trabajos utilizados mediante citas, no haciendo plagio ni dañando la propiedad intelectual de otros autores, así mismo, se respetó los reportes y datos obtenidos en la investigación denomina interacción del pavimento rígido y flexible en el suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac-2025.



Los resultados de la investigación fueron propiamente in situ sin variar los resultados de la investigación.

#### **4.4 Población y muestra**

##### **4.4.1 Población**

Según Hernández y Baptista, (2024) la población se define como el conjunto total de elementos, individuos, unidades de análisis u objetos de estudio que comparten características comunes y sobre los cuales se pretende generalizar los resultados de una investigación. La población debe estar claramente delimitada en espacio, tiempo y criterios de selección, ya que constituye el marco de referencia para la recolección y el análisis de los datos. Su correcta definición garantiza la validez y representatividad de los resultados obtenidos.

La confección del tipo de plano según INDECI-2007, estudio previo realizado donde se le asigna una letra R (Roca), G (Grava), S (Arena) y F (Finos).

- **Criterios de inclusión**

Se incluyeron muestras de subrasante con presencia de arcillas de alta plasticidad, clasificadas como CH según SUCS y A-7-6 según AASHTO, con CBR al 95 % menor o igual a 6 %. Además, se consideraron muestras con caracterización completa de humedad, granulometría, límites de Atterberg y Proctor modificado.

- **Criterios de exclusión**

Se excluyeron muestras que no correspondieron a arcillas de alta plasticidad, presentaron CBR al 95 % mayor a 6 % o carecieron de información geotécnica completa. También se descartaron muestras alteradas, contaminadas o insuficientes que impidieran determinar confiablemente humedad, granulometría, límites de Atterberg, compactación y capacidad portante.

##### **4.4.2 Muestra**

De acuerdo a Hernández y Baptista, (2024) se refiere como muestra a los elementos representativos de la población y en la cual se centra el estudio de investigación. En ello nuestra muestra estuvo representada por 6 grupos de control de la zona de estudio



y los cuales tendrán 2 muestreos por cada grupo de control haciendo un total de 12 muestras representativas, las cuales serán extraídas de las zonas de suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay que se desarrollara en el proceso de ejecución.

Para la recolección de la muestra, la población de estudio no estuvo conformada por personas o elementos ordenados en un listado del cual pudiera seleccionarse una muestra mediante un intervalo constante, condición indispensable para aplicar un muestreo probabilístico.

Por el contrario, las unidades de análisis correspondieron a puntos de muestreo (calicatas) ubicados en zonas específicas de la ciudad de Abancay donde predominan suelo arcilloso de alta plasticidad, motivo por el cual la investigación se empleó el muestreo no probabilístico debido a que este tipo de selección se realiza mediante un procedimiento no aleatorio, lo que facilita la selección según criterios particulares del estudio Romero, (2015) .

**Tabla 8 — Muestras grupo de control de las muestras representativas**

| GC  | Calicatas | CP (Martillo compactador) | PG   |
|-----|-----------|---------------------------|------|
| GC1 | C02       | CP 12                     | PG 1 |
|     |           | CP 25                     |      |
|     |           | CP 56                     |      |
| GC2 | C02       | CP 12                     | PG 2 |
|     |           | CP 25                     |      |
|     |           | CP 56                     |      |
| GC3 | C03       | CP 12                     | PG 3 |
|     |           | CP 25                     |      |
|     |           | CP 56                     |      |
| GC4 | C04       | CP 12                     | PG4  |
|     |           | CP 25                     |      |
|     |           | CP 56                     |      |
| GC5 | C05       | CP 12                     | PG 5 |
|     |           | CP 25                     |      |
|     |           | CP 56                     |      |
| GC6 | C06       | CP 12                     | PG6  |
|     |           | CP 25                     |      |

|              |                         |       |  |
|--------------|-------------------------|-------|--|
|              |                         | CP 56 |  |
| <b>Clave</b> |                         |       |  |
| PG           | propiedades geotécnicas |       |  |
| CP           | cargas prescritas       |       |  |
| X            | var. independiente      |       |  |
| Y            | var. dependiente        |       |  |

**Tabla 9 — Muestras grupo experimental**

| GE    | Calicatas               | CP (Martillo compactador) | X: interacción<br>suelo<br>pavimento<br>rígido y<br>flexible | Y: suelo<br>arcilloso de<br>alta<br>plasticidad |
|-------|-------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| GE1   | C01                     | CP 12                     | X                                                            | X                                               |
|       |                         | CP 25                     | X                                                            | X                                               |
|       |                         | CP 56                     | X                                                            | X                                               |
| GE2   | C02                     | CP 12                     | X                                                            | X                                               |
|       |                         | CP 25                     | X                                                            | X                                               |
|       |                         | CP 56                     | X                                                            | X                                               |
| GE3   | C03                     | CP 12                     | X                                                            | X                                               |
|       |                         | CP 25                     | X                                                            | X                                               |
|       |                         | CP 56                     | X                                                            | X                                               |
| GE4   | C04                     | CP 12                     | X                                                            | X                                               |
|       |                         | CP 25                     | X                                                            | X                                               |
|       |                         | CP 56                     | X                                                            | X                                               |
| GC5   | C05                     | CP 12                     | X                                                            | X                                               |
|       |                         | CP 25                     | X                                                            | X                                               |
|       |                         | CP 56                     | X                                                            | X                                               |
| GC6   | C06                     | CP 12                     | X                                                            | X                                               |
|       |                         | CP 25                     | X                                                            | X                                               |
|       |                         | CP 56                     | X                                                            | X                                               |
| Clave |                         |                           |                                                              |                                                 |
| PG    | propiedades geotécnicas |                           |                                                              |                                                 |
| CP    | cargas prescritas       |                           |                                                              |                                                 |
| X     | var. independiente      |                           |                                                              |                                                 |
| Y     | var. dependiente        |                           |                                                              |                                                 |

**Tabla 10 — Ubicación del muestreo de cada calicata**

| <b>CALICATA</b>                                                                        | <b>TRAMO</b>                  | <b>ESTE</b> | <b>NORTE</b> | <b>CAPA</b> | <b>NIVEL</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| C-01                                                                                   | Vía de Evitamiento            | 748569      | 8492726      | Subrasante  | -1.50 mts    |
| C-02                                                                                   | Av. Inca Garcilazo de la vega | 730974      | 8493741      | Subrasante  | -1.50 mts    |
| C-03                                                                                   | Av. Inca Garcilazo de la vega | 730970      | 8493746      | Subrasante  | -1.50 mts    |
| C-04                                                                                   | Vía de Evitamiento            | 727601      | 8492570      | Subrasante  | -1.50 mts    |
| C-05                                                                                   | Vía de Evitamiento            | 728071      | 8492479      | Subrasante  | -1.50 mts    |
| C-06                                                                                   | Vía de Evitamiento            | 726284      | 8491379      | Subrasante  | -1.50 mts    |
| <b>NOTA</b><br>Ubicación de las calicatas a cielo abierto. Tomado de INGEOCADING EIRL. |                               |             |              |             |              |

## 4.5 Procedimiento

El procedimiento de la investigación estuvo compuesto por 04 fases o pasos a seguir acuerdo al siguiente diagrama de flujograma:

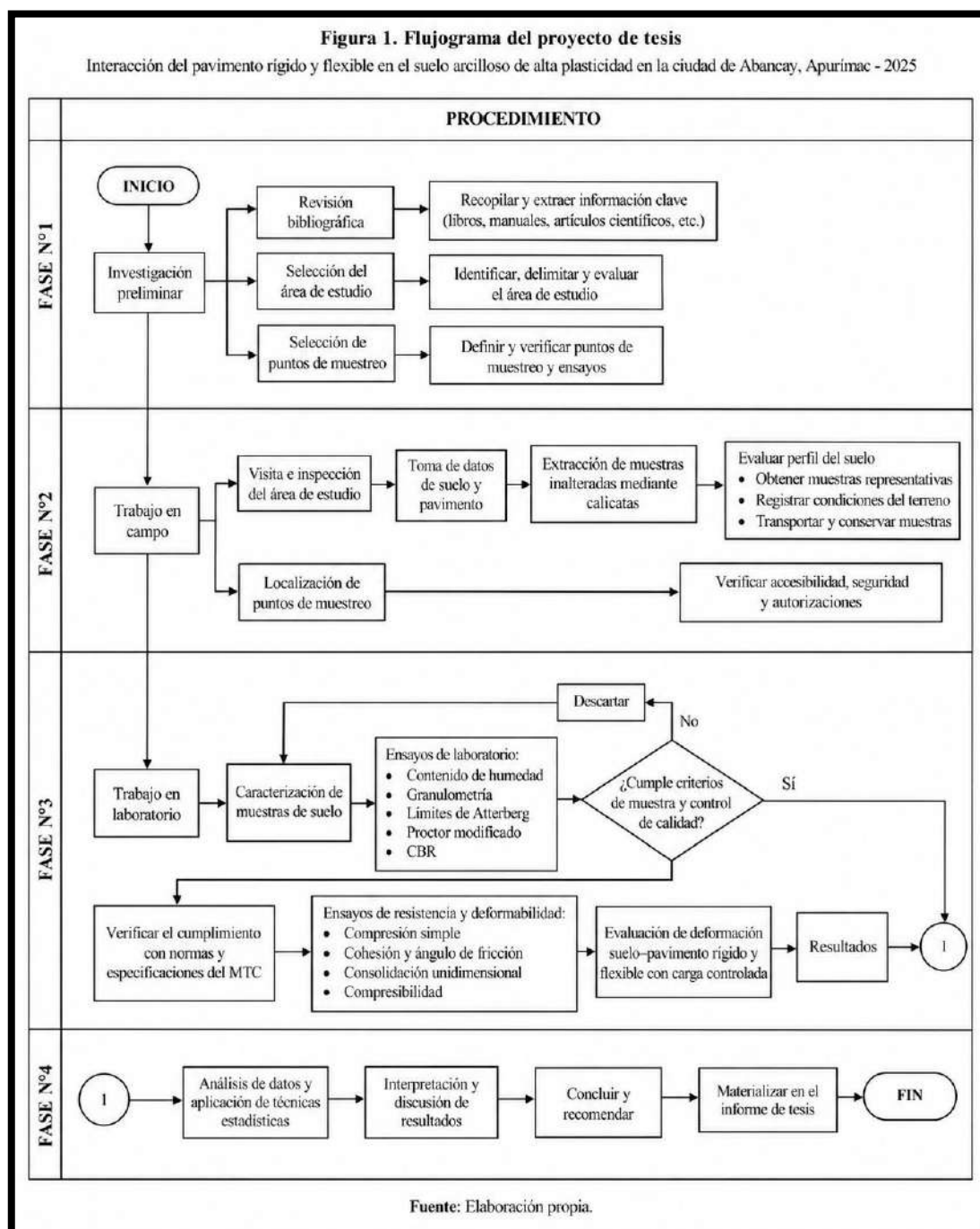


**Figura 1 — Flujograma del proyecto de tesis: Interacción del pavimento rígido y flexible en el suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac – 2025**

## 4.6 Técnica e instrumentos

### 4.6.1 Técnica

La investigación utilizó la observación in situ como técnica principal para la recolección de información, complementándola con ensayos especializados de laboratorio aplicados a las muestras de suelo dentro del proceso experimental.

La técnica que se desarrolló en la presente investigación son pruebas de laboratorio en suelos arcillosos de alta plasticidad según el manual de ensayos de laboratorio del Ministerio de Transporte y Comunicaciones MTC, (2023).

La técnica empleada variable independiente **suelo arcilloso de alta plasticidad** fue la experimentación mediante ensayos geotécnicos de laboratorio, con los cuales se determinaron el contenido de humedad, granulometría, límites de Atterberg, densidad, contenido óptimo de humedad y CBR de las muestras de suelo.

La técnica empleada variable dependiente variable dependiente **pavimento rígido y flexible** fue la observación experimental y medición directa, mediante la aplicación de cargas controladas y el registro de la deformación vertical y resistencia a la deformación de los pavimentos rígido y flexible construidos sobre la subrasante estudiada.

### 4.6.2 Instrumentos

La investigación garantizó la precisión de los hallazgos mediante la implementación de documentación estructurada, rigurosamente validada por evaluación especializada (según valoración del test de expertos), alcanzando coeficientes elevados de fiabilidad. Estos formatos facilitaron la captura sistemática de información crucial durante el proceso experimental.

- a) Formato de instrumento: Contenido de humedad elaborado en base a la norma MTC E 108/ASTM D2216
- b) Formato de instrumento: Análisis granulométrico elaborado en base a la norma MTC E-107/ASTM D422



- c) Formato de instrumento: Límites de Atterberg elaborado en base a la norma MTC E-110/111/ASTM D4318
- d) Formato de instrumento: Proctor modificado elaborado en base a la norma MTC E-115/ASTM D1557
- e) Formato de instrumento: CBR elaborado en base a la norma MTC E 132/ASTM D1883

El modelo experimental empleado para la extracción de datos permitió evaluar de manera controlada el comportamiento mecánico del pavimento rígido y del pavimento flexible construidos sobre una subrasante de suelo arcilloso de alta plasticidad. El sistema estuvo conformado por una prensa hidráulica, un pistón de carga, un reloj comparador de alta precisión y un molde de ensayo, elementos que garantizaron la correcta aplicación de las cargas y el registro preciso de las deformaciones verticales. Previamente a cada ensayo se verificó el alineamiento del equipo, asegurando que la carga fuera transmitida perpendicularmente sobre la superficie del espécimen y evitando errores asociados a excentricidades o movimientos laterales. Posteriormente, las cargas se aplicaron de manera escalonada, registrándose en cada incremento la lectura inicial y la lectura final del reloj comparador, cuya diferencia permitió determinar la deformación vertical producida por efecto de la carga aplicada. Debido a que el diámetro del pistón, el área de contacto y las condiciones de ensayo permanecieron constantes durante todas las evaluaciones, los resultados obtenidos reflejaron únicamente la respuesta estructural de cada tipo de pavimento frente a las mismas condiciones de sollicitación. Este procedimiento permitió obtener datos confiables, repetibles y comparables, reduciendo la influencia de factores externos y minimizando el error experimental. En consecuencia, la metodología empleada proporcionó información cuantitativa suficiente para analizar el comportamiento de la interacción suelo-pavimento, establecer diferencias entre ambas estructuras y sustentar técnicamente la evaluación estadística desarrollada en la presente investigación.





Figura 2 — losas a escala del pavimento rígido y flexible



Figura 3 — Instrumento para la recolección de datos obtenidos de laboratorio

Para la validación de instrumentos se tomó un total de 05 profesionales quienes validaron la investigación desde la especialidad, metodología y estadística.

Tabla 11 — Validadores instrumentales

| Nº | Experto                   | Especialidad    | Grado Académico      | DNI      | Veredicto    |
|----|---------------------------|-----------------|----------------------|----------|--------------|
| 01 | Ing. Percy Bravo Oscoco   | Ingeniero Civil | Magister             | 23962651 | Es aplicable |
| 02 | Ing. Eva M. Ayerve Tuiro  | Ingeniero Civil | Magister             | 77482017 | Es aplicable |
| 03 | Ing. Roger Damiano Pareja | Ingeniero Civil | Titulado y colegiado | 23986760 | Es aplicable |

|    |                             |             |        |          |              |
|----|-----------------------------|-------------|--------|----------|--------------|
| 04 | Ing. Elmis J. Garcia Zare   | Estadístico | Doctor | 43124406 | Es aplicable |
| 05 | Ing. Segundo E. Soto Abanto | Metodólogo  | Doctor | 42260515 | Es aplicable |

#### 4.7 Análisis estadístico

El análisis estadístico constituye una etapa esencial dentro del proceso de investigación científica, ya que permite procesar e interpretar la información obtenida durante la recolección de datos. Mediante la aplicación de procedimientos estadísticos, los datos son organizados, sintetizados y analizados de manera sistemática, facilitando la obtención de resultados confiables que respaldan la toma de decisiones y la formulación de conclusiones sustentadas en evidencia empírica Arias, (2012), los cuales son:

- Estadística descriptiva
- Estadística Inferencia

##### 4.7.1 Estadística descriptiva

Según Córdova, (2008) La estadística descriptiva tiene como objetivo principal organizar, resumir y presentar las características más relevantes de un conjunto de datos, limitándose únicamente a la información obtenida sin realizar conclusiones o generalizaciones hacia una población más amplia. Para ello, emplea medidas de tendencia central y de dispersión, las cuales permiten sintetizar los datos y describir de manera objetiva su comportamiento y variabilidad.

##### a) Conceptos elementales

- **Media**

La media es una medida de tendencia central que se calcula sumando todos los valores de un conjunto de datos y dividiendo ese total entre la cantidad de observaciones. Esta medida constituye uno de los conceptos fundamentales de la estadística y es ampliamente utilizada en el análisis de datos para representar el valor promedio de un conjunto de información Romero, (2015).

- **Medidas de dispersión**

Las medidas de dispersión son indicadores estadísticos que permiten determinar el grado de variabilidad o separación de los datos con respecto a



un valor de referencia, que generalmente corresponde a la media aritmética. Estas medidas facilitan la comprensión de la distribución y el comportamiento de los datos dentro de un conjunto de información Córdova, (2008), Entre las principales medidas de dispersión se encuentran la varianza, la desviación estándar, la desviación media, así como otros indicadores relacionados, como las frecuencias, los momentos y el rango.

- **La varianza ( $S^2$ )**

La varianza es una medida estadística que cuantifica la dispersión de un conjunto de datos respecto a su media aritmética. Su cálculo se basa en el promedio de los cuadrados de las diferencias entre cada observación y el valor medio, lo que permite evaluar el grado de variabilidad de los datos y determinar si estos se encuentran concentrados cerca de la media o presentan una mayor dispersión Romero Ramos, (2015), asimismo, la estadística descriptiva tiene como finalidad organizar, resumir y analizar la información obtenida de una muestra para facilitar su interpretación y servir de base para el estudio de la población. En este sentido, Navidi, (2006) señala que los métodos estadísticos parten del análisis de una muestra representativa con el propósito de realizar inferencias sobre las características de la población de la cual proviene.

#### **4.7.2 Estadística inferencial**

La estadística inferencial tiene como finalidad utilizar la información obtenida de una muestra para estimar, explicar y realizar generalizaciones sobre las características de una población. Mediante la aplicación de métodos probabilísticos y técnicas de inferencia, permite formular predicciones, contrastar hipótesis y sustentar conclusiones con un nivel determinado de confianza, proporcionando evidencia científica para la toma de decisiones en el proceso de investigación Hernández, Bapista (2014).



### a) Conceptos elementales

- **Normalidad**

La prueba de normalidad se utiliza para determinar si los datos de una investigación siguen una distribución normal, lo que permite seleccionar el procedimiento estadístico más adecuado para su análisis. De acuerdo con (Romero, 2015) este tipo de evaluación es fundamental para decidir si corresponde aplicar pruebas paramétricas o no paramétricas. En ese sentido, cuando el tamaño de la muestra es menor de 50 observaciones, se recomienda emplear la prueba de Shapiro-Wilk, mientras que para muestras de mayor tamaño se utiliza la prueba de Kolmogórov-Smirnov. Si los resultados evidencian una distribución normal de los datos, se procede con pruebas paramétricas, como el análisis de varianza (ANOVA); en caso contrario, se recurre a pruebas no paramétricas, siendo el análisis de varianza ANOVA con el cual se someterá el objetivo específico N° 01 y para el objetivo específico N° 02 .

- **Prueba de Hipótesis**

De acuerdo con Perez, (2000) la prueba o contraste de hipótesis es un procedimiento estadístico que permite evaluar la validez de una hipótesis planteada a partir de la información obtenida de una muestra. Este proceso inicia con la definición del nivel de significancia ( $\alpha$ ), el cual representa la probabilidad máxima aceptable de rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) cuando en realidad es verdadera. Posteriormente, con base en la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), se establece una región crítica o zona de rechazo, de modo que, si el estadístico calculado a partir de la muestra se ubica dentro de dicha región, la hipótesis nula es rechazada. Esta decisión se toma procurando que la probabilidad de cometer un error tipo I no supere el nivel de significancia previamente establecido.

### b) Pasos para ejecutar las pruebas de hipótesis

- **Paso 01. formulación de hipótesis estadística**

La hipótesis nula ( $H_0$ ) y la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) se definen:



- **Hipótesis nula (H0):** Afirmación o enunciado acerca del valor de un parámetro poblacional.
- **Hipótesis alterna (H1):** Afirmación que se aceptará si los datos muestrales proporcionan amplia evidencia que la hipótesis nula es rechazada.

- **Paso 02. Seleccionar el nivel de significancia**

Se empleó un nivel de confianza del 95% en la investigación, lo que se traduce en un valor de prueba de 0.05.

Regla de decisión

- Se acepta H0: si el nivel de significancia es mayor o igual a 0.05
- Se rechaza H0: si el nivel de significancia es menor a 0.05 y se acepta la hipótesis alterna.

- **Paso 03. decisión estadística**

Se RECHAZA la hipótesis nula (H0) o se ACEPTA la hipótesis alternativa (H1) con base en los resultados del análisis ANOVA: Una de las tres propiedades físicas evaluadas presenta diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ), el cual se aplicó para el objetivo específico 01 y el objetivo específico 02.

Se RECHAZA la hipótesis nula (H0) y se ACEPTA la hipótesis alternativa (H1) con base en los resultados del análisis de regresión lineal: Una de las tres propiedades físicas evaluadas presenta diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ).

- **Paso 04 conclusión estadística**

Se contrasta el valor obtenido del estadístico muestral con el valor crítico del estadístico de contraste. Posteriormente se acepta o rechaza la hipótesis nula, al rechazarla, se acepta la alternativa.

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 5.1 Análisis de resultados

##### 5.1.1 Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso de alta plasticidad

Se analizó la caracterización geotécnica de las muestras extraídas en las 6 calicatas evaluadas en la vía de evitamiento de la ciudad de Abancay. Los resultados se muestran a continuación:

**Tabla 12 – Caracterización geotécnica y física de las calicatas evaluadas**

| Características                                      | C-01     | C-02      | C-03      | C-04      | C-05      | C-06      |
|------------------------------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Clasificación SUCS                                   | CH       | CH        | CH        | CH        | CH        | CH        |
| Clasificación AASHTO                                 | A-7-6(8) | A-7-6(14) | A-7-6(17) | A-7-6(17) | A-7-6(17) | A-7-6(16) |
| Humedad natural (%)                                  | 18.00    | 16.20     | 16.20     | 12.60     | 16.20     | 17.10     |
| Límite líquido (%)                                   | 55.10    | 50.50     | 52.40     | 51.30     | 51.10     | 50.30     |
| Límite plástico (%)                                  | 21.20    | 22.20     | 22.20     | 21.70     | 22.50     | 23.60     |
| Índice de plasticidad                                | 33.90    | 28.30     | 30.20     | 29.60     | 28.60     | 26.70     |
| Densidad Máxima Seca (gr/cm <sup>3</sup> )           | 1.96     | 1.76      | 1.80      | 1.78      | 1.82      | 1.80      |
| Contenido Óptimo de Agua - COA (%)                   | 14.82    | 15.65     | 14.97     | 15.32     | 14.34     | 15.22     |
| California Bearing Ratio - CBR al 95%                | 5.73     | 5.95      | 6.00      | 6.00      | 5.60      | 5.10      |
| California Bearing Ratio - CBR al 100%               | 6.75     | 7.38      | 7.51      | 7.05      | 6.46      | 6.15      |
| Deformación vertical bajo carga (mm) - Pav. Flexible | 17.45    | 16.81     | 16.67     | 16.67     | 17.86     | 19.61     |
| Deformación vertical bajo carga (mm) - Pav. Rígido   | 8.94     | 8.72      | 8.67      | 8.67      | 9.07      | 9.64      |
| Resistencia Equivalente (kg/cm <sup>2</sup> ) - PF   | 5.07     | 5.26      | 5.30      | 5.30      | 4.95      | 4.51      |
| Resistencia Equivalente (kg/cm <sup>2</sup> ) - PR   | 9.89     | 10.14     | 10.20     | 10.20     | 9.75      | 9.17      |
| FUENTE: Elaboración propia.                          |          |           |           |           |           |           |

**a) Humedad Natural (%)**

La humedad natural obtenida en las muestras fue de 18,00 % para la calicata C-01, 16,20 % para las calicatas C-02, C-03 y C-05, 12,60 % para la C-04 y 17,10 % para la C-06. El mayor contenido de humedad corresponde a la C-01, mientras que el menor valor se registró en la C-04, con una diferencia de 5,40 %. Esta variación evidencia diferencias moderadas en las condiciones naturales del suelo al momento del muestreo; sin embargo, todas las muestras presentan contenidos de humedad compatibles con un suelo cohesivo de alta plasticidad. Un mayor contenido de humedad puede reducir la resistencia del suelo y aumentar su deformabilidad, aspecto que debe considerarse en el diseño y construcción del pavimento.

**b) Límite Líquido (%)**

Los resultados del Límite Líquido muestran valores de 55,10 % en la calicata C-01, 50,50 % en la C-02, 52,40 % en la C-03, 51,70 % en la C-04, 51,10 % en la C-05 y 50,30 % en la C-06. El mayor valor corresponde a la C-01, mientras que el menor se obtuvo en la C-06, registrándose una diferencia de 4,80 %. Esta reducida variación demuestra que el suelo presenta una distribución homogénea dentro del área de estudio. Además, todos los valores superan el 50 %, confirmando que el material posee una elevada capacidad para retener humedad y un comportamiento característico de las arcillas de alta plasticidad.

**c) Límite Plástico (%)**

El Límite Plástico presentó valores de 21,20 % en la C-01, 22,20 % en las C-02 y C-03, 21,70 % en la C-04, 22,50 % en la C-05 y 23,60 % en la C-06. El mayor valor se registró en la C-06 y el menor en la C-01, existiendo una diferencia de 2,40 %, lo que evidencia un comportamiento bastante uniforme entre las muestras. Estos resultados indican que el suelo mantiene características similares respecto al contenido de humedad necesario para conservar su estado plástico, confirmando la homogeneidad geotécnica del terreno.

**d) Índice de Plasticidad (%)**

Los resultados del Índice de Plasticidad fueron de 33,90 % para la C-01, 28,30 % para la C-02, 30,20 % para la C-03, 29,60 % para la C-04, 28,60 % para la C-05 y 26,70 % para la C-06. El mayor valor corresponde a la C-01, mientras que el menor se obtuvo en la C-06, con una diferencia de 7,20 %. A pesar de esta variación, todos los resultados corresponden a un suelo con alta plasticidad, lo que confirma un comportamiento homogéneo y un potencial considerable de expansión y contracción frente a cambios en el contenido de humedad, condición que influye directamente en el desempeño de la subrasante.

**e) Densidad Máxima Seca ( $\text{g/cm}^3$ )**

La Densidad Máxima Seca fue de 1,96  $\text{g/cm}^3$  para la C-01, 1,76  $\text{g/cm}^3$  para la C-02, 1,80  $\text{g/cm}^3$  para las C-03 y C-06, 1,78  $\text{g/cm}^3$  para la C-04 y 1,82  $\text{g/cm}^3$  para la C-05. El mayor valor corresponde a la C-01, mientras que el menor se registró en la C-02, con una diferencia de 0,20  $\text{g/cm}^3$ . Estos resultados indican que el suelo presenta una capacidad de compactación relativamente uniforme, aunque la C-01 evidencia una mejor densificación, condición que favorece el incremento de la capacidad portante de la subrasante.

**f) Contenido Óptimo de Agua (COA) (%)**

El Contenido Óptimo de Agua registró valores de 14,82 % en la C-01, 15,65 % en la C-02, 14,97 % en la C-03, 15,32 % en la C-04, 14,34 % en la C-05 y 15,22 % en la C-06. El mayor contenido óptimo corresponde a la C-02, mientras que el menor valor se obtuvo en la C-05, con una diferencia de 1,31 %. La escasa variación observada demuestra que las condiciones de compactación del suelo son similares en toda el área de estudio, facilitando el control del proceso constructivo y permitiendo alcanzar una adecuada densificación del terreno.

**g) CBR al 95 %**

El CBR al 95 % presentó valores de 5,73 % en la C-01, 5,95 % en la C-02, 6,00 % en las C-03 y C-04, 5,60 % en la C-05 y 5,10 % en la C-06. El mayor

valor corresponde a las calicatas C-03 y C-04, mientras que el menor se registró en la C-06, con una diferencia de 0,90 %. Estos resultados muestran una capacidad portante baja pero uniforme, característica de las arcillas de alta plasticidad, por lo que será necesario considerar un diseño estructural adecuado o alternativas de mejoramiento de la subrasante.

#### **h) Deformación vertical del pavimento rígido (mm)**

La deformación vertical del pavimento rígido registró valores de 8,94 mm para la C-01, 8,72 mm para la C-02, 8,67 mm para las C-03 y C-04, 9,07 mm para la C-05 y 9,64 mm para la C-06. El menor valor corresponde a las C-03 y C-04, mientras que el mayor se obtuvo en la C-06, con una diferencia de 0,97 mm. En comparación con el pavimento flexible, las deformaciones son considerablemente menores, lo que demuestra la mayor capacidad del pavimento rígido para distribuir las cargas y reducir la influencia de la subrasante, evidenciando un mejor desempeño sobre suelos arcillosos de alta plasticidad.

#### **i) Resistencia a la deformación del pavimento rígido**

La resistencia equivalente del pavimento rígido registró valores de 9,89 kg/cm<sup>2</sup> en la calicata C-01, 10,14 kg/cm<sup>2</sup> en C-02, 10,20 kg/cm<sup>2</sup> en C-03, 10,20 kg/cm<sup>2</sup> en C-04, 9,75 kg/cm<sup>2</sup> en C-05 y 9,17 kg/cm<sup>2</sup> en C-06. El valor máximo alcanzado fue de 10,20 kg/cm<sup>2</sup>, correspondiente a las calicatas C-03 y C-04, demostrando una mayor respuesta estructural frente a las cargas transmitidas por el pavimento rígido. Por otro lado, el valor mínimo fue de 9,17 kg/cm<sup>2</sup> en la calicata C-06, representando la menor capacidad resistente dentro del área evaluada. En comparación con el pavimento flexible, el pavimento rígido presentó valores de resistencia equivalente superiores, evidenciando una mejor distribución de esfuerzos y menor sensibilidad frente a las deformaciones del suelo y pavimento.

#### **j) Resistencia a la deformación del pavimento flexible**

La resistencia equivalente del pavimento flexible presentó valores de 5,07 kg/cm<sup>2</sup> en la calicata C-01, 5,26 kg/cm<sup>2</sup> en C-02, 5,30 kg/cm<sup>2</sup> en C-03, 5,30

kg/cm<sup>2</sup> en C-04, 4,95 kg/cm<sup>2</sup> en C-05 y 4,51 kg/cm<sup>2</sup> en C-06. El valor máximo obtenido fue de 5,30 kg/cm<sup>2</sup>, correspondiente a las calicatas C-03 y C-04, indicando una mayor capacidad de soporte frente a las solicitaciones aplicadas sobre la estructura flexible del pavimento. En contraste, el valor mínimo fue de 4,51 kg/cm<sup>2</sup> en la calicata C-06, evidenciando una condición mecánica menos favorable y una menor resistencia del suelo ante cargas aplicadas.

**Tabla 13 – Cuadro de CBR (%) y deformación vertical bajo carga (mm)**

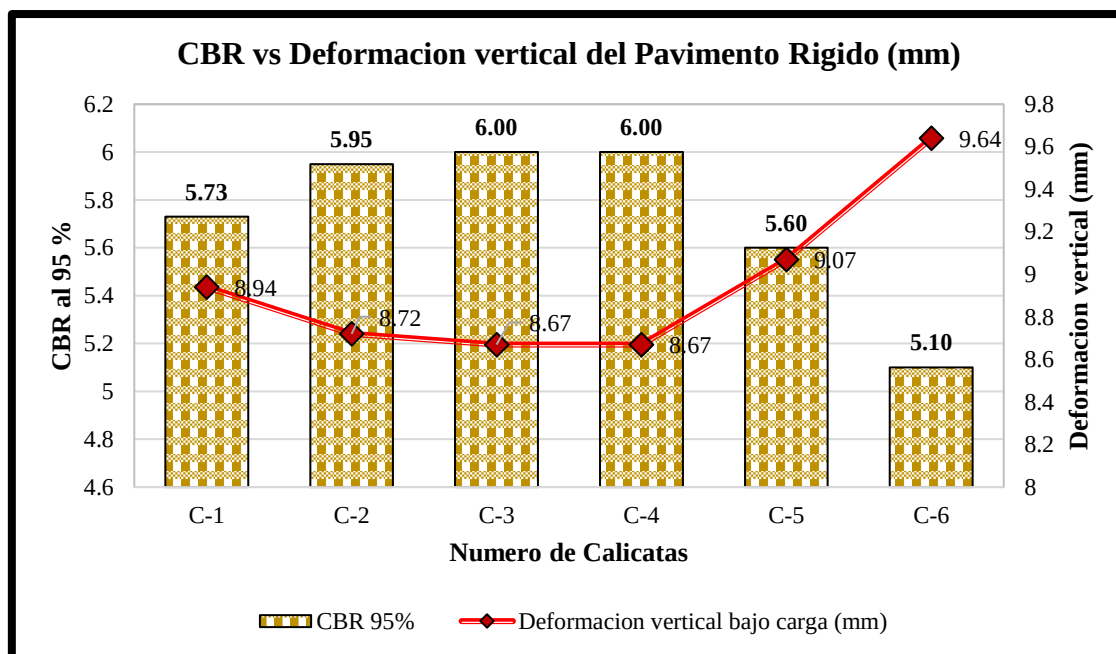
| Calicata                    | Pavimento rígido (mm) | Pavimento flexible (mm) | Diferencia (mm) | Relación PF/PR |
|-----------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------|----------------|
| C-01                        | 8.94                  | 17.45                   | 8.51            | 1.95           |
| C-02                        | 8.72                  | 16.81                   | 8.09            | 1.93           |
| C-03                        | 8.67                  | 16.67                   | 8.00            | 1.92           |
| C-04                        | 8.67                  | 16.67                   | 8.00            | 1.92           |
| C-05                        | 9.07                  | 17.86                   | 8.79            | 1.97           |
| C-06                        | 9.64                  | 19.61                   | 9.97            | 2.03           |
| FUENTE: Elaboración propia. |                       |                         |                 |                |

Los resultados obtenidos permitieron comparar el comportamiento estructural de los pavimentos rígido y flexible mediante el análisis de la capacidad portante (CBR) y la deformación vertical bajo carga. Las seis calicatas evaluadas presentaron clasificaciones SUCS tipo CH y valores de CBR comprendidos entre 5.10 % y 6.00 %, evidenciando una subrasante de baja capacidad resistente. Bajo estas condiciones, el pavimento rígido registró deformaciones entre 8.67 y 9.64 mm, mientras que el pavimento flexible presentó deformaciones significativamente mayores, entre 16.67 y 19.61 mm, aproximadamente el doble de las observadas en el pavimento rígido. Asimismo, se verificó que la disminución del CBR produjo un incremento progresivo de las deformaciones en ambos sistemas estructurales, confirmando la influencia directa de las propiedades mecánicas del suelo sobre la respuesta del pavimento. En consecuencia, la investigación demuestra que la interacción suelo-pavimento depende fundamentalmente de la capacidad portante de la subrasante y de la rigidez estructural del tipo de pavimento, siendo el pavimento rígido el que distribuye de manera más eficiente los esfuerzos hacia el terreno de fundación, reduciendo las

deformaciones y favoreciendo la integridad estructural en suelos arcillosos de alta plasticidad.

### 5.1.2 Resultados con respecto al objetivo específico 1

El objetivo específico 01 consistió en determinar la interacción del pavimento rígido en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac, 2025.



NOTA

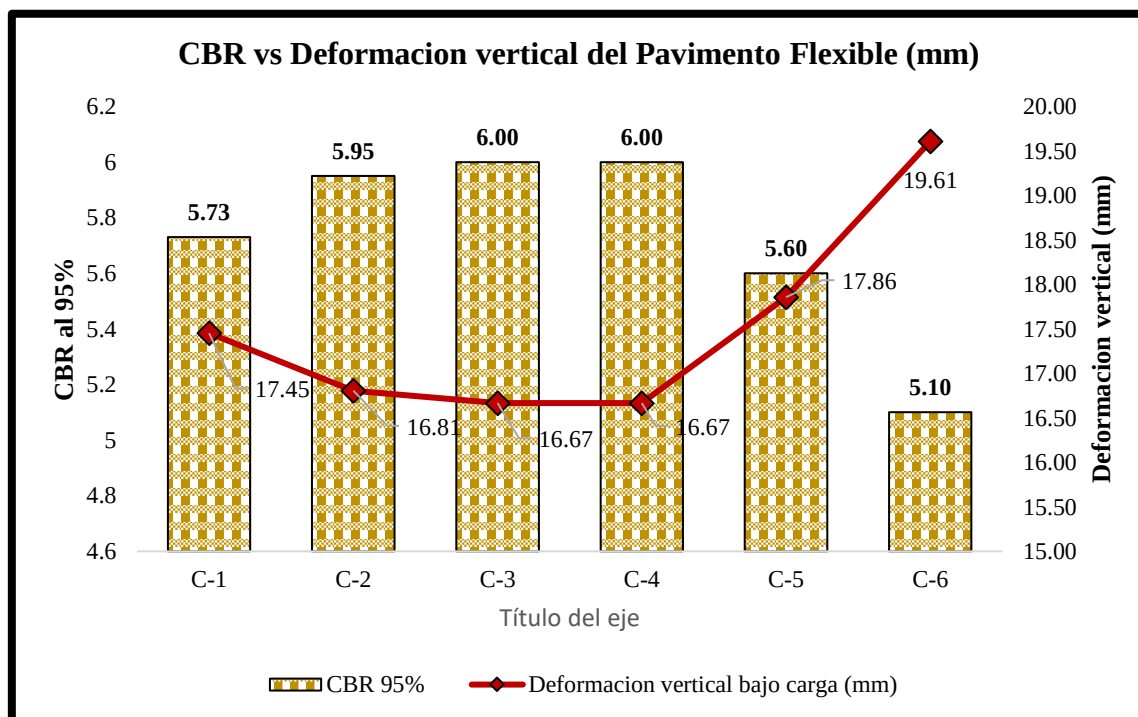
La figura representa el diagrama mixto de barras y líneas de la deformación del pavimento rígido (mm) que va en función del número de calicatas, y el CBR.

**Figura 4 — Deformación vertical bajo carga en función del C.B.R en pavimento rígido**

De la tabla número 13 donde se muestra los diferentes valores de la deformación bajo una carga del pavimento rígido en función del número de calicatas, C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6 con valores de 8.94 mm, 8.72 mm, 8.67 mm, 8.67 mm, 9.07 mm y 9.64 mm donde podemos apreciar que a mayor CBR, existe menor deformación del pavimento rígido y esto es lo que refleja que para un CBR de 6.00 % tiene una deformación de 8.67 mm, mientras por otra parte para un CBR de 5.10 % tiene una deformación de 9.64 mm.

### 5.1.3 Resultados con respecto al objetivo específico 2

El objetivo específico 02 consistió en determinar la interacción del pavimento flexible en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac, 2025.



NOTA

La figura representa el diagrama mixto de barras y líneas de la deformación del pavimento flexible (mm) que va en función del número de calicatas, y el CBR.

**Figura 5 — Deformación vertical bajo carga en función del C.B.R en pavimento flexible**

De la tabla número 13 donde se muestra los diferentes valores de la deformación bajo una carga del pavimento flexible en función del número de calicatas, C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6 con valores de 17.45mm, 16.81 mm, 16.67 mm, 16.67 mm, 17.87 mm y 19.61 mm donde podemos apreciar que a mayor CBR, existe menor deformación del pavimento flexible y esto es lo que refleja que para un CBR de 6.00 % tiene una deformación de 16.67mm, mientras por otra parte para un CBR de 5.10 % tiene una deformación de 19.61 mm.

## 5.2 Contratación de la hipótesis

### 5.2.1 Estadística descriptiva

Se analizó la caracterización geotécnica de las muestras extraídas en las 6 calicatas evaluadas en la ciudad de Abancay. Los resultados se muestran a continuación:

**Tabla 14 — Caracterización geotécnica y física de las calicatas evaluadas**

| Característica                             | Media | Mediana | Desviación estándar |
|--------------------------------------------|-------|---------|---------------------|
| Humedad natural (%)                        | 16.05 | 16.20   | 1.837               |
| Límite líquido (%)                         | 51.78 | 51.20   | 1.785               |
| Límite plástico (%)                        | 22.23 | 22.20   | 0.812               |
| Índice de plasticidad                      | 29.55 | 29.10   | 2.447               |
| Densidad Máxima Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) | 1.82  | 1.80    | 0.072               |
| Contenido Óptimo de Agua - COA (%)         | 15.05 | 15.10   | 0.453               |
| CBR al 95%                                 | 5.73  | 5.84    | 0.349               |
| CBR al 100%                                | 6.88  | 6.90    | 0.530               |
| Deformación vertical PF                    | 17.51 | 17.13   | 1.135               |
| Deformación vertical PR                    | 8.95  | 8.83    | 0.374               |
| Resistencia PF (kg/cm <sup>2</sup> )       | 5.07  | 5.17    | 0.307               |
| Resistencia PR (kg/cm <sup>2</sup> )       | 9.89  | 10.02   | 0.398               |
| FUENTE: Elaboración propia.                |       |         |                     |

De acuerdo con la información de la tabla 15, se aprecia que los estratos evaluados a nivel de subrasante presentan límites líquidos superiores al 50% y altos índices de plasticidad entre 26.7% y 33.9%. Las pruebas de compactación evidenciaron humedades óptimas alrededor del 15%, para alcanzar densidades máximas promedio de 1.80 g/cm<sup>3</sup>, lo que refleja una alta sensibilidad material frente a la retención de agua.

A continuación, se detallan los estadígrafos obtenidos tras analizar las variables de estudio, a fin de caracterizar el comportamiento individual de la capacidad de soporte (CBR) y la respuesta estructural de los pavimentos (deformación vertical) obtenidos de las exploraciones geotécnicas in situ en mérito a los objetivos de estudio.

### 5.2.2 Análisis inferencial

A fin de conocer el comportamiento de las variables de estudio, en cuanto a su distribución, se aplicó la prueba de Shapiro Wilk debido a que las muestras ( $n = 6$ ) fueron menores de 50 observaciones.

**Tabla 15 — Prueba de normalidad con Shapiro Wilk para las variables de estudio**

| Variable de estudio                 | Estadístico | Gl   | Significancia |
|-------------------------------------|-------------|------|---------------|
| Capacidad de Soporte CBR (%)        | 0.830       | 6.00 | <b>0.0107</b> |
| Deformación Pavimento Rígido (mm)   | 0.815       | 6.00 | 0.008         |
| Deformación Pavimento Flexible (mm) | 0.808       | 6.00 | 0.007         |

En la tabla 16 se observan los resultados de la prueba de Shapiro Wilk, estos valores de significancia muestran que la capacidad de soporte CBR (0.107), la deformación del pavimento rígido (0.08) y la deformación del pavimento flexible (0.07), toman valores de significancia son mayores del valor crítico de 0.05, motivo por el cual se indica que su comportamiento se ajusta a una distribución normal, por lo que para realizar el análisis inferencial se tuvo que utilizar pruebas paramétricas.

### 5.2.3 Contrastación de la hipótesis general

Se planteo como hipótesis general existe interacción del pavimento rígido y flexible en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025.

#### a) Formulación de hipótesis estadística

La hipótesis nula ( $H_0$ ) y la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) se definen:

- **Hipótesis nula (H0):** NO existe interacción del pavimento rígido y flexible en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025.
- **Hipótesis alterna (H1):** Existe interacción del pavimento rígido y flexible en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025.

**b) Nivel de significancia**

Se empleó un nivel de confianza del 95% en la investigación, lo que se traduce en un valor de prueba de 0.05.

**c) Regla de decisión**

- Se acepta  $H_0$ : si el nivel de significancia es mayor o igual a 0.05
- Se rechaza  $H_0$ : si el nivel de significancia es menor a 0.05 y se acepta la hipótesis alterna.

**d) Decisión estadística**

Se RECHAZA la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se ACEPTA la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) con base en los resultados del análisis ANOVA: Una de las tres propiedades físicas evaluadas presenta diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ).

**e) Conclusión estadística**

Existe evidencia estadística suficiente para definir la conclusión estadística que, existe interacción del pavimento rígido y flexible en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac – 2025 en el pavimento rígido -1.073 mm y la interacción del pavimento flexible en -3.25 mm, lo que representa una relación inversamente proporcional, lo cual significa que por cada incremento en un 1% en la resistencia del CBR cuando dichos pavimentos se someten a las mismas cargas con el mismo valor de C.B.R, la diferencia estadísticamente significativa ( $p = 0.00 < 0.05$ ) en el CBR del

suelo arcilloso de alta plasticidad según el análisis ANOVA del objetivo específico 01 en la tabla 17 y el objetivo específico 02 en la tabla 18.

#### 5.2.4 Prueba de hipótesis para la H.E 1

Se planteo como hipótesis específico 01 existe interacción del pavimento rígido en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac, 2025.

##### a) Formulación de hipótesis estadística

La hipótesis nula ( $H_0$ ) y la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) se definen:

- **Hipótesis nula ( $H_0$ ):** No existe interacción del pavimento rígido en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac, 2025.
- **Hipótesis alterna ( $H_1$ ):** Existe interacción del pavimento rígido en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac, 2025.

##### b) Nivel de significancia

Se empleó un nivel de confianza del 95% en la investigación, lo que se traduce en un valor de prueba de 0.05.

##### c) Regla de decisión

- Se acepta  $H_0$ : si el nivel de significancia es mayor o igual a 0.05
- Se rechaza  $H_0$ : si el nivel de significancia es menor a 0.05 y se acepta la hipótesis alterna.

**Tabla 16 — Análisis de varianza ANOVA para el pavimento rígido**

| Parámetros del Modelo       | Coeficiente B | Error Estándar | Estadístico t | Sig. (t) | R cuadrado | F (ANOVA) | Sig. (ANOVA) |
|-----------------------------|---------------|----------------|---------------|----------|------------|-----------|--------------|
| (Constante)                 | 15.097        | 0.109          | 137.935       | 0        | 0.999      | 3162.437  | 0            |
| Capacidad CBR (%)           | -1.073        | 0              | -56.236       | 0        |            |           |              |
| FUENTE: Elaboración propia. |               |                |               |          |            |           |              |

La tabla 17 muestra los resultados del objetivo específico 1, en estos se evidencia que la capacidad de soporte de la subrasante impacta de forma significativa en el comportamiento del pavimento rígido. De acuerdo con el valor de significancia del ANOVA, al ser menor del 0.05, se rechaza la hipótesis nula, aceptando así la hipótesis alternativa, con lo que se confirma que el CBR del suelo arcilloso ejerce un efecto significativo sobre la deformación vertical del pavimento rígido.

El coeficiente de determinación R cuadrado de 0.999 muestra que el 99.9% de las variaciones en la deformación del pavimento rígido por los cambios en el CBR del suelo arcilloso. Asimismo, en los coeficientes B, el valor de -1.073 representa que esta relación es inversamente proporcional, lo cual significa que por cada incremento en un 1% en la resistencia del CBR, la deformación de la estructura rígida disminuirá en 1.073 mm.

#### **d) Decisión estadística**

Se RECHAZA la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se ACEPTA la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) con base en los resultados del análisis ANOVA: Una de las tres propiedades físicas evaluadas presenta diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ).

#### **e) Conclusión estadística**

Existe evidencia estadística suficiente para concluir que existe interacción del pavimento rígido en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac, 2025 en -1.073 mm representa que esta relación es inversamente proporcional, lo cual significa que por cada incremento en un 1% en la resistencia del CBR, muestran diferencias estadísticamente significativas ( $p = 0.00 < 0.05$ ) según el análisis ANOVA.

### **5.2.5 Prueba de hipótesis para la H.E 2**

Se planteo como hipótesis específico 02 existe interacción del pavimento flexible en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac, 2025.



**a) Formulación de hipótesis estadística**

La hipótesis nula ( $H_0$ ) y la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) se definen:

- **Hipótesis nula ( $H_0$ ):** No existe interacción del pavimento flexible en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac, 2025.
- **Hipótesis alterna ( $H_1$ ):** Existe interacción del pavimento flexible en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac, 2025.

**b) Nivel de significancia**

Se empleó un nivel de confianza del 95% en la investigación, lo que se traduce en un valor de prueba de 0.05.

**c) Regla de decisión**

- Se acepta  $H_0$ : si el nivel de significancia es mayor o igual a 0.05
- Se rechaza  $H_0$ : si el nivel de significancia es menor a 0.05

**Tabla 17 — Análisis de varianza ANOVA para el pavimento flexible**

| Parámetros del Modelo | Coficiente B | Error Estándar | Estadístico t | Sig. (t) | R cuadrado | F (ANOVA) | Sig. (ANOVA) |
|-----------------------|--------------|----------------|---------------|----------|------------|-----------|--------------|
| (Constante)           | 36.135       | 0.445          | 81.174        | 0        | 0.998      | 1755.624  | 0            |
| Capacidad CBR (%)     | -3.25        | 0.078          | -41.9         | 0        |            |           |              |

FUENTE: Elaboración propia.

Luego del análisis relacionado al objetivo específico 2, en la tabla 18 se muestra que la capacidad de soporte de la subrasante impacta de forma significativa en el comportamiento del pavimento flexible. De acuerdo al valor de significancia del ANOVA, al ser menor del 0.05, se rechaza la hipótesis nula, aceptando así la hipótesis alternativa, con lo que se confirma que el CBR del suelo arcilloso

ejerce un efecto significativo sobre la deformación vertical del pavimento flexible.

El coeficiente de determinación R cuadrado de 0.998 muestra que el 99.8% de las variaciones en la deformación del pavimento flexible es explicado por los cambios en el CBR del suelo arcilloso. Asimismo, en los coeficientes B, el valor de -3.25 representa que esta relación es inversamente proporcional, lo cual significa que por cada incremento en un 1% en la resistencia del CBR, la deformación de la estructura flexible disminuirá en 3.25 mm.

#### **d) Decisión estadística**

Se RECHAZA la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se ACEPTA la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) con base en los resultados del análisis ANOVA: Una de las tres propiedades físicas evaluadas presenta diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ).

#### **e) Conclusión estadística**

Existe evidencia estadística suficiente para concluir que existe interacción del pavimento flexible en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac, 2025 en -3.25 mm que representa que esta relación es inversamente proporcional, lo cual significa que por cada incremento en un 1% en la resistencia del CBR, muestran diferencias estadísticamente significativas ( $p = 0.00 < 0.05$ ) según el análisis ANOVA.

### **5.3 Discusión**

#### **5.3.1 Discusión de resultados referente al primer objetivo específico**

El objetivo específico 1 consistió en determinar la interacción del pavimento rígido y flexible en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac – 2025.

Los resultados obtenidos permitieron demostrar que el comportamiento del pavimento rígido estuvo directamente condicionado por la capacidad portante del suelo arcilloso de alta plasticidad. En las seis calicatas evaluadas se identificó una

subrasante clasificada como CH según el sistema SUCS y A-7-6 según la clasificación AASHTO, con valores de CBR al 95 % comprendidos entre 5.10 % y 6.00 %, confirmando una capacidad resistente baja y relativamente uniforme. Bajo estas condiciones, las deformaciones verticales del pavimento rígido oscilaron entre 8.67 mm y 9.64 mm, observándose que las menores deformaciones correspondieron a las calicatas con mayores valores de CBR (C-03 y C-04), mientras que la mayor deformación se registró en la calicata C-06, donde el CBR fue de 5.10 %. Estos resultados evidenciaron una relación inversa entre la capacidad portante de la subrasante y la deformación del pavimento, indicando que el incremento de la resistencia del suelo permitió reducir la respuesta deformacional de la estructura rígida. Asimismo, la resistencia equivalente del pavimento rígido presentó valores entre 9.17 y 10.20 kg/cm<sup>2</sup>, superiores a los obtenidos para el pavimento flexible, demostrando una mejor distribución de los esfuerzos hacia la subrasante y una menor susceptibilidad a las deformaciones ocasionadas por la baja capacidad mecánica del suelo.

Estos hallazgos guardaron concordancia con lo reportado por Peláez (2026), quien concluyó que la deformación permanente del pavimento dependió no solo de las capas superficiales, sino también del comportamiento mecánico de las capas inferiores y de la subrasante, indicando que una menor capacidad resistente favoreció la acumulación de deformaciones bajo cargas repetidas. De manera similar, la presente investigación evidenció que las calicatas con menor CBR desarrollaron mayores deformaciones verticales, aun cuando el pavimento rígido mostró un comportamiento estructural más estable. Asimismo, los resultados coincidieron con Chung y Silva (2026), quienes determinaron que la evaluación estructural del pavimento rígido permitió identificar de manera confiable la capacidad resistente del concreto mediante ensayos no destructivos y destructivos, concluyendo que la caracterización mecánica constituye una herramienta fundamental para diagnosticar el desempeño estructural del pavimento. Aunque ambos estudios utilizaron metodologías diferentes, los dos demostraron que la evaluación de las propiedades mecánicas permitió interpretar adecuadamente la respuesta estructural frente a las cargas de servicio y establecer criterios técnicos para garantizar un comportamiento estructural seguro y duradero.



Los resultados obtenidos también coincidieron con lo señalado por Cabanillas (2022), quien determinó que el comportamiento estructural del pavimento rígido dependió tanto de la resistencia del concreto como de las condiciones de la subrasante. En su investigación, si bien el CBR de la subrasante y de la subbase resultó admisible, la resistencia promedio del concreto obtenida mediante núcleos diamantinos fue de 142 kg/cm<sup>2</sup>, condición que ocasionó un estado estructural deficiente y la presencia de patologías como fisuras longitudinales, fisuras transversales, desprendimientos y baches. En contraste, la presente investigación no evaluó la resistencia del concreto, sino la interacción entre el pavimento rígido y un suelo arcilloso de alta plasticidad. Sin embargo, ambas investigaciones coincidieron en que la capacidad resistente de la estructura depende de la calidad conjunta del sistema suelo-pavimento. En el presente estudio, aun cuando la subrasante presentó valores bajos de CBR entre 5.10 % y 6.00 %, el pavimento rígido registró deformaciones relativamente reducidas, entre 8.67 mm y 9.64 mm, además de resistencias equivalentes de 9.17 a 10.20 kg/cm<sup>2</sup>, resultados que evidenciaron que la elevada rigidez del concreto permitió distribuir de manera más uniforme las cargas hacia la subrasante, minimizando los efectos desfavorables derivados de la baja capacidad portante del terreno.

Por otra parte, los resultados obtenidos guardaron relación con la investigación desarrollada por Moscoso y Marcos (2025) en Challhuahuacho, quienes demostraron que el incremento de la energía de compactación permitió alcanzar grados de compactación de hasta 99.97 %, mejorando significativamente la capacidad portante de la base granular y, en consecuencia, el comportamiento estructural del pavimento rígido. Aunque el objeto de estudio fue diferente, debido a que su investigación se enfocó en materiales granulares y la presente investigación evaluó un suelo arcilloso de alta plasticidad, ambos estudios coincidieron en que el desempeño estructural del pavimento estuvo condicionado por las propiedades geotécnicas del terreno de fundación. En la presente investigación se observó que las calicatas con mayores valores de CBR (6.00 %) desarrollaron las menores deformaciones verticales (8.67 mm), mientras que la calicata con menor CBR (5.10 %) presentó la mayor deformación (9.64 mm). Estos resultados permitieron inferir que cualquier mejora en la capacidad



resistente del suelo, ya sea mediante procesos adecuados de compactación o técnicas de estabilización, contribuiría a disminuir las deformaciones del pavimento rígido y prolongar su vida útil, especialmente en zonas donde predominan arcillas de alta plasticidad.

Los resultados obtenidos también encontraron sustento en los estudios orientados al comportamiento estructural de pavimentos sobre subrasantes de baja capacidad portante, aun cuando fueron desarrollados principalmente en pavimentos flexibles. Bravo (2023) concluyó que la evaluación mediante la viga Benkelman permitió determinar el comportamiento estructural del pavimento y establecer su condición funcional, evidenciando diferencias entre los criterios de evaluación, aunque confirmando la utilidad de los ensayos para diagnosticar el estado estructural. De manera similar, Roa (2023) señaló que la deflectometría constituye una herramienta confiable para evaluar la respuesta del pavimento frente a las cargas de tránsito y orientar decisiones de rehabilitación. Aunque dichos estudios estuvieron dirigidos al pavimento flexible, sus conclusiones respaldaron el criterio empleado en la presente investigación, debido a que demostraron que la evaluación de la deformación constituye un indicador representativo del comportamiento estructural del sistema suelo-pavimento. En este sentido, la presente investigación evidenció que el pavimento rígido desarrolló deformaciones inferiores a 10 mm aun cuando la subrasante presentó un CBR bajo, lo que confirmó que la mayor rigidez de las losas de concreto permitió disipar las cargas de manera más eficiente y reducir la influencia negativa del suelo arcilloso de alta plasticidad.

Del mismo modo, los resultados mostraron concordancia con los estudios desarrollados en el contexto regional. Ccarhuas Pérez (2025) determinó que la variabilidad geotécnica de la subrasante produjo diferencias significativas en el comportamiento estructural del pavimento, observando que los sectores con menor capacidad portante presentaron mayores deformaciones y un deterioro más acelerado. De forma semejante, Guzmán (2021) reportó que las mayores deflexiones se registraron en zonas donde las condiciones de la subrasante fueron menos favorables, concluyendo que el comportamiento estructural dependió



directamente de las propiedades del suelo de fundación. Estas investigaciones respaldaron los resultados obtenidos en Abancay, donde se comprobó que, aun cuando las seis calicatas correspondieron a un suelo CH con características geotécnicas relativamente homogéneas, pequeñas variaciones del CBR, desde 6.00 % hasta 5.10 %, ocasionaron incrementos en la deformación vertical del pavimento rígido de 8.67 mm a 9.64 mm. En consecuencia, se confirmó que la capacidad portante del suelo constituyó un factor determinante en la interacción suelo-pavimento; sin embargo, el pavimento rígido evidenció una mejor capacidad para controlar las deformaciones gracias a su elevada rigidez estructural, lo que lo convierte en una alternativa técnicamente más favorable para suelos arcillosos de alta plasticidad como los existentes en la ciudad de Abancay.

### 5.3.2 Discusión de resultados referente al primer objetivo específico

El objetivo específico 2 consistió en Determinar la interacción del pavimento flexible en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac, 2025.

Los resultados obtenidos permitieron establecer que el pavimento flexible presentó una interacción más marcada con el suelo arcilloso de alta plasticidad que el pavimento rígido, debido a que las deformaciones verticales fueron considerablemente mayores en todas las calicatas evaluadas. Los valores de CBR al 95 % oscilaron entre 5.10 % y 6.00 %, mientras que las deformaciones verticales variaron entre 16.67 mm y 19.61 mm, observándose nuevamente una relación inversa entre ambas variables. Las calicatas C-03 y C-04, con un CBR de 6.00 %, registraron la menor deformación (16.67 mm), mientras que la calicata C-06, con un CBR de 5.10 %, presentó la mayor deformación (19.61 mm). Asimismo, la resistencia equivalente del pavimento flexible fluctuó entre 4.51 y 5.30 kg/cm<sup>2</sup>, valores significativamente inferiores a los obtenidos para el pavimento rígido, evidenciando una menor capacidad para distribuir los esfuerzos hacia la subrasante. Estos resultados permitieron comprobar que, cuando el suelo presentó baja capacidad portante y elevada plasticidad, el pavimento flexible transmitió una mayor proporción de las cargas al terreno de fundación, incrementando las

deformaciones estructurales y reduciendo su capacidad de respuesta frente a las sollicitaciones del tránsito.

Los resultados coincidieron con lo reportado por Bravo (2023), quien determinó que la evaluación estructural mediante la viga Benkelman permitió identificar la condición del pavimento a partir de las deflexiones medidas en campo, concluyendo que este procedimiento constituye una herramienta confiable para evaluar el desempeño estructural. De manera similar, la presente investigación utilizó la deformación vertical como indicador del comportamiento del pavimento flexible, evidenciando que la disminución de la capacidad portante del suelo produjo un incremento progresivo de las deformaciones. Asimismo, los hallazgos guardaron relación con Espinoza y Jintiaich (2022), quienes determinaron que el análisis mediante retrocálculo permitió estimar el módulo resiliente y el CBR de la subrasante, concluyendo que los sectores con menores capacidades mecánicas requerían intervenciones de mantenimiento correctivo. Aunque en la presente investigación no se aplicó el método del retrocálculo, ambos estudios coincidieron en que la capacidad portante del suelo constituyó uno de los principales factores que condicionó el comportamiento estructural del pavimento flexible y la magnitud de las deformaciones desarrolladas bajo la acción de las cargas vehiculares.

Los resultados obtenidos también mostraron concordancia con la investigación desarrollada por Roa (2023), quien evaluó el comportamiento estructural del pavimento mediante deflectometría utilizando la viga Benkelman. El autor determinó que las deflexiones medidas permitieron diagnosticar el estado estructural de la vía y concluyó que la rehabilitación debía considerar previamente la calidad de los materiales y la capacidad portante de la estructura, debido a que una subrasante con propiedades mecánicas deficientes favorecía la aparición de fallas superficiales y estructurales. De manera similar, en la presente investigación se comprobó que un suelo arcilloso de alta plasticidad, con valores de CBR entre 5.10 % y 6.00 %, produjo deformaciones verticales comprendidas entre 16.67 mm y 19.61 mm, evidenciando que pequeñas variaciones en la resistencia del suelo influyeron directamente en el comportamiento del pavimento flexible. Asimismo,

la resistencia equivalente fluctuó entre 4.51 y 5.30 kg/cm<sup>2</sup>, confirmando que la baja capacidad portante de la subrasante limitó la respuesta estructural del pavimento. En consecuencia, ambos estudios coincidieron en que la caracterización geotécnica constituye una etapa indispensable para diseñar estrategias de conservación, rehabilitación o reforzamiento de pavimentos sometidos a condiciones desfavorables de soporte.

De igual manera, los resultados obtenidos fueron consistentes con las investigaciones de Miranda (2025) y Flores Cazorla (2021), quienes demostraron que la disminución de la capacidad portante de la subrasante incrementó las deflexiones y redujo el desempeño estructural del pavimento flexible. Miranda (2025) encontró que el incumplimiento de los requisitos de granulometría, índice de plasticidad y CBR en las capas granulares ocasionó deflexiones superiores a las admisibles, comprometiendo la capacidad estructural de la vía. Por su parte, Flores Cazorla (2021) concluyó que el comportamiento estructural mejoró en los sectores donde la subrasante presentó mejores características geotécnicas y menores deflexiones, evidenciando que el tipo de suelo condicionó directamente la respuesta del pavimento. Estos resultados respaldaron los hallazgos de la presente investigación, donde las calicatas con CBR de 6.00 % registraron las menores deformaciones (16.67 mm), mientras que la calicata con CBR de 5.10 % presentó la mayor deformación (19.61 mm). En consecuencia, se confirmó que la capacidad portante del suelo constituyó un factor determinante en el desempeño del pavimento flexible, incrementándose la deformación conforme disminuyó la resistencia mecánica de la subrasante.

Los resultados obtenidos también guardaron relación con la investigación de Ccarhuas Pérez (2025), desarrollada en la carretera Abancay–Andahuaylas, donde se concluyó que la heterogeneidad geotécnica de la subrasante influyó significativamente en el comportamiento estructural del pavimento flexible. El autor evidenció que los sectores con menor capacidad portante presentaron mayores deflexiones y un deterioro estructural más acelerado, recomendando la estabilización de la subrasante para mejorar el desempeño del pavimento. De manera semejante, en la presente investigación se observó que, aun cuando las



seis calicatas correspondieron a un mismo tipo de suelo clasificado como CH según el sistema SUCS y A-7-6 según AASHTO, la disminución del CBR de 6.00 % a 5.10 % produjo un incremento de la deformación vertical de 16.67 mm a 19.61 mm, confirmando que pequeñas variaciones en la capacidad resistente del suelo ocasionaron cambios importantes en la respuesta estructural del pavimento flexible. Estos resultados permitieron corroborar que la interacción suelo–pavimento depende directamente de las propiedades mecánicas de la subrasante, siendo el CBR un indicador confiable para estimar el comportamiento estructural y prever el desempeño del pavimento frente a las cargas vehiculares.

Asimismo, los resultados coincidieron con lo reportado por Guzmán (2021), quien evaluó el comportamiento estructural de pavimentos asfálticos en zonas de pendiente mediante ensayos de deflectometría, encontrando que las deflexiones características alcanzaron valores entre  $130.48 \times 10^{-2}$  mm y  $137.14 \times 10^{-2}$  mm, concluyendo que el 59 % del pavimento presentaba un estado estructural deficiente debido, principalmente, a las condiciones de la subrasante. Aunque la metodología empleada fue distinta, ambos estudios demostraron que la capacidad de soporte del suelo condicionó el comportamiento del pavimento flexible. En la presente investigación las deformaciones verticales oscilaron entre 16.67 mm y 19.61 mm, mientras que la resistencia equivalente se encontró entre 4.51 y 5.30 kg/cm<sup>2</sup>, evidenciando una menor capacidad de respuesta estructural frente a un suelo arcilloso de alta plasticidad. En conjunto, estos hallazgos permitieron concluir que el pavimento flexible presentó una mayor dependencia de las propiedades geotécnicas del suelo que el pavimento rígido, por lo que la estabilización de la subrasante o el incremento de su capacidad portante constituyen medidas fundamentales para disminuir las deformaciones, mejorar el comportamiento estructural y prolongar la vida útil de este tipo de pavimentos.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

En relación con el resultado del objetivo general, se determinó que la interacción entre el pavimento rígido y el pavimento flexible sobre un suelo arcilloso de alta plasticidad según la tabla 13 lo cual demuestra que la interacción del pavimento rígido presentó deformaciones entre 8,67 mm como mínimo y 9,64 mm como máximo, mientras que el pavimento flexible registró deformaciones entre 16,67 mm como mínimo y 19,61 mm como máximo, lo cual está condicionada por la baja capacidad portante de la subrasante, representada por valores de CBR comprendidos entre 5,10 % y 6,00 %. Los resultados demostraron que ambos sistemas estructurales incrementan su deformación vertical conforme disminuye el CBR; sin embargo, evidenciando un comportamiento estructural más eficiente del pavimento rígido.

En relación con el resultado del objetivo específico 01, en la tabla número 13 donde se muestra los diferentes valores se determinó que las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso de alta plasticidad la integridad estructural del pavimento rígido. Los resultados evidenciaron que todas las calicatas fueron clasificadas como CH según el sistema SUCS y A-7-6 según AASHTO, presentando índices de plasticidad entre 26,70 % y 33,90 % y valores de CBR entre 5,10 % y 6,00 %. Bajo estas condiciones, el pavimento rígido presentó deformaciones verticales entre 8,67 mm y 9,64 mm, observándose que las menores deformaciones correspondieron a las calicatas con mayor capacidad portante (CBR = 6,00 %), mientras que la mayor deformación (9,64 mm) se registró en la calicata con menor CBR (5,10 %). Estos resultados demuestran que existe una relación inversamente proporcional entre la capacidad portante de la subrasante y la deformación del pavimento rígido, aunque la elevada rigidez de la losa permitió limitar la magnitud de dichas deformaciones.



En contraste el resultado del objetivo específico 02, en la tabla número 13 donde se muestra los diferentes valores que el suelo arcilloso de alta plasticidad ejerce una influencia significativa sobre la integridad estructural del pavimento flexible. Los resultados evidenciaron la interacción en las deformaciones verticales comprendidas entre 16,67 mm y 19,61 mm, observándose nuevamente que las mayores deformaciones se presentaron en las calicatas con menor capacidad portante. En particular, para un CBR de 6,00 % la deformación fue de 16,67 mm, mientras que para un CBR de 5,10 % alcanzó 19,61 mm, demostrando que el pavimento flexible presenta una mayor dependencia del comportamiento mecánico de la subrasante debido a que transmite una mayor proporción de esfuerzos hacia las capas inferiores. En consecuencia, la presencia de suelos arcillosos de alta plasticidad incrementa considerablemente la deformabilidad del pavimento flexible y reduce su capacidad estructural cuando no se aplican medidas de mejoramiento del terreno.

## 6.2 Recomendaciones

Recomendación en base al resultado del objetivo general. se recomienda realizar una mejora integral del suelo de subrasante mediante estabilización con cal, cemento u otros aditivos que incrementen su capacidad portante y reduzcan su sensibilidad a la humedad. Además, es conveniente garantizar una adecuada drenaje superficial y subterráneo para evitar la acumulación de agua y minimizar los efectos de expansión y contracción del suelo arcilloso. En el diseño del pavimento rígido, se debe considerar la implementación de juntas y refuerzos que mitiguen los efectos de asentamientos diferenciales, mientras que en el pavimento flexible se sugiere aumentar el espesor de las capas granulares o emplear materiales de mayor calidad para mejorar la respuesta estructural. Finalmente, se aconseja realizar inspecciones y mantenimientos periódicos que permitan controlar la aparición de fisuras, deformaciones y ahuellamientos, asegurando una mayor estabilidad y durabilidad del sistema vial.

Recomendación en base al resultado del objetivo específico 01, según lo mostrado en la figura 04 se recomienda realizar una adecuada evaluación y estabilización del suelo antes del diseño del pavimento rígido, especialmente cuando los valores de CBR sean inferiores al 6 %, a fin de mejorar su capacidad portante y reducir las deformaciones. Asimismo, es conveniente incorporar un sistema de juntas de dilatación y control que

minimice los efectos de las tensiones térmicas y los asentamientos diferenciales. Finalmente, se sugiere aplicar un programa de mantenimiento preventivo y monitoreo periódico para garantizar la durabilidad y el óptimo desempeño estructural del pavimento frente a las cargas de servicio.

Recomendación en base al resultado del objetivo específico 02, según lo mostrado en la figura 05 se recomienda efectuar una adecuada mejora o estabilización del suelo en zonas donde los valores de CBR sean inferiores al 6 %, con el fin de incrementar su capacidad portante y reducir las deformaciones excesivas del pavimento flexible. Asimismo, es aconsejable optimizar el diseño estructural mediante un control riguroso de la compactación y el espesor de las capas granulares, garantizando una distribución uniforme de las cargas. Finalmente, se sugiere implementar un programa de mantenimiento preventivo periódico que permita corregir oportunamente las deflexiones o fisuras incipientes, asegurando así una mayor durabilidad y desempeño del pavimento en servicio.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**(MTC) MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES . 2018.** Manual de Carreteras: Suelos, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos (EG-2018). Lima, Peru : s.n., 2018.

**AASHTO. 2023.** Guía para el diseño de estructuras de pavimentos. 2023.

**ADMINISTRACIÓN FEDERAL DE CARRETERAS – FHWA. 2023.** Suelos expansivos y su influencia en el desempeño de los pavimentos. Departamento de Transporte de los Estados Unidos. 2023.

**CRESPO VILLALAZ, C. 2024.** Mecánica de suelos y cimentaciones. 2024.

**GONZÁLEZ DE VALLEJO, L. I. 2023.** Ingeniería geológica y geotecnia. 2023.

**Instituto del Asfalto. 2023.** Manual de diseño de mezclas asfálticas – Método Marshall. 2023.

**JIMÉNEZ SALAS, J. A., & JUSTO ALPAÑÉS, J. L. 2023.** Geotecnia y cimientos I: Propiedades de los suelos y de las rocas. 2023.

**MONTEJO FONSECA, P. A. 2023.** Ingeniería de pavimentos para carreteras. Mexico : s.n., 2023.

**MTC. 2023.** Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Lima, Peru : s.n., 2023.

**AASHTO, 2016.** *AASHTO Guidance* [en línea]. S.l.: s.n. [consulta: 16 julio 2026]. Disponible en: <https://regional.astm.org/es/standards/aashto>.

**ARIAS, F.G., 2012.** *El Proyecto de Investigación* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 9800785299. Disponible en: <https://abacoenred.org/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf>.

**BRAVO, M.K.G., 2023.** *Repositorio Universidad Estatal Península de Santa Elena: Evaluación del comportamiento estructural del pavimento flexible en vía Tugaduaja – Engunga del cantón y de la provincia de Santa Elena utilizando la viga Benkelman* [en línea]. S.l.: s.n. [consulta: 6 mayo 2024]. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/9218>.



**CABANILLAS, G.P.L., 2022.** *Estudio de las patologías del pavimento rígido aplicando los lineamientos de control del Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Perú* [en línea]. S.l.: s.n. [consulta: 18 mayo 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12802/10313>.

**CCARHUAS PÉREZ, R., 2025.** *Análisis estructural de pavimentos flexibles sobre subrasantes heterogéneas en la carretera Abancay – Andahuaylas, Apurímac* 2024. S.l.: s.n.

**CCARHUAS PÉREZ, R., 2025 b.** *Análisis estructural de pavimentos flexibles sobre subrasantes heterogéneas en la carretera Abancay – Andahuaylas, Apurímac* 2024. S.l.: s.n.

**CHOQUEHUAYTA GUTIERREZ, D.A., 2025.** *Evaluación de la condición superficial de pavimentos flexibles mediante métodos de inspección visual para la propuesta de alternativas de solución en vías de la Provincia de Melgar* 2025. S.l.: s.n.

**CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA, T. e I.-C., 2024.** Código Nacional de Integridad Científica. <https://repositorio.concytec.gob.pe/entities/publication/b0fe4014-f79a-4782-a567-035fcbb20b21>.

**CORDOVA, 2008.** Estadística Aplicada - Córdova | PDF. <https://es.scribd.com/document/693012459/Estadistica-aplicada-Co-rdova>.

**CORREO, N., 2019.** CCL: El 80% de las carreteras del Perú está en mal estado | ECONOMIA | CORREO. [en línea], [consulta: 19 mayo 2024]. Disponible en: <https://diariocorreo.pe/economia/ccl-el-80-de-las-carreteras-del-peru-esta-en-mal-estado-876224/>.

**CRESPO VILLALAZ, 2004.** Mecánica de Suelos & Cimentaciones - Crespo Villalaz - 5ta Edición. [en línea], [consulta: 29 abril 2024]. Disponible en: [https://www.academia.edu/33282463/Mecanica\\_de\\_suelos\\_Crespo\\_Villalaz?sm=b](https://www.academia.edu/33282463/Mecanica_de_suelos_Crespo_Villalaz?sm=b).

**DAVID, S., 2014.** Diseño de Pavimentos apuntes del curso. [https://www.academia.edu/7812204/Dise%C3%B1o\\_de\\_Pavimentos\\_apuntes\\_del\\_curso](https://www.academia.edu/7812204/Dise%C3%B1o_de_Pavimentos_apuntes_del_curso).

**DEL ÁGUILA CHUNG, R.A. y SILVA VARGAS, J.M., 2026.** *Evaluación estructural del pavimento rígido de la calle Corpac, entre la Av. Quiñones y la calle liberación, mediante esclerometría y su relación con la resistencia a la compresión, en San Juan Bautista – Maynas* 2025. S.l.: s.n.



**ESPINOZA, E.M.A. y JINTIACH, S.R.R., 2022.** *Evaluación de la superficie del pavimento flexible en la vía de conexión entre la Panamericana Norte y la calle Julia Bernal, mediante el análisis de la Viga Benkelman aplicando el método del Retrocálculo* [en línea]. S.l.: s.n. [consulta: 16 mayo 2024]. Disponible en: <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/13472>.

**FLORES CAZORLA, L.J., 2021.** *Evaluación del comportamiento estructural de pavimentos flexibles según suelo de subrasante, carretera Juliaca - Caracoto, Puno 2021.* [en línea]. S.l.: [consulta: 22 julio 2026]. Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/d8816eb7-6b2d-454f-b95a-afd7d4300b35/content>.

**FONSECA, A.M., 2002.** *Ingeniería de pavimentos - Alfonso Montejó Fonseca* [en línea]. S.l.: s.n. [consulta: 20 mayo 2024]. vol. 2. ISBN 958-96036-2-9. Disponible en: [https://www.academia.edu/22782711/Ingenieria\\_de\\_pavimentos\\_Alfonso\\_Montejó\\_Fonseca](https://www.academia.edu/22782711/Ingenieria_de_pavimentos_Alfonso_Montejó_Fonseca).

**GRAUX, Daniel., 1975.** *Fundamentos de mecánica del suelo, proyecto de muros y cimentaciones* [en línea]. S.l.: Editores técnicos asociados. [consulta: 1 mayo 2024]. ISBN 9788471460226. Disponible en: [https://www.google.com.pe/books/edition/Fundamentos\\_de\\_mec%C3%A1nica\\_del\\_suelo\\_proye/96EEoaVynI4C?hl=es&gbpv=1&dq=L%C3%ADmite+pl%C3%A1stico&pg=PA18&printsec=frontcover](https://www.google.com.pe/books/edition/Fundamentos_de_mec%C3%A1nica_del_suelo_proye/96EEoaVynI4C?hl=es&gbpv=1&dq=L%C3%ADmite+pl%C3%A1stico&pg=PA18&printsec=frontcover).

**GUZMAN, C.V.A., 2021.** *Comportamiento estructural de pavimento asfáltico en zonas de pendiente mediante la deflectometría calles del distrito Abancay Apurímac, 2021* [en línea]. S.l.: s.n. [consulta: 16 mayo 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/92624>.

**HERNÁN, S., 2019.** *Gestión de infraestructura vial 3ed.* S.l.: Alfaomega. ISBN 9789587785081.

**HERNÁNDEZ, S.R., FERNÁNDEZ, C.C. y DEL PILAR BAPISTA, L.M., 2014.** *Metodología de la investigación* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 9781456223960. Disponible en: <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%20ta%20ed.pdf>.



**ISO/IEC 17025:2017**, 2017. S.l.: s.n.

**M, D.B., 2011.** *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*. S.l.: s.n.

**MENENDEZ ACURIO, J.R., 2009.** *Ingeniería de Pavimentos* - Ing Jose Rafael Menendez Acuario | PDF. <https://es.scribd.com/document/394190553/Ingenieria-de-Pavimentos-Ing-Jose-Rafael-Menendez-Acuario>.

**MIRANDA SACACA, E.R., 2025.** *Evaluación estructural del pavimento flexible mediante la medición de deflexiones máximas y la calidad en las capas granulares de la vía Juliaca – Caracoto 2025*. S.l.: s.n.

**MOSCOSO MELO, A. y MARCOS CHUTA, W.R., 2025.** *Análisis de energía de compactación en conformación de bases para pavimento rígido urbano en el distrito de Challhuahuacho, Apurímac*. S.l.: s.n.

**MTC, 2016.** *Manual Ensayo de Materiales (1)*. [en línea], [consulta: 29 abril 2024]. Disponible en: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf).

**NAVIDI, W., 2006.** *Estadística para Ingenieros*. [en línea], [consulta: 14 julio 2026]. Disponible en: [https://www.uteg.edu.ec/biblioteca-libros/wp-content/uploads/2022/11/Estadistica\\_para\\_ingenieros\\_y\\_cientificos.pdf](https://www.uteg.edu.ec/biblioteca-libros/wp-content/uploads/2022/11/Estadistica_para_ingenieros_y_cientificos.pdf).

**PELÁEZ, D.P.C., 2026.** *Análisis de la deformación permanente mediante ensayos multietapa en capas inferiores del pavimento*. S.l.: s.n.

**PEREZ TEJADA, H.E., 2000.** *Elorza Estadística Aplicada para Las Ciencias Sociales y Del Comportamiento* | PDF. S.l.: s.n.

**QUINTANA, R.H.A., 2022.** *Materiales o ligantes asfálticos*. S.l.: s.n. ISBN 9789587711769.

**REPOSITORIO INSTITUCIONAL 2018** .<https://vrin.unamba.edu.pe/repositorio-institucional>, 2018.

**ROA, G.A.M., 2023.** *Análisis de pavimento de la Cra. 7 entre av. 26 y av. circunvalar en la ciudad de Neiva bajo el ensayo de deflectometría*. [en línea]. S.l.: s.n. [consulta: 27 junio 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12494/53215>.



**RODRÍGUEZ, S.Y., 2020.** *Metodología de la investigación* [en línea]. S.l.: Klik. ISBN 9786078682225. Disponible en:

[https://www.google.com.pe/books/edition/Metodología\\_de\\_la\\_investigación/x9s6EAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0](https://www.google.com.pe/books/edition/Metodología_de_la_investigación/x9s6EAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0).

**ROMERO RAMOS, E., 2015.** *Estadística para todos - Ediciones Pirámide*. S.l.: s.n.

**RONDÓN, Q.H.Alexander. y REYES, L.F.Alberto., 2022.** *Pavimentos - 2da Edición Materiales, Construcción y Diseño*. [en línea]. S.l.: ECOE Ediciones. [consulta: 2 mayo 2024]. ISBN 9789585031159. Disponible en:

[https://www.google.com.pe/books/edition/Pavimentos\\_2da\\_edici%C3%B3n/UBt1EAAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=dise%C3%B1o+de+pavimentos+flexibles&printsec=frontcover](https://www.google.com.pe/books/edition/Pavimentos_2da_edici%C3%B3n/UBt1EAAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=dise%C3%B1o+de+pavimentos+flexibles&printsec=frontcover).

**TRUJILLO, C.J., 2023.** *Ejecución de pavimentos de hormigón impreso* [en línea]. S.l.: IC Editorial. [consulta: 1 mayo 2024]. ISBN 9788411035996. Disponible en: [https://www.google.com.pe/books/edition/Ejecuci%C3%B3n\\_de\\_pavimentos\\_de\\_hormig%C3%B3n\\_im/noPEEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=pavimento+R%C3%ADgido+y+flexible&pg=PT16&printsec=frontcover](https://www.google.com.pe/books/edition/Ejecuci%C3%B3n_de_pavimentos_de_hormig%C3%B3n_im/noPEEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=pavimento+R%C3%ADgido+y+flexible&pg=PT16&printsec=frontcover).

**VILLALOBOS, JARA FELIPE, 2016.** *Mecánica de Suelos: Segunda Edición* [en línea]. S.l.: s.n. [consulta: 13 octubre 2024]. Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=1ALpDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR10&dq=mecanica+de+suelos&ots=Fr2CJefeep&sig=zKG5vLHC6QWkrTe6g94Y3A8HTZo#v=onepage&q&f=false>.



## ANEXOS

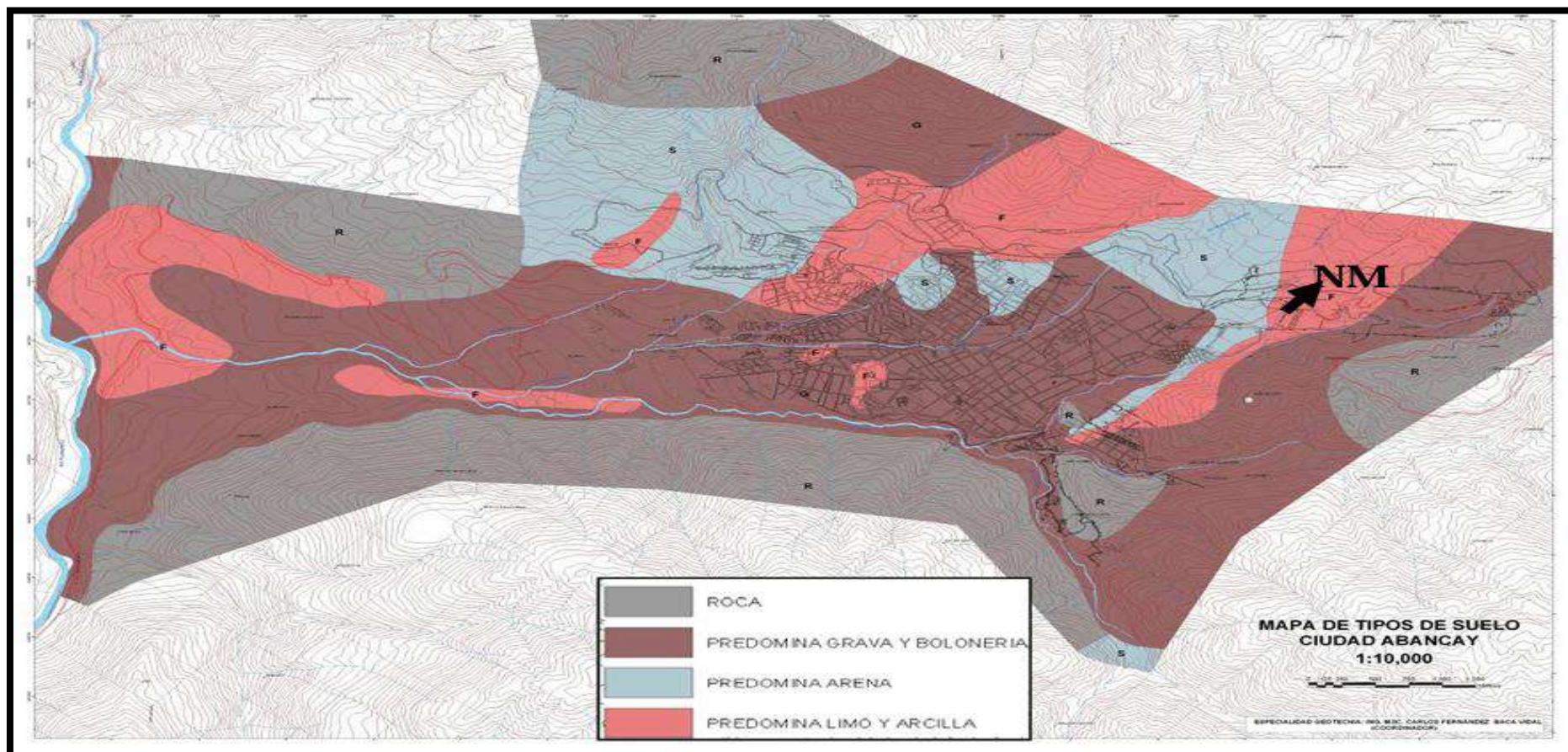


## Anexo A

### MATRIZ DE CONSISTENCIA Y MAPAS

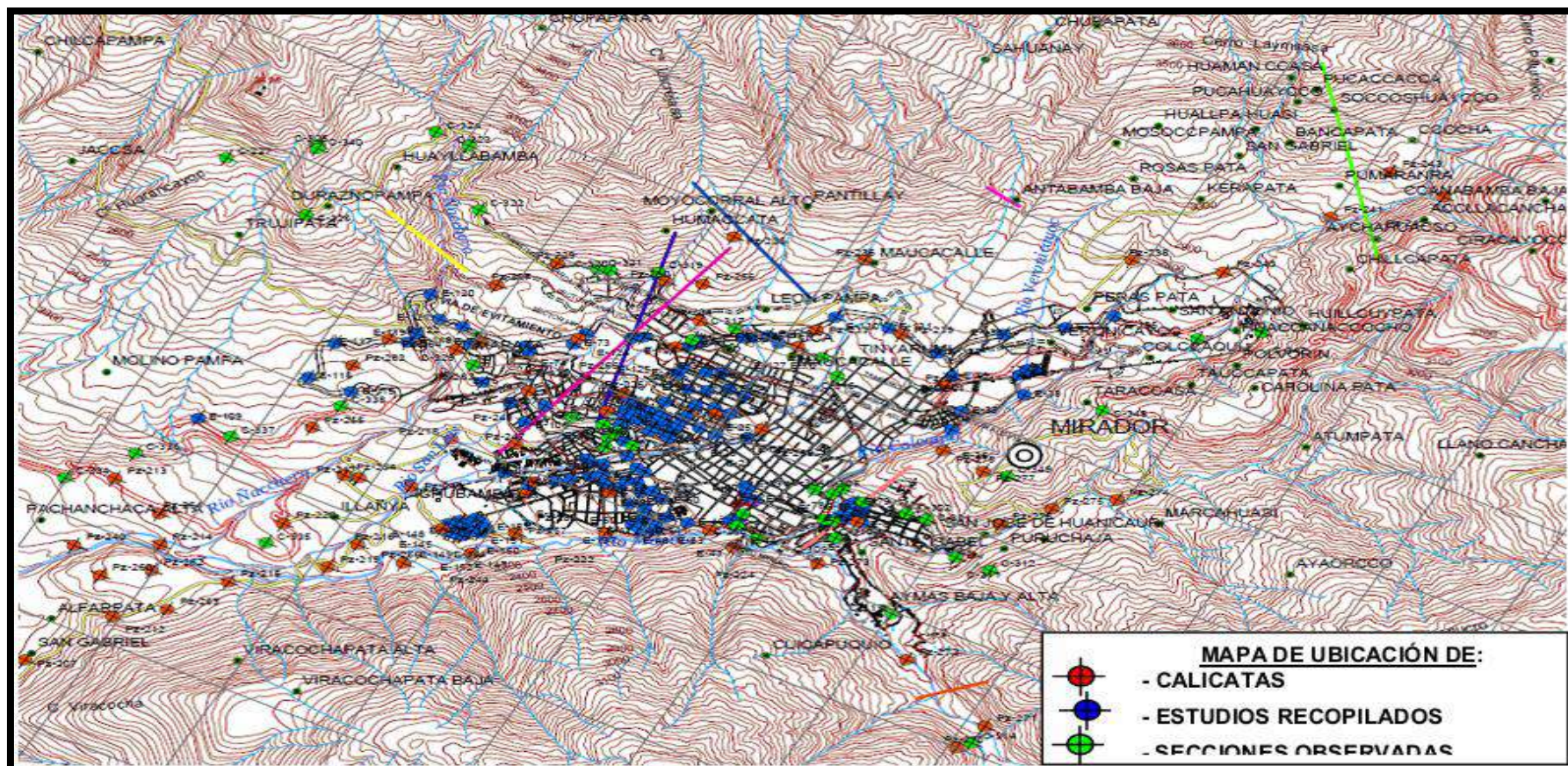
**Tabla 18 — Matriz de consistencia de interacción del pavimento rígido y flexible en el suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025**

| PROBLEMA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | OBJETIVOS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | HIPÓTESIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | VARIABLES E INDICADORES             |                                                                            |                                                                                       |                                                                                    | METODOLOGÍA                                                 |                                                                                                     |                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Problema general:</b><br>¿Cómo es la interacción del pavimento rígido y flexible en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025?                                                                                                                                                                                     | <b>Objetivo general:</b><br>Determinar la interacción del pavimento rígido y flexible en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025                                                                                                                                                                                      | <b>Hipótesis general:</b><br>Existe interacción del pavimento rígido y flexible en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac - 2025                                                                                                                                                                              | VARIABLES                           | DIMENSIÓN                                                                  | INDICADORES                                                                           | UNIDAD DE MEDIDA                                                                   | <b>Tipo de investigación:</b><br>Investigación experimental |                                                                                                     |                                                                                                      |
| <b>Problemas específicos:</b><br><br><ul style="list-style-type: none"><li>¿Cómo es la interacción del pavimento rígido en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac, 2025?</li><li>¿Cómo es la interacción del pavimento flexible en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac, 2025?</li></ul> | <b>Objetivos específicos:</b><br><br><ul style="list-style-type: none"><li>Determinar la interacción del pavimento rígido en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac, 2025</li><li>Determinar la interacción del pavimento flexible en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac, 2025</li></ul> | <b>Hipótesis específicas:</b><br><br><ul style="list-style-type: none"><li>Existe interacción del pavimento rígido en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac, 2025</li><li>Existe interacción del pavimento flexible en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac, 2025</li></ul> | VAR. INDEPENDIENTE                  | Propiedades físicas del suelo                                              | <ul style="list-style-type: none"><li>Contenido de humedad</li></ul>                  | <ul style="list-style-type: none"><li>Porcentaje (%)</li></ul>                     | <b>Nivel:</b><br>descriptiva.                               |                                                                                                     |                                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | X:                                  |                                                                            | <ul style="list-style-type: none"><li>Límites de Atterberg</li></ul>                  | <ul style="list-style-type: none"><li>Valores numéricos del LL, LP, e IP</li></ul> |                                                             |                                                                                                     |                                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Suelo arcilloso de alta plasticidad |                                                                            | <ul style="list-style-type: none"><li>Granulometría</li></ul>                         | <ul style="list-style-type: none"><li>Porcentaje (%)</li></ul>                     |                                                             |                                                                                                     |                                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                     |                                                                            | <ul style="list-style-type: none"><li>Densidad del suelo</li></ul>                    | <ul style="list-style-type: none"><li>(g/cm³)</li></ul>                            |                                                             |                                                                                                     |                                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                     |                                                                            | <ul style="list-style-type: none"><li>Contenido óptimo de humedad</li></ul>           | <ul style="list-style-type: none"><li>Porcentaje (%)</li></ul>                     |                                                             |                                                                                                     |                                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Propiedades mecánicas del suelo     | <ul style="list-style-type: none"><li>Coeficiente de soporte CBR</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>Porcentaje (%)</li></ul>                        | <b>Diseño:</b><br>Experimental                                                     |                                                             |                                                                                                     |                                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | VAR. DEPENDIENTE                    | Pavimento rígido                                                           | <ul style="list-style-type: none"><li>Deformación del pavimento</li></ul>             |                                                                                    |                                                             | <ul style="list-style-type: none"><li>Deformación vertical bajo carga (mm)</li></ul>                | <b>La Población:</b><br>La población para este estudio estaría conformada por las muestras de suelo. |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Y:                                  |                                                                            | <ul style="list-style-type: none"><li>Integridad estructural del Pavimento:</li></ul> |                                                                                    |                                                             | <ul style="list-style-type: none"><li>Resistencia a la deformación del pavimento (kg/cm²)</li></ul> |                                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Pavimento rígido y flexible         | Pavimento flexible                                                         | <ul style="list-style-type: none"><li>Deformación del pavimento</li></ul>             |                                                                                    |                                                             | <ul style="list-style-type: none"><li>Deformación vertical bajo carga (mm)</li></ul>                |                                                                                                      |
| <ul style="list-style-type: none"><li>Integridad estructural del Pavimento:</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"><li>Resistencia a la deformación del pavimento (kg/cm²)</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                     |                                                                            |                                                                                       |                                                                                    |                                                             |                                                                                                     |                                                                                                      |



FUENTE: INDECI, 2007

**Figura 6 — Mapa de tipología de suelo de la ciudad de Abancay**



FUENTE: INDECI, 2007

**Figura 7 — Estudio geotécnico de la ciudad de Abancay**

## Anexo B

### RECONOCIMIENTO DE CAMPO



Figura 8 — Reconocimiento de campo preliminar 01



Figura 9 — Reconocimiento de campo preliminar 02



**Figura 10 — Reconocimiento de campo preliminar 03**

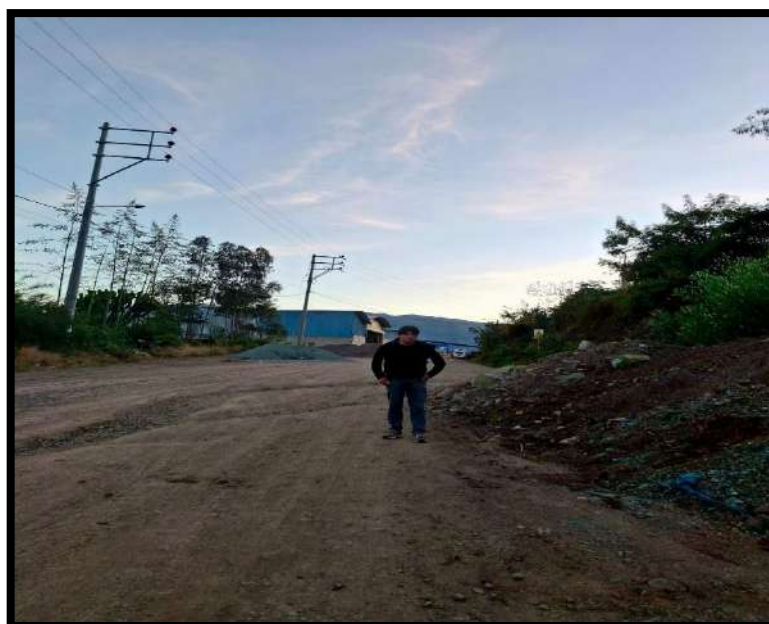


**Figura 11 — Reconocimiento de campo preliminar 04**



Figura 12 — Extracción de la muestra representativa 01



Figura 13 — Extracción de la muestra representativa 02



Figura 14 — Extracción de la muestra representativa 03



Figura 15 — Extracción de la muestra representativa 04.





## Anexo C

### EVIDENCIAS DE LABORATORIO DE LABORATORIO



Figura 19 — Partículas retenidas en cada tamiz C-01



Figura 20 — Partículas retenidas en cada tamiz C-01

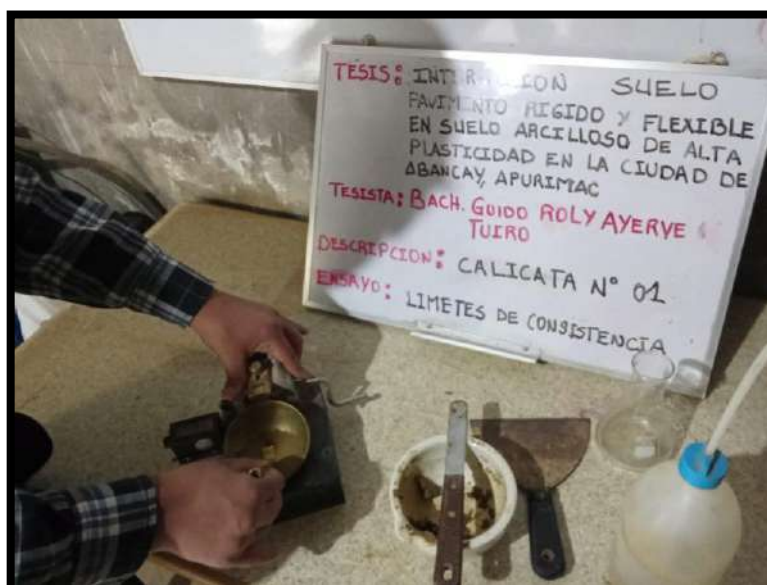


Figura 21 — Límites de consistencia- límite plástico C-01



Figura 22 — Partículas retenidas en cada tamiz C-3



Figura 23 — Límites de consistencia- límite plástico C-02



Figura 24 — Partículas retenidas en cada tamiz C-04



Figura 25 — Límites de consistencia- Límite Plástico C-4



Figura 26 — Límites de consistencia- Límite Plástico C-5



Figura 27 — Límites de consistencia- Límite Plástico C-6



Figura 28 — Ensayo CBR al 95%

## Anexo D

### RESULTADOS DE LABORATORIO



Figura 29 — Informe de laboratorio

|                                                                                   |                     |                                                                                                                             |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA            | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERVE TURO                                                                                        | Versión: 01           |  |
|                                                                                   | NOMBRE DEL PROYECTO | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024 | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
|                                                                                   | UBICACIÓN           | ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC                                                                                                | Página: 2 de 69       |                                                                                     |
|                                                                                   | INTERVENCIÓN        | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           | Verificado: SI        |                                                                                     |

## ÍNDICE

|          |                                                                 |           |
|----------|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>GENERALIDADES</b>                                            | <b>3</b>  |
| 1.1      | OBJETIVO DEL ESTUDIO                                            | 3         |
| 1.2      | NORMATIVIDAD                                                    | 3         |
| 1.3      | UBICACIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO                                 | 3         |
| 1.4      | ACCESO AL LUGAR DEL PROYECTO                                    | 4         |
| <b>2</b> | <b>SISMICIDAD</b>                                               | <b>5</b>  |
| <b>3</b> | <b>UBICACIÓN Y ESTUDIO DEL SUELO</b>                            | <b>5</b>  |
| 3.1      | TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN                                       | 6         |
| 3.2      | REGISTROS DE EXPLORACIÓN                                        | 6         |
| 3.3      | PERFILES ESTRATIGRÁFICOS                                        | 6         |
| 3.4      | PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO CBR                                    | 13        |
| 3.5      | ENSAYOS DE LABORATORIO                                          | 14        |
| 3.6      | RESULTADOS DE LOS LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS           | 16        |
| <b>4</b> | <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>                           | <b>18</b> |
| 4.1      | CONCLUSIONES                                                    | 18        |
| 4.2      | RECOMENDACIONES                                                 | 19        |
|          | ANEXOS                                                          | 21        |
|          | HOJAS DE CÁLCULO                                                | 21        |
|          | PANEL FOTOGRÁFICO - REGISTRO FOTOGRÁFICO DE CAMPO Y LABORATORIO | 65        |
|          | PLANO DE CALICATAS                                              | 69        |

**ECX – INGENIEROS E.I.R.L.**  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC



20609203570

Jr. los Lirios Nro. 5n;  
Urbanización: Palibamba  
Baja

  
Ing. Johon R. Naranjo Cabezas  
RESPONSABLE TÉCNICO

Figura 30 — Informe de laboratorio

|                                                                                   |                     |                                                                                                                             |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA            | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERVE TURO                                                                                        | Version: 01           |  |
|                                                                                   | NOMBRE DEL PROYECTO | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURIMAC-2024 | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
|                                                                                   | UBICACIÓN           | ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC                                                                                                | Página: 3 de 69       |                                                                                     |
|                                                                                   | INTERVENCIÓN        | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           | Verificado: SI        |                                                                                     |

**1 GENERALIDADES**

**1.1 OBJETIVO DEL ESTUDIO**  
El presente informe técnico tiene por finalidad obtener las características físicas y mecánicas de las arcillas de alta plasticidad (CH) de la tesis: "Interacción suelo-pavimento rígido y flexible en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurimac-2024".

**1.2 NORMATIVIDAD**  
El presente informe está regido por las siguientes normas:

- Manual de ensayo de materiales.
- EG - 2013 Manual de carreteras.
- Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito
- NTP - E 050

**1.3 UBICACIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO**  
La región Apurímac se encuentra situada en la zona centro sur del territorio peruano con una superficie de 20896 Km², limitada al Norte y Este con la región de Cusco, al Sur con la región de Arequipa y al Oeste con la región de Ayacucho, conformada por 07 provincias.

**Ubicación política del proyecto**

- Departamento/Región : Apurímac
- Provincia : Abancay
- Distrito : Abancay
- Calle : Vía de evitamiento - Abancay

**Ubicación geográfica del proyecto**

- Región geográfica : Sierra
- Coordenadas
  - Altitud : 2483.03 m.s.n.m.
  - Este : 727131
  - Norte : 8491940

La zona del presente estudio se encuentra ubicada respectivamente en la ciudad de Abancay, del distrito de Abancay, provincia de Abancay, Región Apurímac.

**ECX - INGENIEROS E.I.R.L.**  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC  
  
20609203570  
Jr. los Lirios Nro. 5n;  
Urbanización: Palibamba  
Baja

  
Ing. John R. Noharima Cabezas  
RESPONSABLE ECX  
018-2411111

Figura 31 — Informe de laboratorio generalidades

|                                                                                   |                     |                                                                                                                             |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
|  | SOLICITA            | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERRE TURO                                                                                        | Version: 01           |
|                                                                                   | NOMBRE DEL PROYECTO | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024 | Fecha: DICIEMBRE 2025 |
|                                                                                   | UBICACIÓN           | ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC                                                                                                | Página: 4 de 69       |
|                                                                                   | INTERVENCIÓN        | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           | Verificado: SI        |

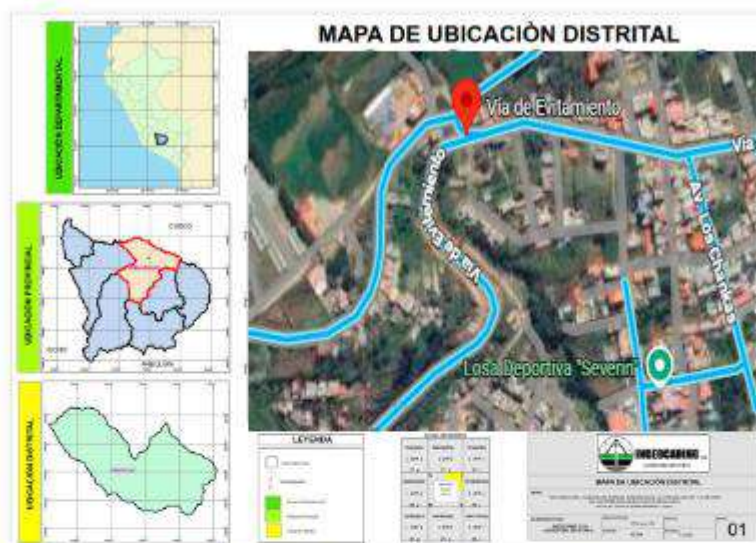


Imagen 01: ubicación del proyecto. / Fuente: equipo técnico

#### 1.4 ACCESO AL LUGAR DEL PROYECTO

El acceso es por vía terrestre desde la universidad "UNAMBA" hasta el lugar del proyecto es por un tramo de 2.1Km – 2.5Km en un tiempo de recorrido de 08 min. Aproximadamente.

| DESDE  | HASTA              | DISTANCIA (KM) | TIPO DE VIA            | TIEMPO (min) |
|--------|--------------------|----------------|------------------------|--------------|
| UNAMBA | Via de Evitamiento | 2.1Km – 2.5 Km | Pavimentada - Afirmado | 14 min       |

Cuadro Nº 01 Distancias y tiempo de recorrido. Fuente: Equipo técnico

Accesibilidad desde la Universidad UNAMBA de Abancay hacia la Via de Evitamiento – Abancay.

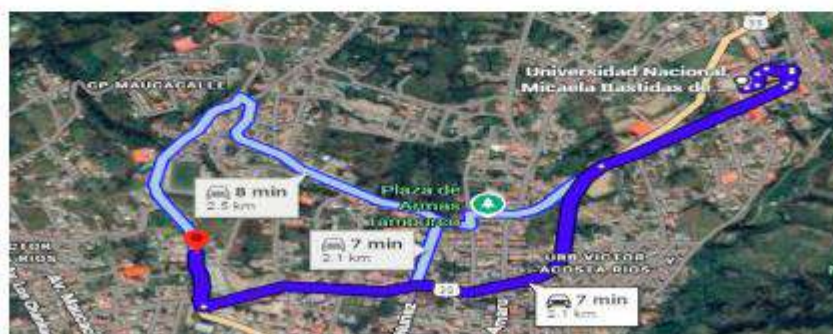


Figura N.º 01.1 Accesibilidad a la zona de estudio. / Fuente: Google Maps

**ECX – INGENIEROS E.I.R.L.**  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC



20609203570

Jr. los Lirios Nro. 5n;  
Urbanización: Palibamba  
Baja

  
Ing. Johan R. Naharima Cabezas  
RESPONSABLE LABORATORIO  
Pag: 4

Figura 32 — Informe de laboratorio mapa de ubicación distrital

|                                                                                   |                     |                                                                                                                             |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA            | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERRE TURO                                                                                        | Version: 01           |  |
|                                                                                   | NOMBRE DEL PROYECTO | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024 | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
|                                                                                   | UBICACIÓN           | ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC                                                                                                | Página: 5 de 69       |                                                                                     |
|                                                                                   | INTERVENCIÓN        | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           | Verificado: SI        |                                                                                     |

## 2 SISMICIDAD

De acuerdo a la **Zonificación Sísmica del Perú**, establecido en la Norma de Diseño Sismo Resistente E-030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, **el distrito de Abancay se encuentra en la Zona 2.**

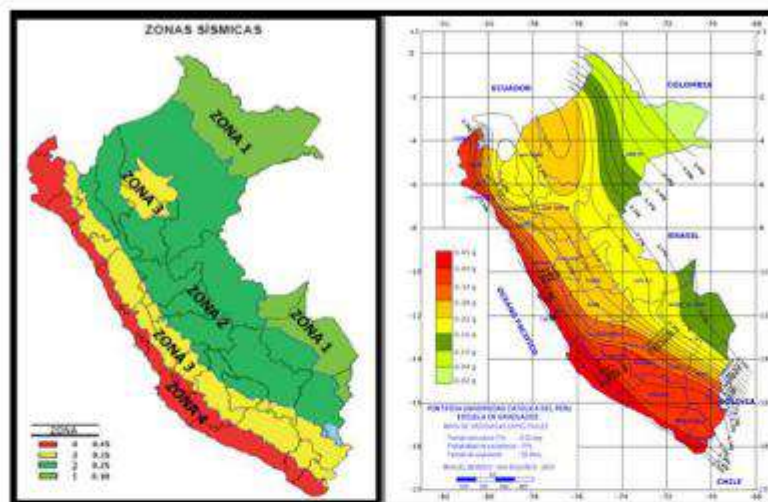


Figura N.º 02.1 Mapa de Zonificación Sísmica. / Fuente: RNE E 030.

A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la tabla siguiente. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

| FACTORES DE ZONA "Z" |             |
|----------------------|-------------|
| ZONA                 | Z           |
| 4                    | 0.45        |
| 3                    | 0.35        |
| <b>2</b>             | <b>0.25</b> |
| 1                    | 0.10        |

Cuadro N.º 01 Factores de Zona. / Fuente: RNE E 030.

De acuerdo a la **Zonificación Sísmica del Perú**, establecido en la Norma de Diseño Sismo Resistente E-030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, **el distrito de Abancay se encuentra en la Zona 2, y su correspondiente factor de zona "Z" = 0.25.**

## 3 UBICACIÓN Y ESTUDIO DEL SUELO

El estudio de mecánica de suelos del proyecto permite determinar sus propiedades físico mecánicas de este mismo, con estas características establecer la calidad del suelo y garantizar la estabilidad de las estructuras del proyecto, estas propiedades se determinan con ensayos de laboratorio.

Mencionado lo anterior, los suelos arcillosos de alta plasticidad serán sometidos al estudio del suelo para determinar las propiedades físico mecánicas de la misma.

**ECX – INGENIEROS E.I.R.L.**  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC



20609203570

Jr. los Lirios Nro. 5n,  
Urbanización: Palibamba  
Baja

  
Ing. John R. Nahuarima Cabezas  
RESPONSABLE TÉCNICO  
CIP: 294745

Pag: 5

Figura 33 — Informe de laboratorio zonificación

|                                                                                   |                     |                                                                                                                             |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA            | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERVE TURO                                                                                        | Version: 01           |  |
|                                                                                   | NOMBRE DEL PROYECTO | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURIMAC-2024 | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
|                                                                                   | UBICACIÓN           | ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC                                                                                                | Página: 6 de 69       |                                                                                     |
|                                                                                   | INTERVENCIÓN        | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           | Verificado: SI        |                                                                                     |

El lugar de donde provienen estas muestras se denomina de la ciudad de Abancay, ubicado en la jurisdicción del distrito de Abancay de la provincia de Abancay tal como se muestra en la siguiente tabla.

| CALICATA | TRAMO             | ESTE   | NORTE   | CAPA       | OBS. |
|----------|-------------------|--------|---------|------------|------|
| C-01     | Ciudad de Abancay | 748569 | 8492726 | Subrasante | -    |
| C-02     | Ciudad de Abancay | 730974 | 8493741 | Subrasante | -    |
| C-03     | Ciudad de Abancay | 730970 | 8493746 | Subrasante | -    |
| C-04     | Ciudad de Abancay | 727601 | 8492570 | Subrasante | -    |
| C-05     | Ciudad de Abancay | 728071 | 8492479 | Subrasante | -    |
| C-06     | Ciudad de Abancay | 726284 | 8491379 | Subrasante | -    |

Cuadro 01.1. / Fuente: equipo técnico

### 3.1 TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Se ha muestreado un total de tres (06) calicatas, además se ha intervenido a estas basándose en el manual de carreteras "EG - 2013, Especificaciones Técnicas Generales para Construcción". De acuerdo a las características del suelo y fines del proyecto se ha excavado los tres (06) calicatas de exploración a cielo abierto, denominados C-01, C-02, C-03, C-04, C-05 y C-06 se tomaron muestras alteradas (disturbadas), cada tipo encontrado se identificó y describió visualmente, de acuerdo a la norma técnica peruana NTP 339.150.

### 3.2 REGISTROS DE EXPLORACIÓN

Según la clasificación SUCS y ASTHO tenemos los siguientes resultados:

| REGISTRO DE EXPLORACIÓN |                                 |            |                                            |              |
|-------------------------|---------------------------------|------------|--------------------------------------------|--------------|
| CALICATA                | Caracterización de los estratos |            |                                            |              |
|                         | Estratos                        | Capa       | Composición - Clasificación (SUCS y ASTHO) | Observación. |
| C-01                    | E - 02                          | Subrasante | CH/A-7-6(8)                                | Arcilla A. P |
| C-02                    | E - 02                          | Subrasante | CH/A-7-6(14)                               | Arcilla A. P |
| C-03                    | E - 02                          | Subrasante | CH/A-7-6(17)                               | Arcilla A. P |
| C-04                    | E - 02                          | Subrasante | CH/ A-7-6(17)                              | Arcilla A. P |
| C-05                    | E - 02                          | Subrasante | CH/ A-7-6(17)                              | Arcilla A. P |
| C-06                    | E - 02                          | Subrasante | CH/ A-7-6(16)                              | Arcilla A. P |

Cuadro 02. / Fuente: equipo técnico

### 3.3 PERFILES ESTRATIGRÁFICOS

El perfil de los suelos registrados en las calicatas hasta la profundidad de investigación según norma, está conformado de la siguiente manera:

**ECX - INGENIEROS E.I.R.L.**  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC



20609203570

Jr. los Lirios Nro. 5n;  
Urbanización: Palibamba  
Baja

  
Ing. John R. Nahuatime Cabezas  
RESPONSABLE TÉCNICO  
Pag: 6

Figura 34 — Informe de laboratorio registros de exploración

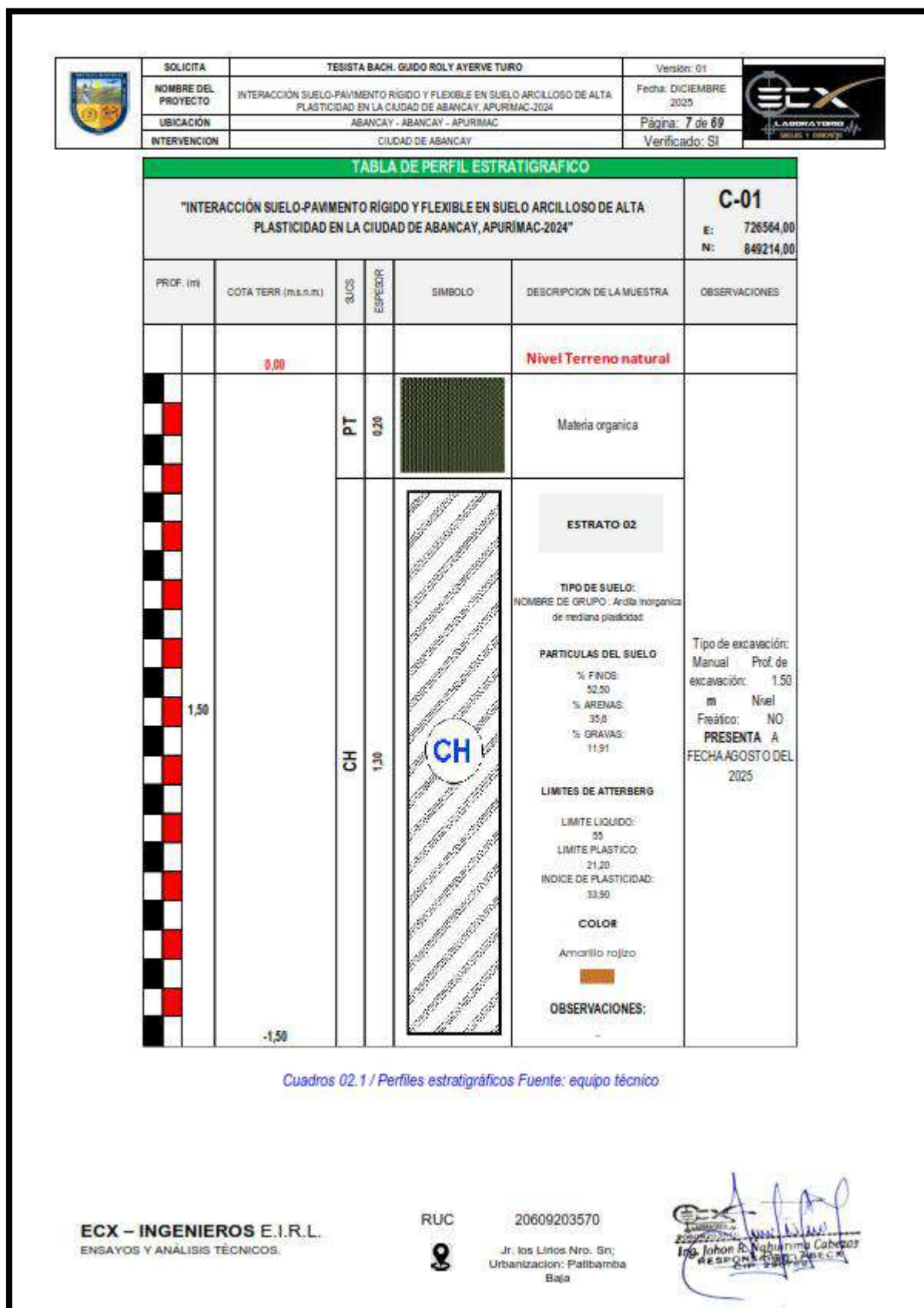


Figura 35 — Informe de laboratorio tabla de perfil estratigráfico C-01

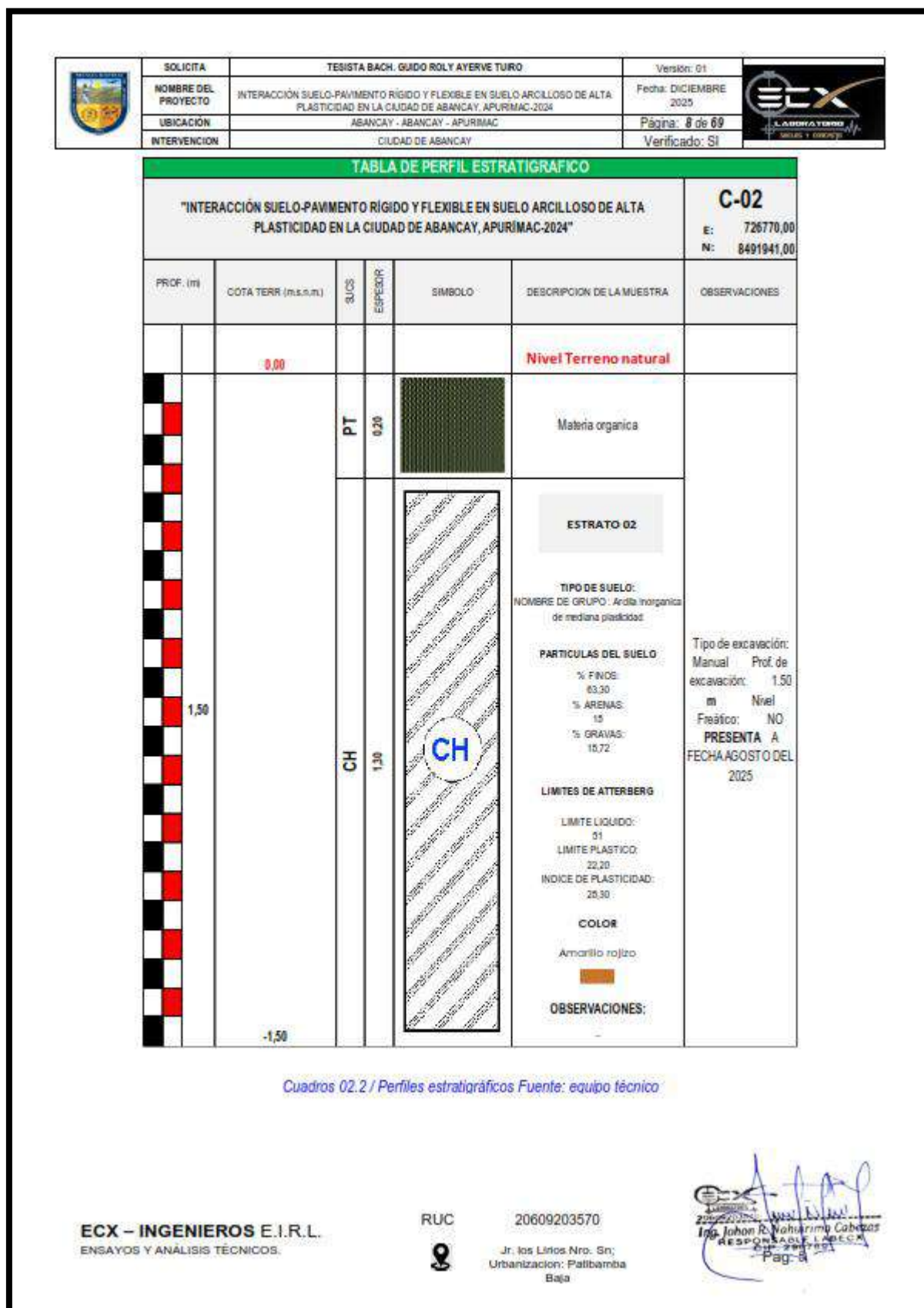


Figura 36 — Informe de laboratorio perfil estratigráfico C-02

|                                                                                   |                     |                                                                                                                             |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA            | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERVE TURO                                                                                        | Version: 01           |  |
|                                                                                   | NOMBRE DEL PROYECTO | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024 | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
|                                                                                   | UBICACIÓN           | ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC                                                                                                | Página: 9 de 69       |                                                                                     |
|                                                                                   | INTERVENCIÓN        | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           | Verificado: SI        |                                                                                     |

| TABLA DE PERFIL ESTRATIGRAFICO                                                                                                |                      |      |         |                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------|---------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| "INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024" |                      |      |         |                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>C-03</b>                                                                                                            |
|                                                                                                                               |                      |      |         |                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | E: 727131,00<br>N: 8491940,00                                                                                          |
| PROF. (m)                                                                                                                     | COTA TERR (m.s.n.m.) | SUCS | ESPESOR | SÍMBOLO                                                                            | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | OBSERVACIONES                                                                                                          |
|                                                                                                                               | 0,00                 |      |         |                                                                                    | Nivel Terreno natural                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                        |
|                                                                                                                               |                      | PT   | 0,20    |   | Materia orgánica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                        |
|                                                                                                                               |                      | CH   | 1,30    |  | ESTRATO 02<br><br>TIPO DE SUELO:<br>NOMBRE DE GRUPO: Arcilla inorgánica de mediana plasticidad<br><br>PARTÍCULAS DEL SUELO<br>% FINOS: 72,20<br>% ARENAS: 17,9<br>% GRAVAS: 9,99<br><br>LÍMITES DE ATTERBERG<br>LÍMITE LÍQUIDO: 32<br>LÍMITE PLÁSTICO: 22,20<br>ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 30,20<br><br>COLOR<br>Amarillo rojizo<br><br>OBSERVACIONES:<br>- | Tipo de excavación:<br>Manual Prof. de excavación: 1,50 m Nivel<br>Freático: NO<br>PRESENTA A<br>FECHA AGOSTO DEL 2025 |
|                                                                                                                               | -1,50                |      |         |                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                        |

Cuadros 02.3 / Perfiles estratigráficos Fuente: equipo técnico

**ECX - INGENIEROS E.I.R.L.**  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC



20609203570

Jr. los Lirios Nro. 5n;  
Urbanización: Palibamba  
Baja

  
Ing. Johan R. Naharima Cabezas  
RESPONSABLE TÉCNICO

Figura 37 — Informe de laboratorio perfil estratigráfico C-03

|                                                                                   |                     |                                                                                                                             |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
|  | SOLICITA            | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERVE TURO                                                                                        | Version: 01           |
|                                                                                   | NOMBRE DEL PROYECTO | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURIMAC-2024 | Fecha: DICIEMBRE 2025 |
|                                                                                   | UBICACIÓN           | ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC                                                                                                | Página: 10 de 69      |
|                                                                                   | INTERVENCIÓN        | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           | Verificado: SI        |

| TABLA DE PERFIL ESTRATIGRAFICO                                                                                                |                       |      |         |                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------|---------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| "INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURIMAC-2024" |                       |      |         |                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>C-04</b><br>E: 727565,00<br>N: 8492156,00                                                                                  |
| PROF. (m)                                                                                                                     | COTA TERR. (m.s.n.m.) | SUCS | ESPESOR | SIMBOLO                                                                            | DESCRIPCION DE LA MUESTRA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | OBSERVACIONES                                                                                                                 |
|                                                                                                                               | 0,00                  |      |         |                                                                                    | <b>Nivel Terreno natural</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                               |
|                                                                                                                               |                       | PT   | 0,20    |   | Materia organica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                               |
|                                                                                                                               |                       | CH   | 1,30    |  | <b>ESTRATO 02</b><br><br>TIPO DE SUELO:<br>NOMBRE DE GRUPO : Arcilla inorganica de mediana plasticidad<br><br>PARTICULAS DEL SUELO<br>% FINOS: 80,30<br>% ARENAS: 19,70<br>% GRAVAS: 0,00<br><br>LIMITE DE ATTERBERG<br>LIMITE LIQUIDO: 51<br>LIMITE PLASTICO: 21,70<br>INDICE DE PLASTICIDAD: 29,60<br><br>COLOR<br>Amarillo rojizo<br><br>OBSERVACIONES:<br>- | Tipo de excavación:<br>Manual Prof. de excavación: 1,50 m Nivel<br>Freático: NO<br><b>PRESENTA A</b><br>FECHA AGOSTO DEL 2025 |
|                                                                                                                               | -1,50                 |      |         |                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                               |

Cuadros 02.4 / Perfiles estratigráficos Fuente: equipo técnico

**ECX – INGENIEROS E.I.R.L.**  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC



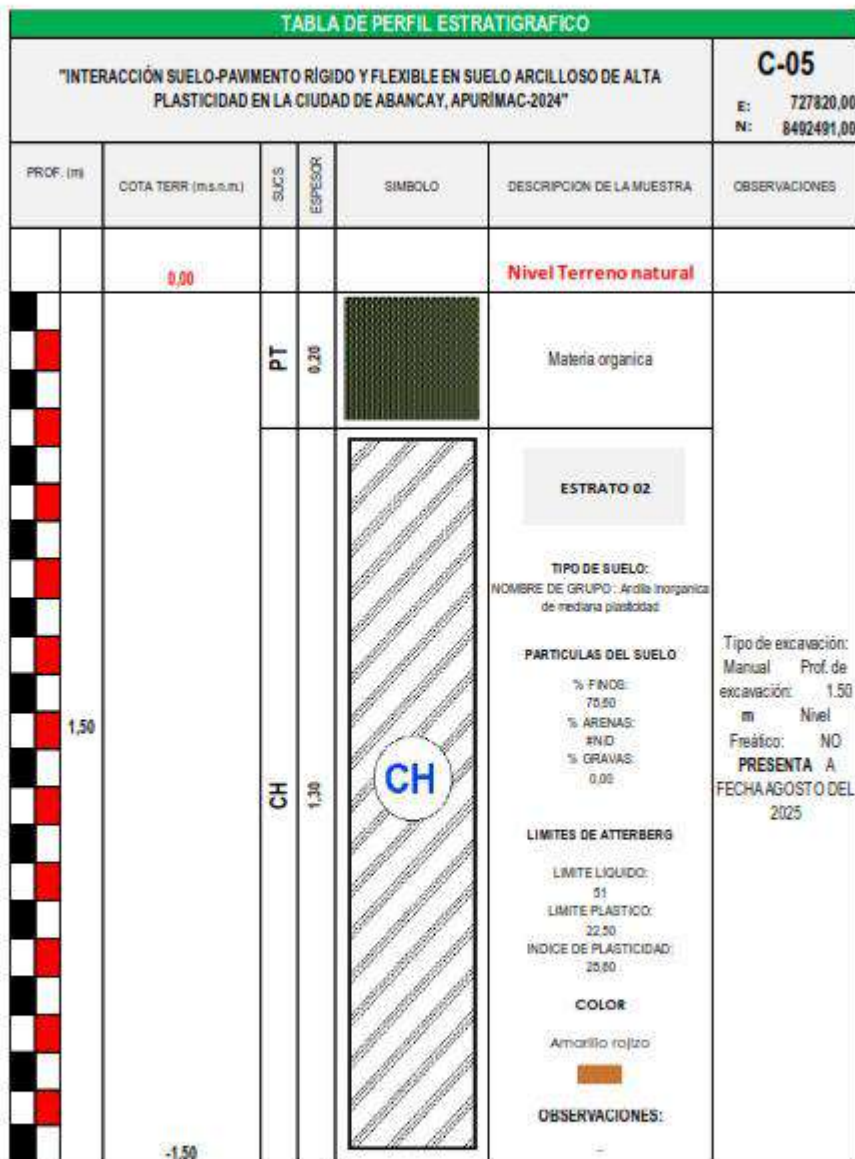
20609203570

Jr. los Lirios Nro. 5n;  
Urbanización: Palibamba  
Baja

  
Ing. Johan R. Nahurima Cabezas  
RESPONSABLE ECX  
Pag. 10

Figura 38 — Informe de laboratorio perfil estratigráfico C-04

|                                                                                   |                                                                                                                             |                                      |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA                                                                                                                    | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERVE TURO | Version: 01           |  |
| NOMBRE DEL PROYECTO                                                               | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024 |                                      | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
| UBICACIÓN                                                                         | ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC                                                                                                |                                      | Página: 11 de 69      |                                                                                     |
| INTERVENCIÓN                                                                      | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           |                                      | Verificado: SI        |                                                                                     |



Cuadros 02.5 / Perfiles estratigráficos Fuente: equipo técnico

ECX – INGENIEROS E.I.R.L.  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC



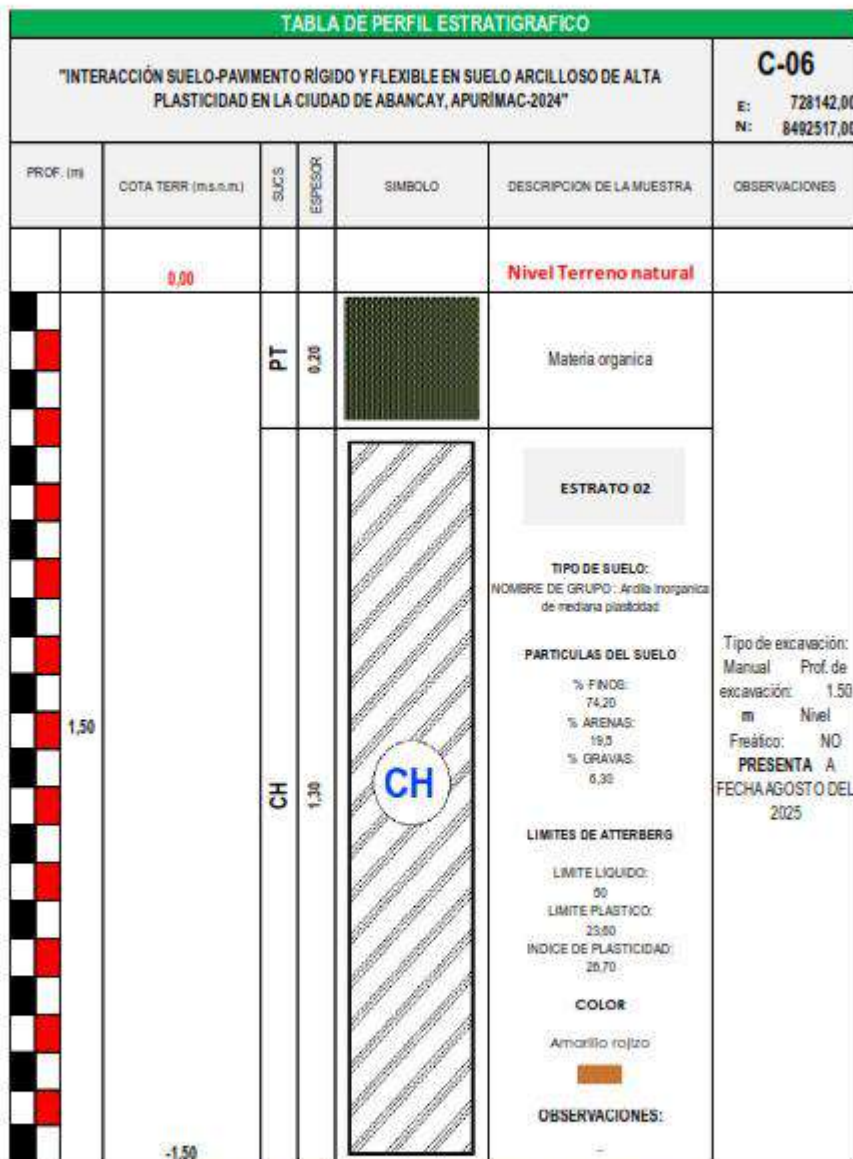
20609203570

Jr. los Lirios Nro. 5n;  
Urbanización: Palibamba  
Baja

  
Ing. Johon R. Nahurima Cabezas  
RESPONSABLE TÉCNICO  
Pag: 11

Figura 39 — Informe de laboratorio perfil estratigráfico C-05

|                                                                                   |                                                                                                                             |                                      |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA                                                                                                                    | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERRE TURO | Version: 01           |  |
| NOMBRE DEL PROYECTO                                                               | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURIMAC-2024 |                                      | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
| UBICACIÓN                                                                         | ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC                                                                                                |                                      | Página: 12 de 69      |                                                                                     |
| INTERVENCIÓN                                                                      | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           |                                      | Verificado: SI        |                                                                                     |



Cuadros 02.5 / Perfiles estratigráficos Fuente: equipo técnico

**ECX - INGENIEROS E.I.R.L.**  
ENSAYOS Y ANALISIS TÉCNICOS.

RUC



20609203570

Jr. los Lirios Nro. 5n;  
Urbanización: Palibamba  
Baja

  
Ing. John R. Cabellos  
RESPONSABLE AREA

Figura 40 — Informe de laboratorio perfil estratigráfico C-06

|                                                                                   |                     |                                                                                                                             |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA            | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERRE TURO                                                                                        | Version: 01           |  |
|                                                                                   | NOMBRE DEL PROYECTO | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024 | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
|                                                                                   | UBICACIÓN           | ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC                                                                                                | Página: 13 de 69      |                                                                                     |
|                                                                                   | INTERVENCIÓN        | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           | Verificado: SI        |                                                                                     |

### 3.4 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO CBR

El procedimiento es tal que los valores de la relación de soporte se obtienen a partir de especímenes de ensayo que posean el mismo peso unitario y contenido de agua que se espera encontrar en el terreno. En general, la condición de humedad crítica (más desfavorable) se tiene cuando el material está saturado. Por esta razón, el método original del Cuerpo de Ingenieros de E.U.A. contempla el ensayo de los especímenes después de estar sumergidos en agua por un periodo de cuatro (4) días confinados en el molde con una sobrecarga igual al peso del pavimento que actuará sobre el material

**Preparación de la Muestra.** Se procede como se indica en las normas mencionadas (Relaciones de peso unitario-humedad en los suelos, con equipo estándar o modificado). Cuando más del 75 % en peso de la muestra pase por el tamiz de 19,1 mm (3/4"), se utiliza para el ensayo el material que pasa por dicho tamiz. Cuando la fracción de la muestra retenida en el tamiz de 19,1 mm (3/4") sea superior a un 25% en peso, se separa el material retenido en dicho tamiz y se sustituye por una proporción igual de material comprendido entre los tamices de 19,1 mm (3/4") y de 4,75 mm (Nº4), obtenida tamizando otra porción de la muestra

De la muestra así preparada se toma la cantidad necesaria para el ensayo de apisonado, más unos 5 kg por cada molde CBR.

Se determina la humedad óptima y la densidad máxima por medio del ensayo de compactación elegido. Se compacta un número suficiente de especímenes con variación en su contenido de agua, con el fin de establecer definitivamente la humedad óptima y el peso unitario máximo. Dichos especímenes se preparan con diferentes energías de compactación. Normalmente, se usan la energía del Proctor Estándar, la del Proctor Modificado y una Energía Inferior al Proctor Estándar. De esta forma, se puede estudiar la variación de la relación de soporte con estos dos factores que son los que la afectan principalmente. Los resultados se grafican en un diagrama de contenido de agua contra peso unitario.

Se determina la humedad natural del suelo mediante secado en estufa, según la norma MTC E 108. Conocida la humedad natural del suelo, se le añade la cantidad de agua que le falte para alcanzar la humedad fijada para el ensayo, generalmente la óptima determinada según el ensayo de compactación elegido y se mezcla íntimamente con la muestra.

**Elaboración de especímenes.** Se pesa el molde con su base, se coloca el collar y el disco espaciador y, sobre éste, un disco de papel de filtro grueso del mismo diámetro.

Una vez preparado el molde, se compacta el espécimen en su interior, aplicando un sistema dinámico de compactación (ensayos mencionados, ídem Proctor Estándar o Modificado), pero utilizando en cada molde la proporción de agua y la energía (número de capas y de golpes en cada capa) necesarias para que el suelo quede con la humedad y densidad deseadas (véase Figura 2a). Es frecuente utilizar tres o nueve moldes por cada muestra, según la clase de suelo granular o cohesivo, con grados diferentes de compactación. Para suelos granulares, la prueba se efectúa dando 55, 26 y 12 golpes por capa y con contenido de agua correspondiente a la óptima. Para suelos cohesivos interesa mostrar su comportamiento sobre un intervalo amplio de humedades. Las curvas se desarrollan para 55, 26 y 12 golpes por capa, con diferentes humedades, con el fin de obtener una familia de curvas que muestran la relación entre el peso específico, humedad y relación de capacidad de soporte.

En este procedimiento queda descrito cómo se obtiene el índice CBR para el suelo colocado en un solo molde, con una determinada humedad y densidad. Sin embargo, en cada caso, al ejecutar el ensayo deberá especificarse el número de moldes a ensayar, así como la Humedad y Peso Unitario a que habrán de compactarse.

Si el espécimen se va a sumergir, se toma una porción de material, entre 100 y 500g (según sea fino

ECX – INGENIEROS E.I.R.L.  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC



20609203570

Jr. los Lirios Nro. 5n;  
Urbanización: Palibamba  
Baja

  
Ing. John R. Valtierra Cabezas  
RESPONSABLE TÉCNICO  
Pag. 13

Figura 41 — Informe de laboratorio procedimiento de ensayo C.B.R.

|                                                                                   |                     |                                                                                                                             |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA            | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERRE TURO                                                                                        | Version: 01           |  |
|                                                                                   | NOMBRE DEL PROYECTO | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024 | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
|                                                                                   | UBICACIÓN           | ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC                                                                                                | Página: 14 de 69      |                                                                                     |
|                                                                                   | INTERVENCIÓN        | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           | Verificado: SI        |                                                                                     |

o tenga grava) antes de la compactación y otra al final, se mezclan y se determina la humedad del Suelo de acuerdo con la Norma MTC E 108. Si la muestra no va a ser sumergida, la porción de material para determinar la humedad se toma del centro de la probeta resultante de compactar el suelo en el molde, después del ensayo de penetración. Para ello el espécimen se saca del molde y se rompe por la mitad. Terminada la compactación, se quita el collar y se enrasa el espécimen por medio de un enrasador o cuchillo de hoja resistente y bien recta. Cualquier depresión producida al eliminar partículas gruesas durante el enrase, se rellena con material sobrante sin gruesos, comprimiéndolo con la espátula. Se desmonta el molde y se vuelve a montar invertido, sin disco espaciador, colocando un papel filtro entre el molde y la base. Se pesa.

**Inmersión.** Se coloca sobre la superficie de la muestra invertida la placa perforada con vástago, y, sobre ésta, los anillos necesarios para completar una sobrecarga tal, que produzca una presión equivalente a la originada por todas las capas de materiales que hayan de ir encima del suelo que se ensaya, la aproximación quedará dentro de los 2,27 kg correspondientes a una pesa. En ningún caso, la sobrecarga total será menor de 4,54 kg.

Se toma la primera lectura para medir el hinchamiento colocando el trípode de medida con sus patas sobre los bordes del molde, haciendo coincidir el vástago del dial con el de la placa perforada. Se anota su lectura, el día y la hora. A continuación, se sumerge el molde en el tanque con la sobrecarga colocada dejando libre acceso al agua por la parte inferior y superior de la muestra. Se mantiene la probeta en estas condiciones durante 96 horas (4 días) "con el nivel de agua aproximadamente constante. Es admisible también un período de inmersión más corto si se trata de suelos granulares que se saturan de agua rápidamente y si los ensayos muestran que esto no afecta los resultados.

Después del periodo de inmersión se saca el molde del tanque y se vierte el agua retenida en la parte superior del mismo, sosteniendo firmemente la placa y sobrecarga en su posición. Se deja escurrir el molde durante 15 minutos en su posición normal y a continuación se retira la sobrecarga y la placa perforada. Inmediatamente se pesa y se procede al ensayo de penetración según el proceso del numeral siguiente.

**Penetración.** Se aplica una sobrecarga que sea suficiente, para producir una intensidad de carga igual al peso del pavimento (con  $\pm 2,27$  kg de aproximación) pero no menor de 4,54 kg. Para evitar el empuje hacia arriba del suelo dentro del agujero de las pesas de sobrecarga, es conveniente asentar el pistón luego de poner la primera sobrecarga sobre la muestra. Llévese el conjunto a la prensa y colóquese en el orificio central de la sobrecarga anular, el pistón de penetración y añada el resto de la sobrecarga si hubo inmersión, hasta completar la que se utilizó en ella. Se monta el dial medidor de manera que se pueda medir la penetración del pistón y se aplica una carga de 50N (5 kg) para que el pistón asiente. Seguidamente se sitúan en cero las agujas de los diales medidores, el del anillo dinamométrico, u otro dispositivo para medir la carga, y el de control de la penetración (véase Figura 2d). Para evitar que la lectura de penetración se vea afectada por la lectura del anillo de carga, el control de penetración deberá apoyarse entre el pistón y la muestra o molde.

Se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el gato o mecanismo correspondiente de la prensa, con una velocidad de penetración uniforme de 1,27 mm (0,05") por minuto. Las prensas manuales no preparadas para trabajar a esta velocidad de forma automática se controlarán mediante el deformímetro de penetración y un cronómetro. Se anotan las lecturas de la carga para las siguientes penetraciones.

### 3.5 ENSAYOS DE LABORATORIO

Para el ensayo de materiales (muestras) se ha desarrollado siguiendo los lineamientos y recomendaciones que están contenidos en el MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIAL ES PARA CARRETERAS EM-2016, APROBADO MEDIANTE DS N° 034-2008-MTC que incluyen las normas de la ASTM (American Society for Testing Materials), la norma AASHTO (American Association of State Highway and Transportation

ECX – INGENIEROS E.I.R.L.  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC



20609203570

Jr. los Lirios Nro. 5n;  
Urbanización: Palibamba  
Baja

  
Ing. John E. Nohurima Cabezas  
RESPONSABLE TECNICO  
CIP-298701

Figura 42 — Informe de laboratorio ensayo C.B.R.

|                                                                                   |                     |                                                                                                                             |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA            | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERVE TURO                                                                                        | Version: 01           |  |
|                                                                                   | NOMBRE DEL PROYECTO | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024 | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
|                                                                                   | UBICACIÓN           | ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC                                                                                                | Página: 15 de 69      |                                                                                     |
|                                                                                   | INTERVENCIÓN        | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           | Verificado: SI        |                                                                                     |

Oficiales), para la realización de los ensayos y análisis de Laboratorio. También se usaron el "EG – 2013, Especificaciones Técnicas Generales para Construcción", y la Norma Técnica Peruana (NTP).

**Análisis granulométrico de Suelos por Tamizado (MTC E 107 – 2016).**- Determinar cuantitativamente la distribución de tamaños de partículas de suelo. Este Modo Operativo describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 74 mm (Nº 200).

**Determinación del contenido de humedad de un suelo (MTC E 108 – 2016).**- Establecer el método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas.

Este Modo Operativo determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ . El peso del suelo que permanece del secado en horno es usado como el peso de las partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerada como el peso del agua.

**Determinación del Límite Líquido de los suelos (MTC E 110 – 2016).** - Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2 pulg) cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo.

**Determinación de Límite Plástico de los suelos (MTC E 111 – 2016).** - Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen. Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos (véase anexos de clasificación SUCS y AASHTO) y para especificar la fracción de grano de materiales de construcción (véase especificación ASTM D1241). El límite líquido, el límite plástico, y el índice de plasticidad de suelos con extensamente usados, tanto individual como en conjunto, con otras propiedades de suelo para correlacionarlos con su comportamiento ingenieril tal como la compresibilidad, permeabilidad, compactabilidad, contracción-expansión y resistencia al corte.

**Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (proctor Modificado) (AST D 1557).** - Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m<sup>3</sup> (56 000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)). Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101,6 ó 152,4 mm (4 ó 6 pulg) de diámetro con un pisón de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), produciendo una Energía de Compactación de (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)).

**California Bearing Ratio (CBR) en laboratorio (AST D 1883).** - Este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia potencial de subrasante, subbase y material de base, incluyendo materiales reciclados para usar en pavimentos de vías y de campos de aterrizaje. El valor de CBR obtenido en esta prueba forma una parte integral de varios métodos de diseño de pavimento flexible.

ECX – INGENIEROS E.I.R.L.  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC



20609203570

Jr. los Lirios Nro. 5n;  
Urbanización: Palibamba  
Baja

  
Ing. Johan R. Nahuirima Cabezas  
RESPONSABLE LABORATORIO  
2015-2017

Pag: 15

Figura 43 — Informe de laboratorio ensayos de laboratorio

|                                                                                   |                     |                                                                                                                             |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA            | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERVE TURO                                                                                        | Versión: 01           |  |
|                                                                                   | NOMBRE DEL PROYECTO | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024 | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
|                                                                                   | UBICACIÓN           | ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC                                                                                                | Página: 16 de 69      |                                                                                     |
|                                                                                   | INTERVENCIÓN        | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           | Verificado: SI        |                                                                                     |

**Resistencia a la deformación de un pavimento flexible (Kg/cm<sup>2</sup>) (MTC-MC).** - La resistencia a la deformación de un pavimento flexible se define como la capacidad estructural y funcional del sistema de capas (carpeta asfáltica, base, subbase y subrasante) para oponerse a deformaciones permanentes, tales como ahueamientos, corrimientos laterales y asentamientos, producidos por la acción repetida de las cargas vehiculares, las condiciones ambientales y las características mecánicas de los materiales constitutivos. Esta resistencia depende principalmente de la rigidez y estabilidad del material asfáltico, del módulo resiliente de las capas granulares, de la capacidad portante de la subrasante y de una adecuada compactación y control de humedad.

**Resistencia a la deformación de un pavimento rígido (Kg/cm<sup>2</sup>) (MTC-MC).** - La resistencia a la deformación de un pavimento rígido se define como la capacidad de la losa de concreto hidráulico y de su sistema de soporte (base, subbase y subrasante) para limitar deformaciones excesivas, fisuración y fallas estructurales frente a la acción de las cargas repetidas del tránsito, los efectos térmicos y las variaciones volumétricas del concreto. Esta resistencia está gobernada principalmente por la rigidez del concreto, expresada mediante su módulo de elasticidad, su resistencia a la flexión (módulo de rotura) y por la uniformidad y capacidad portante de la capa de apoyo.

**Deformación vertical bajo una carga (mm) (MTC-Manual de ensayo de materiales en carreteras).** - En un pavimento flexible, la deformación vertical bajo carga se manifiesta principalmente como una deflexión elástica recuperable, acompañada, en algunos casos, de deformación permanente acumulativa, asociada al ahueamiento. Su magnitud depende del módulo resiliente de las capas, del espesor estructural, del contenido de humedad y de la capacidad portante de la subrasante. Por otra parte, en un pavimento rígido, la deformación vertical bajo carga corresponde al desplazamiento vertical de la losa de concreto, el cual es generalmente pequeño debido a la alta rigidez del concreto hidráulico. Esta deformación está asociada al comportamiento flexural de la losa, a la transferencia de carga en las juntas y al coeficiente de reacción de la subrasante (k). En resumen, se tiene:

| TIPO DE PAVIMENTO | TIPO DE DEFORMACIÓN             | INSTRUMENTO        |
|-------------------|---------------------------------|--------------------|
| Flexible          | Deflexión elástica y permanente | FWD/ Deformímetros |
| Rígido            | Deflexión flexural de la losa   | FWD/ Deformímetros |

*Cuadro 04: Medición de la deformación según el tipo de pavimento. / Fuente: equipo técnico.*

### 3.6 RESULTADOS DE LOS LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS

Una vez culminado con todo con los trabajos en campo y ensayos en laboratorio obtenemos los siguientes resultados de cada uno de las calicatas del suelo en estado **NATURAL**.

Los resultados de los ensayos estándar se muestran en la siguiente tabla.

**ECX – INGENIEROS E.I.R.L.**  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC



20609203570

Jr. los Lirios Nro. 5n;  
Urbanización: Patibamba  
Baja

  
Ing. John R. Nahuarima Cabezas  
RESPONSABLE TÉCNICO

**Figura 44 — Informe de laboratorio ensayos de laboratorio**

|                                                                                   |                     |                                                                                                                             |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA            | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERVE TURO                                                                                        | Version: 01           |  |
|                                                                                   | NOMBRE DEL PROYECTO | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024 | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
|                                                                                   | UBICACIÓN           | ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC                                                                                                | Página: 17 de 69      |                                                                                     |
|                                                                                   | INTERVENCIÓN        | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           | Verificado: SI        |                                                                                     |

| CARACTERÍSTICAS                                      | C-01     | C-02      | C-03      | C-04      | C-05      | C-06      | PROMEDIO |
|------------------------------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| Clasificación SUCS                                   | CH       | CH        | CH        | CH        | CH        | CH        |          |
| Clasificación AASHTO                                 | A-7-6(8) | A-7-6(14) | A-7-6(17) | A-7-6(17) | A-7-6(17) | A-7-6(16) |          |
| Humedad natural (%)                                  | 18.00    | 16.20     | 16.20     | 12.60     | 16.20     | 17.10     | 16.06    |
| Límite líquido (%)                                   | 55.10    | 50.50     | 52.40     | 51.30     | 51.10     | 50.30     | 51.78    |
| Límite plástico (%)                                  | 21.20    | 22.20     | 22.20     | 21.70     | 22.50     | 23.60     | 22.23    |
| Índice de plasticidad                                | 33.90    | 28.30     | 30.20     | 29.60     | 28.60     | 26.70     | 29.55    |
| Densidad Máxima Seca (gr/cm³)                        | 1.96     | 1.76      | 1.80      | 1.78      | 1.82      | 1.80      | 1.82     |
| Contenido Óptimo de Agua - COA (%)                   | 14.82    | 15.65     | 14.97     | 15.32     | 14.34     | 15.22     | 15.05    |
| California Bearing Ratio - CBR al 95%                | 5.73     | 5.95      | 6.00      | 6.00      | 5.60      | 5.10      | 5.73     |
| California Bearing Ratio - CBR al 100%               | 6.75     | 7.38      | 7.51      | 7.05      | 6.47      | 6.15      | 6.88     |
| Deformación vertical bajo carga (mm) - Pav. Flexible | 17.45    | 16.81     | 16.67     | 16.67     | 17.85     | 19.61     | 17.51    |
| Deformación vertical bajo carga (mm) - Pav. Rígido   | 8.94     | 8.72      | 8.67      | 8.67      | 9.07      | 9.64      | 8.95     |
| Carga equivalente por deformación (kg) - PF          | 143.27   | 148.72    | 149.97    | 149.97    | 139.98    | 127.49    | 143.23   |
| Carga equivalente por deformación (kg) - PR          | 279.64   | 286.70    | 288.35    | 288.35    | 275.63    | 259.34    | 279.67   |
| Carga equivalente por deformación (b) - PF           | 315.85   | 327.87    | 330.63    | 330.63    | 308.60    | 281.06    | 315.77   |
| Carga equivalente por deformación (b) - PR           | 616.51   | 632.06    | 635.70    | 635.70    | 607.67    | 571.74    | 616.56   |
| Resistencia Equivalente (kg/cm²) - PF                | 5.07     | 5.26      | 5.30      | 5.30      | 4.95      | 4.51      | 5.07     |
| Resistencia Equivalente (kg/cm²) - PR                | 9.89     | 10.14     | 10.20     | 10.20     | 9.75      | 9.17      | 9.89     |
| Resistencia Equivalente (psi) - PF                   | 72.07    | 74.81     | 75.44     | 75.44     | 70.42     | 64.13     | 72.06    |
| Resistencia Equivalente (psi) - PR                   | 140.67   | 144.22    | 145.05    | 145.05    | 138.66    | 130.46    | 140.69   |
| Relación PR/PF                                       | 1.95     | 1.93      | 1.92      | 1.92      | 1.97      | 2.03      | 1.95     |

Cuadro 05.1 Propiedades físicas y mecánicas. / Fuente: equipo técnico.

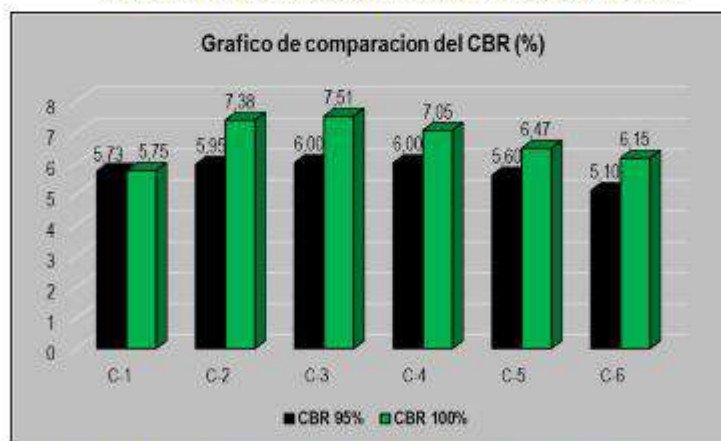


Gráfico 05.1 Propiedades mecánicas (CBR - %). / Fuente: equipo técnico.

**ECX - INGENIEROS E.I.R.L.**  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC



20609203570

Jr. los Lirios Nro. 5n;  
Urbanización: Palibamba  
Baja

  
Ing. Johan R. Nohurima Cabezas  
RESPONSABLE TÉCNICO  
RIP-297593  
Pág: 17

Figura 45 — Informe de laboratorio características geotécnicas

|                                                                                   |                                                                                                                             |                                      |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA                                                                                                                    | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERRE TURO | Version: 01           |  |
| NOMBRE DEL PROYECTO                                                               | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024 |                                      | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
| UBICACIÓN                                                                         | ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC                                                                                                |                                      | Página: 18 de 69      |                                                                                     |
| INTERVENCIÓN                                                                      | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           |                                      | Verificado: SI        |                                                                                     |

#### 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

##### 4.1 CONCLUSIONES

- 1) En el área de estudio predominan los suelos de grano fino tales como: arenas arcillosas y arcillas de alta plasticidad, con una clasificación según SUCS Y AASHTO de la siguiente forma:

| REGISTRO DE EXPLORACIÓN |                                 |            |                                            |              |
|-------------------------|---------------------------------|------------|--------------------------------------------|--------------|
| CALICATA                | Caracterización de los estratos |            |                                            |              |
|                         | Estratos                        | Capa       | Composición – Clasificación (SUCS y ASTHO) | Observación. |
| C-01                    | E – 02                          | Subrasante | CH/A-7-6(8)                                | Arcilla A. P |
| C-02                    | E – 02                          | Subrasante | CH/A-7-6(14)                               | Arcilla A. P |
| C-03                    | E – 02                          | Subrasante | CH/A-7-6(17)                               | Arcilla A. P |
| C-04                    | E – 02                          | Subrasante | CH/ A-7-6(17)                              | Arcilla A. P |
| C-05                    | E – 02                          | Subrasante | CH/ A-7-6(17)                              | Arcilla A. P |
| C-06                    | E – 02                          | Subrasante | CH/ A-7-6(16)                              | Arcilla A. P |

Cuadro 07. / Fuente: equipo técnico

- 2) Las características físicas y mecánicas de las calicatas identificadas como suelos arcillosos de alta plasticidad, obtenido por medio de los diferentes ensayos realizados en laboratorio se muestran en el siguiente cuadro:

| CARACTERÍSTICAS                                      | C-01     | C-02      | C-03      | C-04      | C-05      | C-06      | PROMEDIO |
|------------------------------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| Clasificación SUCS                                   | CH       | CH        | CH        | CH        | CH        | CH        |          |
| Clasificación AASHTO                                 | A-7-6(8) | A-7-6(14) | A-7-6(17) | A-7-6(17) | A-7-6(17) | A-7-6(16) |          |
| Humedad natural (%)                                  | 15.00    | 16.20     | 16.20     | 12.60     | 16.20     | 17.10     | 15.05    |
| Límite líquido (%)                                   | 55.10    | 50.50     | 52.40     | 51.20     | 51.10     | 50.30     | 51.78    |
| Límite plástico (%)                                  | 21.20    | 22.20     | 22.20     | 21.70     | 22.50     | 23.60     | 22.23    |
| Índice de plasticidad                                | 33.90    | 28.30     | 30.20     | 29.50     | 28.60     | 26.70     | 29.55    |
| Densidad Máxima Seca (g/cm³)                         | 1.95     | 1.75      | 1.60      | 1.78      | 1.82      | 1.60      | 1.82     |
| Contenido Óptimo de Agua - COA (%)                   | 14.62    | 15.08     | 14.97     | 14.32     | 14.34     | 15.22     | 15.08    |
| California Bearing Ratio - CBR al 95%                | 5.73     | 6.95      | 6.50      | 6.00      | 5.60      | 6.10      | 6.73     |
| California Bearing Ratio - CBR al 100%               | 6.75     | 7.38      | 7.51      | 7.05      | 6.46      | 6.15      | 6.88     |
| Deformación vertical bajo carga (mm) - Pav. Flexible | 17.45    | 16.81     | 16.67     | 16.67     | 17.66     | 19.61     | 17.51    |
| Deformación vertical bajo carga (mm) - Pav. Rígido   | 9.94     | 8.72      | 8.67      | 8.67      | 9.07      | 9.64      | 8.95     |
| Carga equivalente por deformación (kg) - PF          | 143.27   | 148.72    | 149.97    | 149.97    | 139.88    | 127.49    | 143.23   |
| Carga equivalente por deformación (kg) - PR          | 279.64   | 296.70    | 288.35    | 288.35    | 275.63    | 269.34    | 275.67   |
| Carga equivalente por deformación (lb) - PF          | 315.85   | 327.87    | 330.63    | 330.63    | 308.60    | 281.06    | 315.77   |
| Carga equivalente por deformación (lb) - PR          | 616.51   | 632.06    | 635.70    | 635.70    | 607.67    | 571.74    | 616.56   |
| Resistencia Equivalente (kg/cm²) - PF                | 5.07     | 5.25      | 5.35      | 5.30      | 4.95      | 4.61      | 5.07     |
| Resistencia Equivalente (kg/cm²) - PR                | 9.69     | 10.14     | 10.20     | 10.20     | 9.75      | 9.17      | 9.89     |
| Resistencia Equivalente (psi) - PF                   | 72.07    | 74.81     | 75.44     | 75.44     | 70.42     | 64.13     | 72.05    |
| Resistencia Equivalente (psi) - PR                   | 140.67   | 144.22    | 145.05    | 145.05    | 138.66    | 130.46    | 140.69   |
| Relación PR/PP                                       | 1.93     | 1.93      | 1.92      | 1.92      | 1.97      | 2.03      | 1.95     |

Cuadro 08 Propiedades físicas y mecánicas. / Fuente: equipo técnico

**ECX – INGENIEROS E.I.R.L.**  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC

20609203570



Jr. los Lirios Nro. 5n;  
Urbanización: Palibamba  
Baja

Pag: 15

Figura 46 — Informe de laboratorio conclusiones

|                                                                                   |                     |                                                                                                                             |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA            | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERVE TURO                                                                                        | Version: 01           |  |
|                                                                                   | NOMBRE DEL PROYECTO | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024 | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
|                                                                                   | UBICACIÓN           | ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC                                                                                                | Página: 19 de 69      |                                                                                     |
|                                                                                   | INTERVENCIÓN        | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           | Verificado: SI        |                                                                                     |

## 4.2 RECOMENDACIONES

### 1. Análisis granulométrico por tamizado

Norma: MTC E 107 – 2016

Se recomienda verificar que el suelo CH presente una proporción moderada de finos, compatible con su uso como subrasante, ya que una gradación adecuada contribuye a una mejor distribución de esfuerzos y reduce la susceptibilidad a deformaciones excesivas.

### 2. Contenido de humedad del suelo

Norma: MTC E 108 – 2016

Se recomienda controlar estrictamente el contenido de humedad, manteniéndolo cercano al contenido óptimo, debido a que los suelos CH son sensibles a variaciones de humedad, lo cual influye directamente en su capacidad portante y deformabilidad.

### 3. Límite líquido

Norma: MTC E 110 – 2016

Se recomienda que el límite líquido del suelo CH se mantenga dentro de valores propios de baja plasticidad, ya que incrementos en este parámetro indican mayor compresibilidad y riesgo de deformaciones permanentes bajo carga.

### 4. Límite plástico e índice de plasticidad

Norma: MTC E 111 – 2016

Se recomienda evaluar el índice de plasticidad para confirmar la clasificación CH, debido a que valores moderados favorecen una mejor compactación y un comportamiento más estable frente a cambios volumétricos.

### 5. Compactación Proctor Modificado

Norma: ASTM D 1557

Se recomienda compactar el suelo CH hasta alcanzar al menos el 95 % de la densidad seca máxima, obtenida en laboratorio, con el fin de reducir asentamientos, mejorar la rigidez y aumentar la resistencia a la deformación del pavimento.

### 6. California Bearing Ratio (CBR)

Norma: ASTM D 1883

Se recomienda utilizar el CBR del suelo CH como parámetro de diseño de la subrasante, considerando que valores típicamente bajos a moderados pueden requerir mejoramiento del suelo o incremento de espesores en el diseño del pavimento flexible.

### 7. Resistencia a la deformación del pavimento flexible

Norma: MTC – Manual de Carreteras

Se recomienda asegurar una adecuada compactación y control de humedad del suelo CH, ya que su comportamiento cohesivo influye directamente en la aparición de ahuellamientos y deformaciones permanentes en pavimentos flexibles.

**ECX – INGENIEROS E.I.R.L.**  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC



20609203570

Jr. los Lirios Nro. 5n,  
Urbanización: Palibamba  
Baja

  
Ing. Johan R. Nahuatim Cabelas  
RESPONSABLE TÉCNICO  
SEP-2016

Pag: 19

Figura 47 — Informe de laboratorio recomendaciones

|                                                                                   |                     |                                                                                                                             |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA            | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERVE TURO                                                                                        | Version: 01           |  |
|                                                                                   | NOMBRE DEL PROYECTO | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024 | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
|                                                                                   | UBICACIÓN           | ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC                                                                                                | Página: 20 de 69      |                                                                                     |
|                                                                                   | INTERVENCIÓN        | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           | Verificado: SI        |                                                                                     |

**8. Resistencia a la deformación del pavimento rígido**  
 Norma: MTC – Manual de Carreteras  
 Se recomienda garantizar una subrasante CH homogénea y bien compactada, a fin de evitar deformaciones diferenciales, pérdida de apoyo y fisuración de la losa de concreto.

**9. Deformación vertical bajo una carga**  
 Norma: MTC – Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras  
 Se recomienda controlar que las deflexiones medidas sobre suelos CH se mantengan dentro de los límites admisibles, dado que este tipo de suelo presenta deformabilidad moderada, especialmente en presencia de humedad.

**ECX – INGENIEROS E.I.R.L.**  
 ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.



RUC 20609203570  
 Jr. los Lirios Nro. 5n;  
 Urbanización: Palibamba  
 Baja

  
 Ing. John R. Naharima Cabezas  
 RESPONSABLE ECX  
 CH-2025-120

Figura 48 — Informe de laboratorio recomendaciones

|                                                                                   |                     |                                                                                                                             |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA            | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERVE TURO                                                                                        | Version: 01           |  |
|                                                                                   | NOMBRE DEL PROYECTO | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024 | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
|                                                                                   | UBICACIÓN           | ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC                                                                                                | Página: 21 de 69      |                                                                                     |
|                                                                                   | INTERVENCIÓN        | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           | Verificado: SI        |                                                                                     |

**ANEXOS**  
**HOJAS DE CÁLCULO**

**PROPIEDADES  
FÍSICAS Y  
MECÁNICAS DEL  
SUELO – (CH)**

**ECX – INGENIEROS E.I.R.L.**  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC  
  
20609203570  
Jr. los Lirios Nro. 5n;  
Urbanización: Palibamba  
Baja

  
Ing. John R. Nahuatime Cabezas  
RESPONSABLE ECX

Figura 49 — Informe de laboratorio anexos hojas de calculo

|                                                                                   |                                                                                                                             |                                      |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA                                                                                                                    | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERRE TURO | Version: 01           |  |
| NOMBRE DEL PROYECTO                                                               | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024 |                                      | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
| UBICACIÓN                                                                         | ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC                                                                                                |                                      | Página: 22 de 69      |                                                                                     |
| INTERVENCIÓN                                                                      | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           |                                      | Verificado: SI        |                                                                                     |

|                                                                                   |                                             |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|--|
|  | <b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO</b> |  |
|                                                                                   | (NORMA MTC E 107)                           |  |

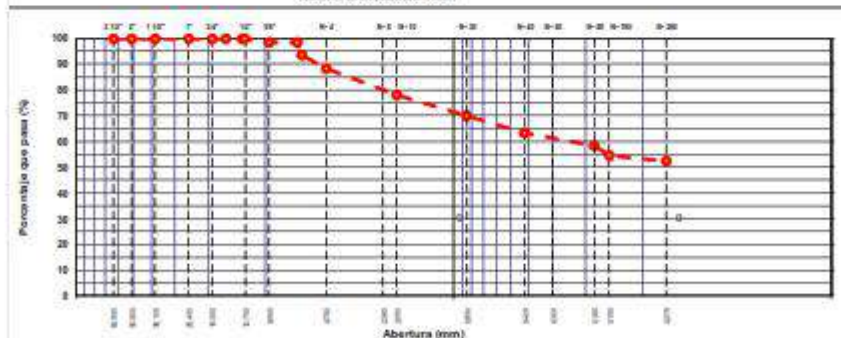
"INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024"

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

|            |                                                                                                                               |           |           |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
| PROYECTO   | "INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024" |           |           |
| SOLICITA   | Bach. Guido Roly Ayerre Turo                                                                                                  | FECHA     | Dic. 2025 |
| SECCIÓN    | Vía de urbanización                                                                                                           |           |           |
| CALICATA   | C-01                                                                                                                          |           |           |
| UBICACIÓN  | Abancay, Apurímac                                                                                                             | ESTE      | 725564    |
| LADO       | centro                                                                                                                        | NORTE     | 548214    |
| ESTRUCTURA | Sobresenda                                                                                                                    |           |           |
| MUESTRA    | W-01                                                                                                                          | PROF. (m) | 1.50 m    |

| TAMIZ  | AREA, mm. | PESO RET. (g) | % RET. PASE. | % RET. AC. | % O' PASE. | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA                                  |
|--------|-----------|---------------|--------------|------------|------------|------------------------------------------------------------|
| 3"     | 76.200    | 0.0           | 0.0          | 100.0      |            | PESO SECO TOTAL = 2.506.0 g                                |
| 2 1/2" | 63.500    | 0.0           | 0.0          | 100.0      |            | PESO SECO LAVADO = 1192.5 g                                |
| 2"     | 50.800    | 0.0           | 0.0          | 100.0      |            | PESO FINO = 894.6 g                                        |
| 1 1/2" | 38.100    | 0.0           | 0.0          | 100.0      |            | LÍMITE LÍQUIDO = 55.10 %                                   |
| 1"     | 25.400    | 0.0           | 0.0          | 100.0      |            | LÍMITE PLÁSTICO = 21.20 %                                  |
| 3/4"   | 19.000    | 0.0           | 0.0          | 100.0      |            | ÍNDICE PLÁSTICO = 33.90 %                                  |
| 5/8"   | 16.000    | 0.0           | 0.0          | 100.0      |            | % HUMEDAD = 17.9                                           |
| 3/5"   | 13.200    | 0.0           | 0.0          | 100.0      |            | COLORES = Amarillo claro                                   |
| 1/2"   | 12.500    | 0.0           | 0.0          | 100.0      |            | GRASP. BUCS = CH                                           |
| 3/8"   | 9.500     | 43.2          | 1.7          | 98.3       |            | GRASP. ASHTO = A-3-6(8)                                    |
| 3/16"  | 8.700     | 0.0           | 0.0          | 98.3       |            | Cu = NO TIENE                                              |
| 1/4"   | 6.350     | 126.1         | 4.8          | 93.5       |            | Cc = NO TIENE                                              |
| #4     | 4.750     | 134.6         | 5.4          | 93.1       |            | ÍNDICE DE COMPACTACIÓN = 1.10                              |
| #6     | 2.500     | 0.0           | 0.0          | 93.1       |            | Sólido = Sólido                                            |
| #10    | 2.000     | 259.8         | 10.0         | 79.1       |            | POT. DE EXPANSIÓN = Sólido                                 |
| #15    | 1.180     | 0.0           | 0.0          | 79.1       |            | DTM = 0 D50 = 0.075 D60 = 0.750                            |
| #20    | 0.850     | 203.7         | 8.1          | 69.9       |            | NOMBRE DE GRUPO: Arcilla inorgánica de mediana plasticidad |
| #30    | 0.600     | 0.0           | 0.0          | 69.9       |            |                                                            |
| #40    | 0.425     | 168.2         | 6.7          | 63.2       |            |                                                            |
| #50    | 0.300     | 0.0           | 0.0          | 63.2       |            |                                                            |
| #60    | 0.250     | 126.8         | 5.0          | 58.2       |            | % Grava = 11.9 %                                           |
| #100   | 0.150     | 95.4          | 3.8          | 54.4       |            | % Arena = 35.6 %                                           |
| #200   | 0.075     | 46.1          | 1.8          | 52.3       |            | % Fina = 52.5 %                                            |
| #200   | PONED     | 5.2           | 0.2          | 47.7       | 52.3       |                                                            |
| FINO   |           |               |              |            |            |                                                            |
| TOTAL  |           | 1197.3        | 100.0        | 100.0      |            |                                                            |

CURVA GRANULOMÉTRICA



**ECX - INGENIEROS E.I.R.L.**  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC



20609203570

Jr. los Lirios Nro. 5n;  
Urbanización: Palibamba  
Baja

  
Ing. Johan R. Nahurima Cabezas  
RESPONSABLE LAB. ECX  
CIP. 2067905  
Pag: 22

Figura 50 — Informe de laboratorio análisis granulométrico C-01

|                                                                                   |                     |                                                                                                                             |  |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA            | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERVA TURO                                                                                        |  | Version: 01           |  |
|                                                                                   | NOMBRE DEL PROYECTO | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURIMAC-2024 |  | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
|                                                                                   | UBICACIÓN           | ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC                                                                                                |  | Página: 23 de 69      |                                                                                     |
|                                                                                   | INTERVENCIÓN        | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           |  | Verificado: SI        |                                                                                     |

|                                                                                   |                                       |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--|
|  | <b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO</b> |  |
|                                                                                   | (NORMA MTC E 108)                     |  |

"INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURIMAC-2024"

| LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |                   |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------|--|
| PROYECTO : "INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURIMAC-2024"<br>SOLICITA : Bach. Guido Roly Ayerwa Turo<br>SECTOR : Vía de evitamiento<br>ESTRUCTURA : Subrasante<br>UBICACIÓN : Abancay, Apurimac<br>MUESTRA : B-01<br>CALICATA : C-01 PROP. (m) : 1.50 m |  |                   |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  | ESTE : 726564     |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  | NORTE : 848214    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  | FECHA : Dic. 2025 |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  | LADO : centro     |  |

| Nº DE ENSAYOS                | 1     | 2     | 3     |
|------------------------------|-------|-------|-------|
| Nº Tara                      |       |       |       |
| Peso Tara + Suelo Humedo (g) | 550,2 | 550,0 | 552,0 |
| Peso Tara + Suelo Seco (g)   | 466,5 | 466,6 | 466,5 |
| Peso Tara (g)                | 0,0   | 0,0   | 0,0   |
| Peso Agua (g)                | 53,7  | 53,4  | 55,5  |
| Peso Suelo Seco (g)          | 466,5 | 466,6 | 466,5 |
| Contenido de Humedad (g)     | 17,9  | 17,9  | 18,3  |
| Promedio (%)                 | 18,0  |       |       |

Observaciones:

.....

.....

.....

.....

**ECX – INGENIEROS E.I.R.L.**  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC 20609203570



Jr. los Lirios Nro. 5n,  
Urbanización: Palibamba  
Baja

  
Ing. Johan R. Nahurina Cabezas  
RESPONSABLE LABORATORIO  
RIP: 200780

Pag: 23

Figura 51 — Informe de laboratorio contenido de humedad C-01

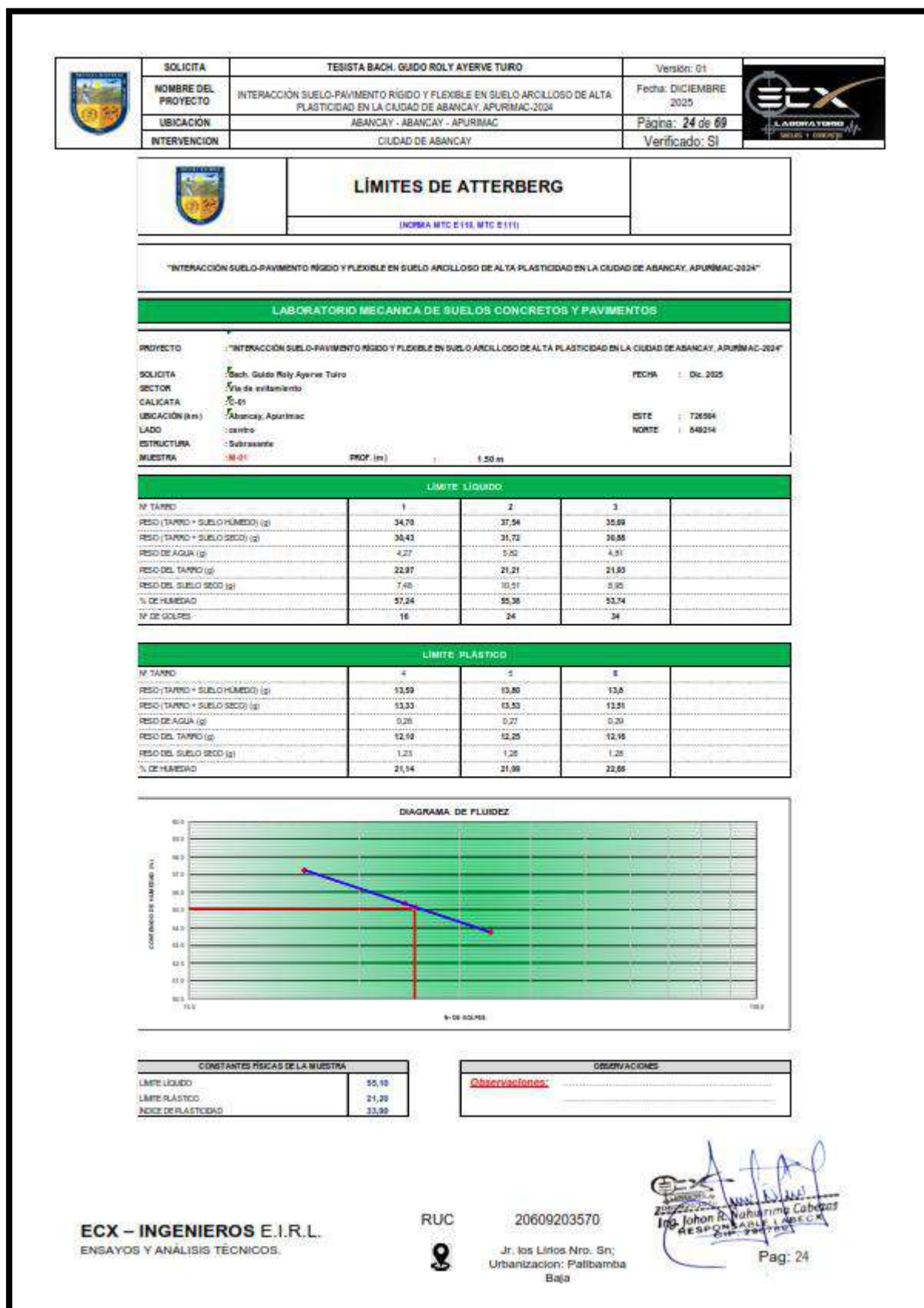


Figura 52 — Informe de laboratorio límites de Atterberg C-01

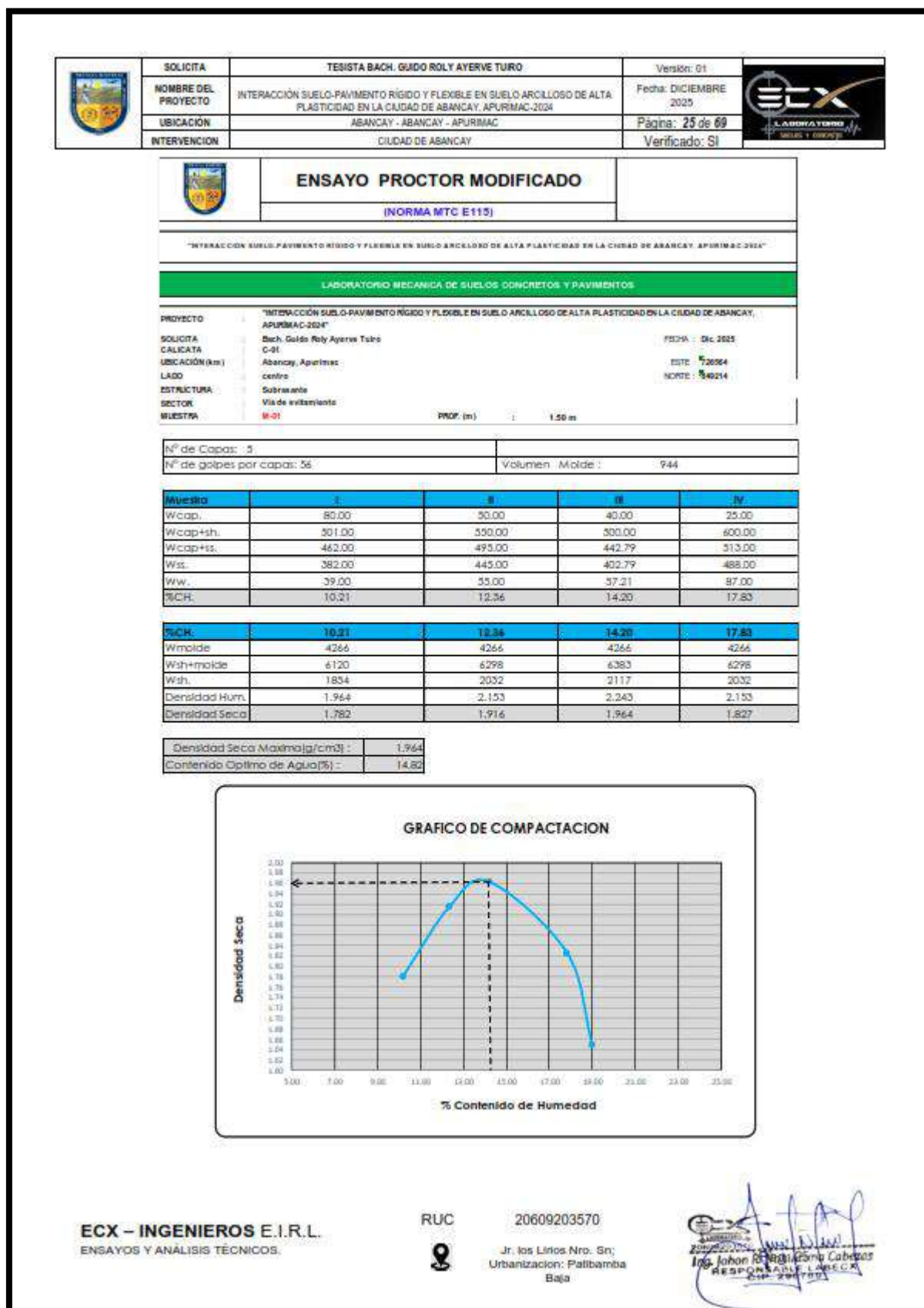


Figura 53 — Informe de laboratorio Proctor modificado C-01

|                                                                                   |                                                                                                                             |                                      |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA                                                                                                                    | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERRE TURO | Version: 01           |  |
| NOMBRE DEL PROYECTO                                                               | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024 |                                      | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
| UBICACIÓN                                                                         | ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC                                                                                                |                                      | Página: 26 de 69      |                                                                                     |
| INTERVENCIÓN                                                                      | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           |                                      | Verificado: SI        |                                                                                     |



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

(NORMA MTC E 132)

"INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024"

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO : "INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024"

SOLICITA : Bach. Guido Roly Ayerre Turo

UBICACIÓN : Abancay, Apurímac

LADO : centro

ISTE : 726994

NORTE : 846214

FECHA : Dic. 2025

| DIMENSIONES DE MOLDE               |  | Diámetro  | Altura | Área     | Diámetro  | Altura | Área     | Diámetro  | Altura | Área     |
|------------------------------------|--|-----------|--------|----------|-----------|--------|----------|-----------|--------|----------|
|                                    |  | 15.24     | 11.64  | 182.42   | 15.24     | 11.64  | 182.42   | 15.24     | 11.64  | 182.42   |
| N° DE GOLPES POR CAPA              |  | 12        |        |          | 25        |        |          | 56        |        |          |
| CONDICIONES DE LA MUESTRA          |  | SIN MOJAR |        | SATURADA | SIN MOJAR |        | SATURADA | SIN MOJAR |        | SATURADA |
| Peso del molde (gr.)               |  | 7581      |        | 7020     | 7020      |        | 8060     | 7020      |        | 8060     |
| Volumen de la Muestra (cc)         |  | 2124      |        | 2124     | 2124      |        | 2124     | 2124      |        | 2124     |
| Muestra Humeda + Molde (gr.)       |  | 11820     |        | 11996    | 11478     |        | 11711    | 12701     |        | 12612    |
| Muestra Humeda (gr.)               |  | 4239      |        | 4415     | 4458      |        | 4691     | 4651      |        | 4762     |
| Densidad Humeda (gr/cm³)           |  | 2.00      |        | 2.08     | 2.10      |        | 2.21     | 2.19      |        | 2.24     |
| CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA |  | MEDIO     |        | MEDIO    | MEDIO     |        | MEDIO    | MEDIO     |        | MEDIO    |
| Peso de la capsula (gr.)           |  | 105.00    |        | 100.00   | 120.00    |        | 140.00   | 110.00    |        | 130.00   |
| Muestra Humeda + Capsula (gr.)     |  | 590.28    |        | 586.83   | 596.88    |        | 565.00   | 590.00    |        | 606.35   |
| Muestra Seca + Capsula (gr.)       |  | 528.01    |        | 520.01   | 534.79    |        | 495.00   | 529.01    |        | 545.90   |
| Muestra Seca (gr.)                 |  | 423.01    |        | 420.01   | 414.79    |        | 355.00   | 419.01    |        | 411.90   |
| Contenido de Agua (gr)             |  | 62.27     |        | 66.82    | 62.09     |        | 57.00    | 60.99     |        | 64.45    |
| Contenido de Humedad (%)           |  | 14.72     |        | 15.91    | 14.97     |        | 15.92    | 14.56     |        | 15.65    |
| Densidad Seca (gr/cm³)             |  | 1.743     |        | 1.793    | 1.827     |        | 1.905    | 1.912     |        | 1.939    |

|                          | DIA  | HORA  | INTERVALO (DÍAS) | EXPANSION |        |        | EXPANSION |        |        | EXPANSION |        |        |
|--------------------------|------|-------|------------------|-----------|--------|--------|-----------|--------|--------|-----------|--------|--------|
|                          |      |       |                  | DEFOR.    | PURG.  | %      | DEFOR.    | PURG.  | %      | DEFOR.    | PURG.  | %      |
| MEDICION DE LA EXPANSION | 1.00 | 13:05 | 0.00             | 0.0000    |        |        | 0.0000    |        |        | 0.0000    |        |        |
|                          | 2.00 | 13:02 | 1.00             | 0.1300    | 0.1300 | 2.8360 | 0.1200    | 0.1200 | 2.6179 | 0.1000    | 0.1000 | 2.1816 |
|                          | 3.00 | 13:10 | 2.00             | 0.1700    | 0.0400 | 0.8726 | 0.1300    | 0.0100 | 0.2182 | 0.1300    | 0.0300 | 0.6545 |
|                          | 4.00 | 13:04 | 3.00             | 0.2000    | 0.0300 | 0.6545 | 0.1500    | 0.0200 | 0.4363 | 0.1500    | 0.0200 | 0.4363 |
|                          | 5.00 | 12:58 | 4.00             | 0.2500    | 0.0500 | 1.0908 | 0.1700    | 0.0200 | 0.4363 | 0.1600    | 0.0100 | 0.2182 |

|                       | PENETRACION "MILIGRAMA" | CARGA PATRON "MPa" | FACTOR CARGA |      | CBR   | FACTOR CARGA |      | CBR   | FACTOR CARGA |      | CBR  |
|-----------------------|-------------------------|--------------------|--------------|------|-------|--------------|------|-------|--------------|------|------|
|                       |                         |                    | DIAL         | MPa  |       | DIAL         | MPa  |       | DIAL         | MPa  |      |
| ENSAYO DE PENETRACION | 0                       | 0                  | 0.00         |      | 12    | 0            | 0.00 | 25    | 0            | 0.00 | 56   |
|                       | 0.025                   | 0.99               | 0.24         |      |       | 3.89         | 0.30 |       | 4.19         | 0.31 |      |
|                       | 0.050                   | 1.48               | 0.25         |      |       | 5.38         | 0.34 |       | 6.75         | 0.36 |      |
|                       | 0.075                   | 2.54               | 0.28         |      |       | 6.95         | 0.37 |       | 9.40         | 0.42 |      |
|                       | 0.100                   | 3.42               | 0.29         | 4.27 |       | 8.31         | 0.40 | 5.73  | 11.72        | 0.47 | 6.75 |
|                       | 0.125                   | 4.10               | 0.31         |      |       | 9.65         | 0.42 |       | 13.99        | 0.51 |      |
|                       | 0.150                   | 4.75               | 0.32         |      |       | 10.98        | 0.45 |       | 16.24        | 0.56 |      |
|                       | 0.200                   | 5.45               | 0.34         | 3.27 |       | 12.36        | 0.48 | 4.65  | 18.61        | 0.61 | 5.90 |
|                       | 0.300                   | 6.19               | 0.35         |      |       | 13.85        | 0.51 |       | 21.14        | 0.66 |      |
|                       | 0.400                   | 6.69               | 0.36         |      |       | 14.84        | 0.53 |       | 22.82        | 0.70 |      |
| 0.500                 | 7.11                    | 0.37               |              |      | 15.67 | 0.55         |      | 24.15 | 0.72         |      |      |

ECX – INGENIEROS E.I.R.L.  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC



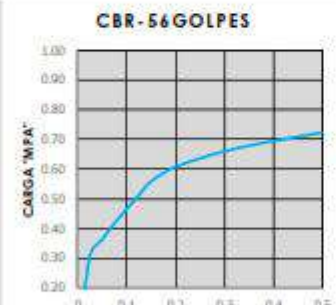
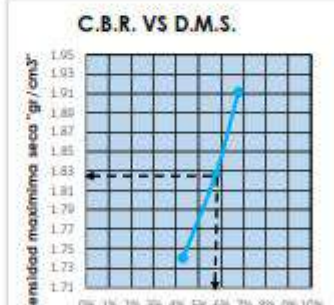
20609203570

Jr. los Lirios Nro. 5n;  
Urbanización: Palibamba  
Baja

  
Ing. Johan R. Nahurimbo Cabezas  
RESPONSABLE TÉCNICO

Figura 54 — Informe de laboratorio C.B.R. C-01

|                                                                                   |                     |                                                                                                                             |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA            | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERRE TURO                                                                                        | Version: 01           |  |
|                                                                                   | NOMBRE DEL PROYECTO | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024 | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
|                                                                                   | UBICACIÓN           | ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC                                                                                                | Página: 27 de 69      |                                                                                     |
|                                                                                   | INTERVENCIÓN        | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           | Verificado: SI        |                                                                                     |

| RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                      |        |                |          |                    |          |                   |    |       |      |      |      |                   |    |       |      |      |      |                    |    |       |      |      |      |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------------|----------|--------------------|----------|-------------------|----|-------|------|------|------|-------------------|----|-------|------|------|------|--------------------|----|-------|------|------|------|--|
| (NORMA MTC E 132)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                      |        |                |          |                    |          |                   |    |       |      |      |      |                   |    |       |      |      |      |                    |    |       |      |      |      |  |
| "INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                      |        |                |          |                    |          |                   |    |       |      |      |      |                   |    |       |      |      |      |                    |    |       |      |      |      |  |
| LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                      |        |                |          |                    |          |                   |    |       |      |      |      |                   |    |       |      |      |      |                    |    |       |      |      |      |  |
| PROYECTO : "INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024"<br>SOLICITA : Bach. Guido Roly Ayerre Turo<br>CALIFICATA : C-01<br>UBICACIÓN : Abancay, Apurímac<br>LADO : Centro                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                      |        |                |          |                    |          |                   |    |       |      |      |      |                   |    |       |      |      |      |                    |    |       |      |      |      |  |
| ESTE : 728394<br>NORTE : 840214<br>FECHA : Dic. 2025                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      |        |                |          |                    |          |                   |    |       |      |      |      |                   |    |       |      |      |      |                    |    |       |      |      |      |  |
| DATOS DE LA MUESTRA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                      |        |                |          |                    |          |                   |    |       |      |      |      |                   |    |       |      |      |      |                    |    |       |      |      |      |  |
| ESTRUCTURA : Subrasante<br>MUESTRA : M-01<br>SECTOR : Vía de evitamiento                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | PROF. (m) : 1.50 m                                                                   |        |                |          |                    |          |                   |    |       |      |      |      |                   |    |       |      |      |      |                    |    |       |      |      |      |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |   |        |                |          |                    |          |                   |    |       |      |      |      |                   |    |       |      |      |      |                    |    |       |      |      |      |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |        |                |          |                    |          |                   |    |       |      |      |      |                   |    |       |      |      |      |                    |    |       |      |      |      |  |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>GOLPES</th> <th>W<sub>L</sub></th> <th>MOS</th> <th>EXPANS. %</th> <th>C.B.R. %</th> <th>C.B.R. 95% - 100%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12</td> <td>14.72</td> <td>1.74</td> <td>1.09</td> <td>4.27</td> <td>C.B.R. - 95% 5.73</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>14.97</td> <td>1.83</td> <td>0.44</td> <td>5.73</td> <td>C.B.R. - 100% 6.75</td> </tr> <tr> <td>56</td> <td>14.56</td> <td>1.91</td> <td>0.22</td> <td>6.75</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> |                                                                                      | GOLPES | W <sub>L</sub> | MOS      | EXPANS. %          | C.B.R. % | C.B.R. 95% - 100% | 12 | 14.72 | 1.74 | 1.09 | 4.27 | C.B.R. - 95% 5.73 | 25 | 14.97 | 1.83 | 0.44 | 5.73 | C.B.R. - 100% 6.75 | 56 | 14.56 | 1.91 | 0.22 | 6.75 |  |
| GOLPES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | W <sub>L</sub>                                                                       | MOS    | EXPANS. %      | C.B.R. % | C.B.R. 95% - 100%  |          |                   |    |       |      |      |      |                   |    |       |      |      |      |                    |    |       |      |      |      |  |
| 12                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 14.72                                                                                | 1.74   | 1.09           | 4.27     | C.B.R. - 95% 5.73  |          |                   |    |       |      |      |      |                   |    |       |      |      |      |                    |    |       |      |      |      |  |
| 25                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 14.97                                                                                | 1.83   | 0.44           | 5.73     | C.B.R. - 100% 6.75 |          |                   |    |       |      |      |      |                   |    |       |      |      |      |                    |    |       |      |      |      |  |
| 56                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 14.56                                                                                | 1.91   | 0.22           | 6.75     |                    |          |                   |    |       |      |      |      |                   |    |       |      |      |      |                    |    |       |      |      |      |  |

ECX - INGENIEROS E.I.R.L.  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC



20609203570

Jr. los Lirios Nro. 5n  
Urbanización: Palibamba  
Baja

  
Ing. Johan R. Nahuima Cobos  
RESPONSABLE TÉCNICO  
C.B.R. - 2025

Figura 55 — Informe de laboratorio C.B.R. C-01

|                                                                                   |                                                                                                                             |                                      |             |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA                                                                                                                    | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERRE TURO | Version: 01 |  |
| NOMBRE DEL PROYECTO                                                               | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024 | Fecha: DICIEMBRE 2025                |             |                                                                                     |
| UBICACIÓN                                                                         | ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC                                                                                                | Página: 26 de 69                     |             |                                                                                     |
| INTERVENCIÓN                                                                      | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           | Verificado: SI                       |             |                                                                                     |



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

(NORMA MTC E 107)

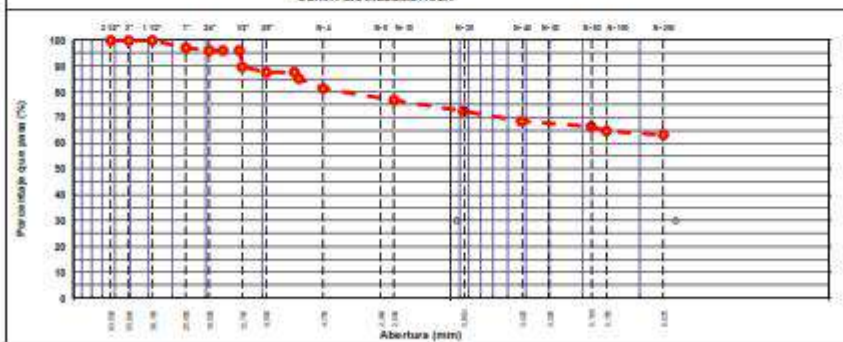
"INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024"

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

|            |                                                                                                                               |           |           |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
| PROYECTO   | "INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024" |           |           |
| SOLICITA   | Bach. Guido Roly Ayerre Turo                                                                                                  | FECHA     | Dic. 2025 |
| SECTOR     | Vía de eslingamiento                                                                                                          |           |           |
| CALICATA   | C-02                                                                                                                          |           |           |
| UBICACIÓN  | Abancay, Apurímac                                                                                                             | ESTE      | 726779    |
| LADO       | centro                                                                                                                        | NORTE     | 9491941   |
| ESTRUCTURA | Subrasante                                                                                                                    |           |           |
| MUESTRA    | B-01                                                                                                                          | PROP. (m) | 1.50 m    |

| TAMIZ  | ABERT. (mm) | PESO RET. (g) | WET. FINE | WET. AC | % D. PASA | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA                                  |
|--------|-------------|---------------|-----------|---------|-----------|------------------------------------------------------------|
| 3"     | 76.200      |               |           |         | 100.0     | PESO SECO TOTAL = 920.0 g                                  |
| 2 1/2" | 63.500      | 8.8           | 0.0       | 0.0     | 100.0     | PESO SECO LAVADO = 337.2 g                                 |
| 2"     | 50.800      | 8.8           | 0.0       | 0.0     | 100.0     | PESO FINO = 185.0 g                                        |
| 1 1/2" | 38.100      | 8.8           | 0.0       | 0.0     | 100.0     | LÍMITE LÍQUIDO = 50.50 %                                   |
| 1"     | 25.400      | 27.0          | 2.9       | 2.9     | 97.1      | LÍMITE PLÁSTICO = 22.20 %                                  |
| 3/4"   | 19.000      | 10.0          | 1.1       | 4.0     | 96.0      | ÍNDICE PLÁSTICO = 28.30 %                                  |
| 5/8"   | 16.000      | 8.8           | 4.0       | 96.0    |           | CLASIFICACIÓN = 16.0                                       |
| 0.55"  | 13.200      | 8.8           | 4.0       | 96.0    |           | COLOR/HUMEDAD = Amarillo rojo                              |
| 1/2"   | 12.500      | 57.0          | 8.2       | 10.3    | 88.8      | CLASIF. SUCS = C2                                          |
| 3/8"   | 9.500       | 21.0          | 2.3       | 12.5    | 87.5      | CLASIF. AASHTO = A-7-6(14)                                 |
| 0.250" | 0.750       | 8.8           | 12.5      | 87.5    |           | Cu = NO TIENE                                              |
| 1/4"   | 0.750       | 22.0          | 2.4       | 14.9    | 85.1      | Cc = NO TIENE                                              |
| #4     | 4.750       | 35.2          | 3.6       | 15.7    | 81.3      | ÍNDICE DE CONSISTENCIA = 1.22                              |
| #8     | 2.360       | 8.8           | 15.7      |         |           | Sólido = Sólido                                            |
| #10    | 2.000       | 41.0          | 4.5       | 23.2    | 75.8      | POT. DE EXPANSIÓN = Bajo                                   |
| #16    | 1.180       | 8.8           | 23.2      |         |           | OPQ = 0 OQ = 0 OQ = 0.438                                  |
| #20    | 0.850       | 40.0          | 4.3       | 27.5    | 72.5      | NOMBRE DE GRUPO: Arcilla inorgánica de mediana plasticidad |
| #30    | 0.600       | 8.8           | 27.5      |         |           |                                                            |
| #40    | 0.425       | 35.0          | 3.8       | 31.3    | 68.7      |                                                            |
| #50    | 0.300       | 8.8           | 31.3      |         |           |                                                            |
| #60    | 0.180       | 20.0          | 2.2       | 33.5    | 66.5      |                                                            |
| #100   | 0.150       | 16.0          | 1.7       | 35.3    | 64.8      |                                                            |
| #200   | 0.075       | 13.0          | 1.4       | 36.7    | 63.3      |                                                            |
| #200   | FONDO       | 8.8           | 36.7      |         |           |                                                            |
| FINO   |             |               |           |         |           |                                                            |
| TOTAL  |             | 337.2         | 100.0     | 100.0   |           |                                                            |

### CURVA GRANULOMÉTRICA



ECX - INGENIEROS E.I.R.L.  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC



20609203570

Jr. los Lirios Nro. 5n,  
Urbanización: Palibamba  
Baja

  
Ing. Johan R. Nahuarima Cobarral  
RESPONSABLE LABORATORIO  
CIP-200729

Pag: 26

Figura 56 — Informe de laboratorio análisis granulométrico C-02

|                                                                                   |                     |                                                                                                                             |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA            | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERVA TURO                                                                                        | Version: 01           |  |
|                                                                                   | NOMBRE DEL PROYECTO | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURIMAC-2024 | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
|                                                                                   | UBICACIÓN           | ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC                                                                                                | Página: 29 de 69      |                                                                                     |
|                                                                                   | INTERVENCIÓN        | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           | Verificado: SI        |                                                                                     |

|                                                                                   |                                       |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--|
|  | <b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO</b> |  |
|                                                                                   | (NORMA MTC E 108)                     |  |

"INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURIMAC-2024"

| LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS |                                                                                                                               |           |             |  |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------|--|
| PROYECTO                                                  | "INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURIMAC-2024" |           |             |  |
| SOLICITA                                                  | : Bach. Guido Roly Ayerwa Turo                                                                                                | ESTE      | : 726776    |  |
| SECTOR                                                    | : Vía de evitamiento                                                                                                          | NORTE     | : 8491941   |  |
| ESTRUCTURA                                                | : Subrasante                                                                                                                  | FECHA     | : Dic. 2025 |  |
| UBICACIÓN                                                 | : Abancay, Apurimac                                                                                                           | AÑO       | : 2025      |  |
| MUESTRA                                                   | : M-01                                                                                                                        |           |             |  |
| CAUCATA                                                   | : C-02                                                                                                                        | PROF. (m) | : 1.50 m    |  |

| Nº DE ENSAYOS                | 1     | 2     | 3     |
|------------------------------|-------|-------|-------|
| Nº Tara                      |       |       |       |
| Peso Tara + Suelo Humedo (g) | 501,2 | 502,0 | 500,5 |
| Peso Tara + Suelo Seco (g)   | 432,0 | 430,5 | 432,1 |
| Peso Tara (g)                | 0,0   | 0,0   | 0,0   |
| Peso Agua (g)                | 69,2  | 71,5  | 68,4  |
| Peso Suelo Seco (g)          | 432,0 | 430,5 | 432,1 |
| Contenido de Humedad (g)     | 16,0  | 16,6  | 15,8  |
| Promedio (%)                 | 16,2  |       |       |

Observaciones:

.....

.....

.....

.....

**ECX – INGENIEROS E.I.R.L.**

ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC

20609203570

Jr. los Lirios Nro. 5n;  
Urbanización: Palibamba  
Baja



Ing. Johan R. Naborima Cabezas  
RESP. LABOR. ESPEC.

Figura 57 — Informe de laboratorio contenido de humedad C-02

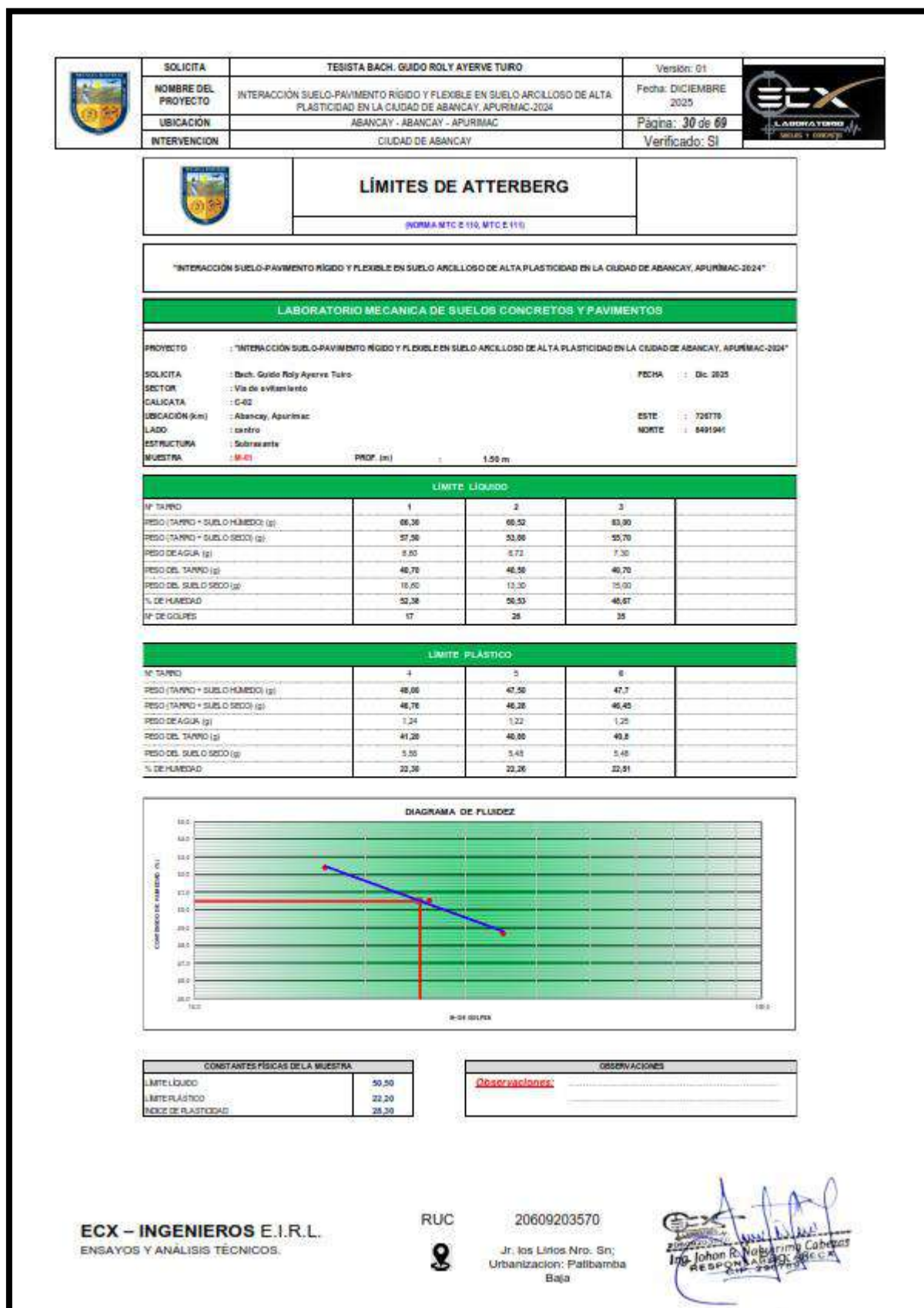


Figura 58 — Informe de laboratorio límites de Atterberg C-02

|                                                                                   |                                                                                                                             |                                      |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA                                                                                                                    | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERVE TURO | Version: 01           |  |
| NOMBRE DEL PROYECTO                                                               | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURIMAC-2024 |                                      | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
| UBICACIÓN                                                                         | ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC                                                                                                |                                      | Página: 31 de 69      |                                                                                     |
| INTERVENCIÓN                                                                      | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           |                                      | Verificado: SI        |                                                                                     |

|                                                                                                                               |                                                                                                                               |                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
|                                              | <b>ENSAYO PROCTOR MODIFICADO</b>                                                                                              |                      |
|                                                                                                                               | (NORMA MTC E113)                                                                                                              |                      |
| "INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURIMAC-2024" |                                                                                                                               |                      |
| LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS                                                                         |                                                                                                                               |                      |
| PROYECTO:                                                                                                                     | "INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURIMAC-2024" |                      |
| SOLICITA:                                                                                                                     | Bach. Guido Roly Ayerve Turo                                                                                                  | FECHA: Dic. 2025     |
| CALICATA:                                                                                                                     | C-02                                                                                                                          | ESTE: 726779         |
| UBICACIÓN (km):                                                                                                               | Abancay, Apurimac                                                                                                             | NORTE: 7491941       |
| LADO:                                                                                                                         | centro                                                                                                                        |                      |
| ESTRUCTURA:                                                                                                                   | Sobresano                                                                                                                     |                      |
| SECTOR:                                                                                                                       | Via de evitamiento                                                                                                            |                      |
| MUESTRA:                                                                                                                      | M-01                                                                                                                          | PROF. (m) : 1.50 m   |
| Nº de Capas:                                                                                                                  | 5                                                                                                                             |                      |
| Nº de golpes por capas:                                                                                                       | 56                                                                                                                            | Volumen Molde : 2124 |

| Muestra             | I      | II     | III    | IV     |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|
| W <sub>cap</sub>    | 95.48  | 104.00 | 108.86 | 96.00  |
| W <sub>cap+sh</sub> | 363.58 | 504.00 | 476.10 | 456.00 |
| W <sub>cap+st</sub> | 335.60 | 438.10 | 426.40 | 402.50 |
| W <sub>s</sub>      | 236.12 | 302.10 | 317.54 | 306.50 |
| W <sub>w</sub>      | 27.98  | 47.90  | 49.70  | 53.50  |
| %CH                 | 10.92  | 13.60  | 15.65  | 17.46  |

| %CH                   | 10.92 | 13.60 | 15.65 | 17.46 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| W <sub>moide</sub>    | 6916  | 6916  | 6916  | 6916  |
| W <sub>sh+moide</sub> | 10911 | 11117 | 11226 | 11172 |
| W <sub>sh</sub>       | 3995  | 4201  | 4310  | 4256  |
| Densidad Hum.         | 1.881 | 1.978 | 2.029 | 2.004 |
| Densidad Seca         | 1.696 | 1.741 | 1.755 | 1.706 |

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| Densidad Seca Máxima (g/cm³) : | 1.755 |
| Contenido Óptimo de Agua (%) : | 15.65 |



**ECX - INGENIEROS E.I.R.L.**  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC



20609203570

Jr. los Lirios Nro. 5n,  
Urbanización: Palibamba  
Baja

  
Ing. Johan R. Nahurimba Cabezas  
RESPONSABLE LABORATORIO  
C.R. 20609203570

Pag: 31

Figura 59 — Informe de laboratorio Proctor modificado C-02

|  |                     |                                                                                                                             |                       |  |
|--|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--|
|  | SOLICITA            | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERRE TURO                                                                                        | Version: 01           |  |
|  | NOMBRE DEL PROYECTO | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024 | Fecha: DICIEMBRE 2025 |  |
|  | UBICACIÓN           | ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC                                                                                                | Página: 32 de 69      |  |
|  | INTERVENCIÓN        | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           | Verificado: SI        |  |

|  |                                            |
|--|--------------------------------------------|
|  | RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) |
|  | (NORMA MTC E 132)                          |

|                                                                                                                                          |                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| "INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024"            |                   |
| LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS                                                                                   |                   |
| PROYECTO : "INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024" |                   |
| SOLICITA : Bach. Guido Roly Ayerre Turo                                                                                                  | EDT : 728779      |
| CALICATA : C-02                                                                                                                          | NORTE : 3401941   |
| UBICACIÓN : Abancay, Apurímac                                                                                                            | FECHA : Dic. 2025 |
| LADO : sur                                                                                                                               |                   |

|                             |                    |
|-----------------------------|--------------------|
| DATOS DE LA MUESTRA         |                    |
| ESTRUCTURA : Subrasante     |                    |
| MUESTRA : B-01              |                    |
| SECTOR : Vía de evitamiento | PROF. (m) : 1.58 m |

| N° DE GOLPES POR CAPA              | 12        |          | 25        |          | 54        |          |
|------------------------------------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
| CONDICIONES DE LA MUESTRA          | SIN MOJAR | SATURADA | SIN MOJAR | SATURADA | SIN MOJAR | SATURADA |
| Peso del molde (gr.)               | 791.1     |          | 791.1     |          | 5309      |          |
| Volumen de la Muestra (cc.)        | 2124      |          | 2124      |          | 2124      |          |
| Muestra Humeda + Molde (gr.)       | 11763     | 11920    | 12000     | 12014    | 12670     | 12720    |
| Muestra Humeda (gr.)               | 3850      | 4009     | 4009      | 4203     | 4311      | 4361     |
| Densidad Humeda (gr/cm³)           | 1.81      | 1.89     | 1.93      | 1.98     | 2.03      | 2.05     |
| CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA | MEDIO     | MEDIO    | MEDIO     | MEDIO    | MEDIO     | MEDIO    |
| Peso de la capsula (gr.)           | 122.00    | 100.00   | 120.00    | 88.50    | 125.00    | 90.10    |
| Muestra Humeda + Capsula (gr.)     | 500.00    | 391.00   | 600.00    | 348.00   | 500.00    | 350.00   |
| Muestra Seca + Capsula (gr.)       | 449.60    | 340.00   | 449.80    | 306.20   | 450.00    | 312.00   |
| Muestra Seca (gr.)                 | 327.60    | 240.00   | 329.80    | 217.70   | 325.00    | 221.90   |
| Contenido de Agua (gr)             | 80.40     | 51.00    | 90.20     | 41.80    | 80.00     | 38.00    |
| Contenido de Humedad (%)           | 15.38     | 21.25    | 15.22     | 19.20    | 15.38     | 17.12    |
| Densidad Seca (gr/cm³)             | 1.571     | 1.557    | 1.671     | 1.660    | 1.739     | 1.753    |

|                          | DIA   | HORA  | INTERVALO (DÍAS) | EXPANSIÓN   |        |        | EXPANSIÓN   |        |        | EXPANSIÓN   |        |        |
|--------------------------|-------|-------|------------------|-------------|--------|--------|-------------|--------|--------|-------------|--------|--------|
|                          |       |       |                  | ECT. DEFOR. | PUGGS  | %      | ECT. DEFOR. | PUGGS  | %      | ECT. DEFOR. | PUGGS  | %      |
| MEDICIÓN DE LA EXPANSIÓN | 1.00  | 13:05 | 0.00             | 0.0000      |        |        | 0.0000      |        |        | 0.0000      |        |        |
|                          | 2.00  | 13:02 | 1.00             | 0.1100      | 0.1100 | 2.3997 | 0.1000      | 0.1000 | 2.1816 | 0.1000      | 0.1000 | 2.1816 |
|                          | 3.00  | 13:10 | 2.00             | 0.1400      | 0.0900 | 0.6545 | 0.1400      | 0.0400 | 0.8726 | 0.2000      | 0.1000 | 2.1816 |
|                          | 4.00  | 13:04 | 3.00             | 0.2100      | 0.0700 | 1.5271 | 0.2100      | 0.0700 | 1.5271 | 0.2000      | 0.0000 | 0.0000 |
| 5.00                     | 12:58 | 4.00  | 0.2700           | 0.0400      | 1.3069 | 0.2500 | 0.0400      | 0.8726 | 0.2300 | 0.0300      | 0.6545 |        |

|                       | PENETR. CON TMERADA | CARG PATRON MPa | FACTOR CARGA CBR |      | FACTOR CARGA CBR |       | FACTOR CARGA CBR |       |       |      |
|-----------------------|---------------------|-----------------|------------------|------|------------------|-------|------------------|-------|-------|------|
|                       |                     |                 | DIAL             | MPa  | DIAL             | MPa   | DIAL             | MPa   |       |      |
| ENSAYO DE PENETRACIÓN | 0                   | 0               | 0.00             |      | 0                | 0.00  |                  | 0     | 0.00  |      |
|                       | 0.025               |                 | 2.55             | 0.28 |                  | 5.79  | 0.34             |       | 6.30  | 0.35 |
|                       | 0.050               |                 | 3.04             | 0.29 |                  | 7.38  | 0.37             |       | 8.86  | 0.41 |
|                       | 0.075               |                 | 4.10             | 0.31 |                  | 8.85  | 0.41             |       | 11.31 | 0.46 |
|                       | 0.100               | 6.90            | 6.98             | 0.33 | 4.74             | 10.21 | 0.43             | 6.30  | 13.83 | 0.51 |
|                       | 0.125               |                 | 5.66             | 0.34 |                  | 11.55 | 0.46             |       | 16.10 | 0.56 |
|                       | 0.150               |                 | 6.31             | 0.35 |                  | 12.88 | 0.49             |       | 18.35 | 0.60 |
|                       | 0.200               | 10.3            | 7.01             | 0.37 | 3.58             | 14.26 | 0.52             | 5.03  | 20.72 | 0.65 |
|                       | 0.300               |                 | 7.75             | 0.38 |                  | 15.75 | 0.55             |       | 23.25 | 0.70 |
|                       | 0.400               |                 | 8.25             | 0.39 |                  | 16.74 | 0.57             |       | 24.93 | 0.74 |
| 0.500                 |                     | 8.67            | 0.40             |      | 17.57            | 0.59  |                  | 26.26 | 0.77  |      |

**ECX - INGENIEROS E.I.R.L.**  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC 20609203570

Jr. los Lirios Nro. 5n;  
Urbanización: Palibamba  
Baja

Ing. Johan R. Nohiermy Cabezas  
RESPONSABLE DE ECX

Pag: 32

Figura 60 — Informe de laboratorio C.B.R C-02

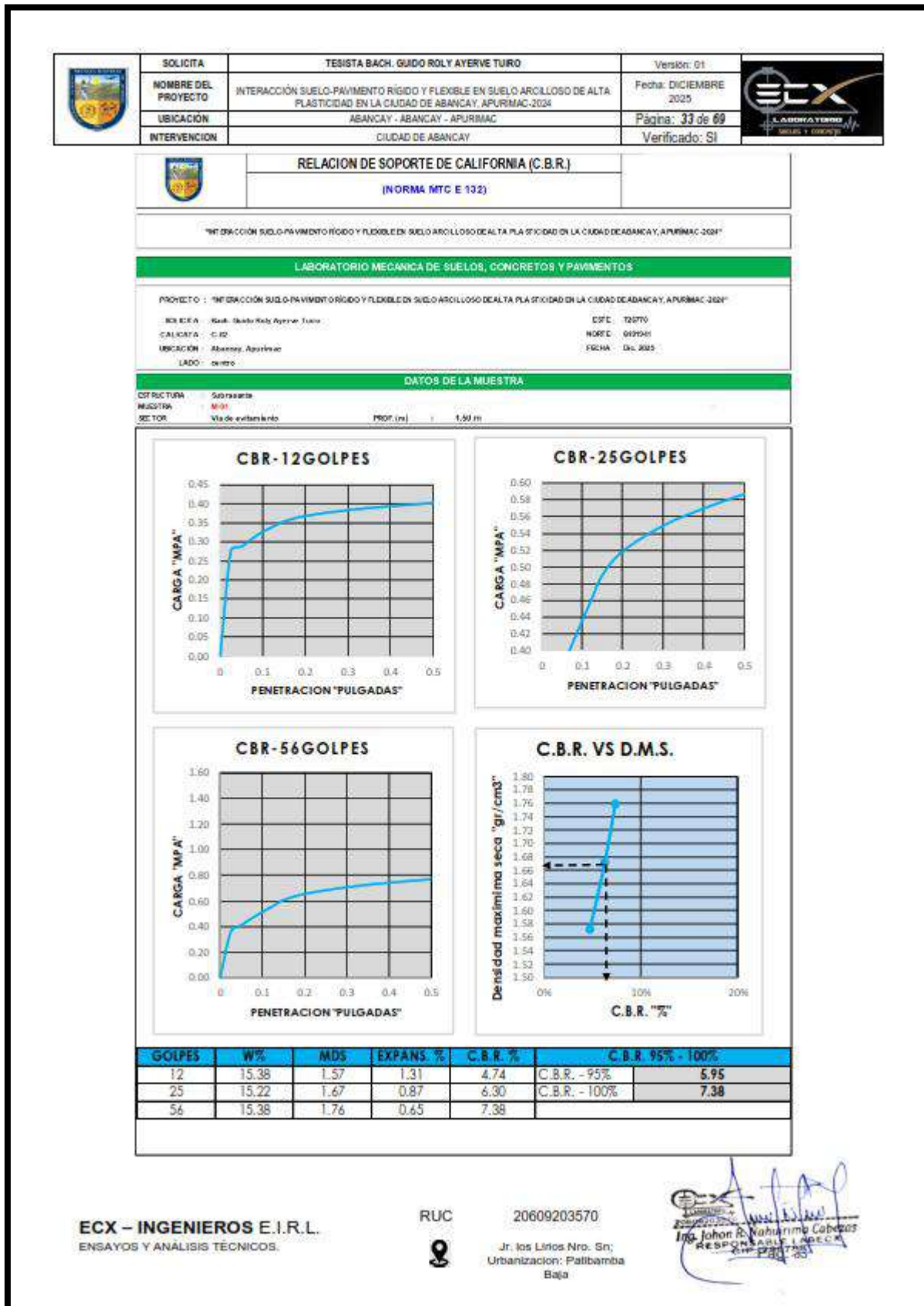


**Figura 61 — Informe de laboratorio C.B.R C-02**

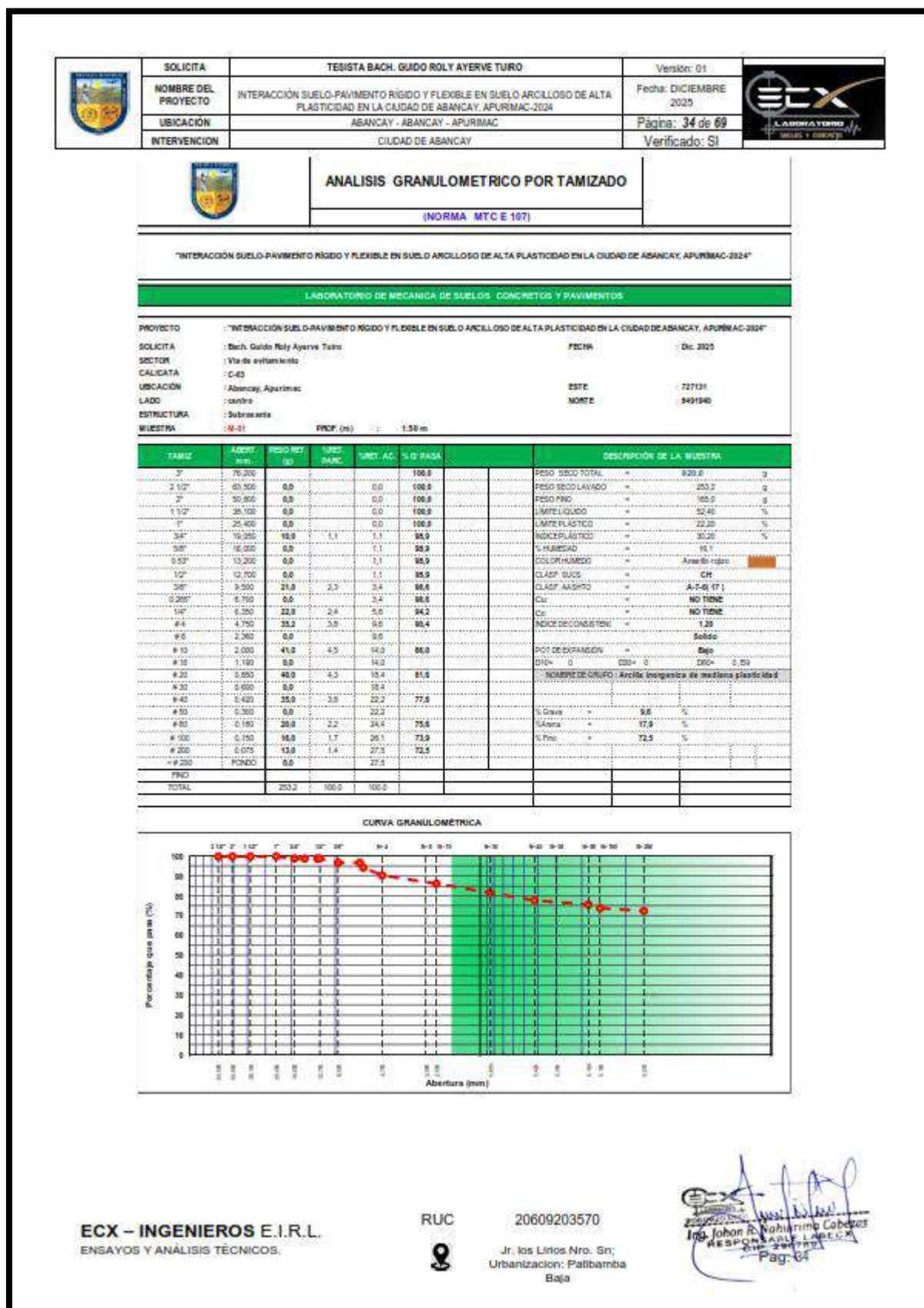


Figura 62 — Informe de laboratorio análisis granulométrico C-03

|                                                                                   |                     |                                                                                                                             |  |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA            | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERVE TURO                                                                                        |  | Version: 01           |  |
|                                                                                   | NOMBRE DEL PROYECTO | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURIMAC-2024 |  | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
|                                                                                   | UBICACIÓN           | ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC                                                                                                |  | Página: 35 de 69      |                                                                                     |
|                                                                                   | INTERVENCIÓN        | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           |  | Verificado: SI        |                                                                                     |

|                                                                                   |                                |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--|
|  | CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO |  |
|                                                                                   | (NORMA MTC E 108)              |  |

"INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURIMAC-2024"

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

|            |                                                                                                                               |           |             |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------|
| PROYECTO   | "INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURIMAC-2024" |           |             |
| SOLICITA   | Bach. Guido Roly Ayerve Turo                                                                                                  | ESTE      | : 727131    |
| SECTOR     | Vía de evitamiento                                                                                                            | NORTE     | : 8491940   |
| ESTRUCTURA | Subcarretera                                                                                                                  | FECHA     | : Dic. 2025 |
| UBICACIÓN  | Abancay, Apurimac                                                                                                             | LADO      | : centro    |
| MUESTRA    | M-01                                                                                                                          |           |             |
| CALCATA    | C-03                                                                                                                          | PROF. (m) | : 1.50 m    |

| Nº DE ENSAYOS                | 1     | 2     | 3     |
|------------------------------|-------|-------|-------|
| Nº Tara                      |       |       |       |
| Peso Tara + Suelo Humedo (g) | 500,0 | 501,0 | 500,2 |
| Peso Tara + Suelo Seco (g)   | 430,5 | 430,1 | 431,1 |
| Peso Tara (g)                | 0,0   | 0,0   | 0,0   |
| Peso Agua (g)                | 69,5  | 70,9  | 69,1  |
| Peso Suelo Seco (g)          | 430,5 | 430,1 | 431,1 |
| Contenido de Humedad (g)     | 16,1  | 16,5  | 16,0  |
| Promedio (%)                 | 16,2  |       |       |

**Observaciones:**

.....

.....

.....

.....

**ECX – INGENIEROS E.I.R.L.**

ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC 20609203570



Jr. los Lirios Nro. 5n,  
Urbanización: Palibamba  
Baja



Ing. John R. Nohaitime Cabezas  
RESPONSABLE LABOR  
Pag: 35

Figura 63 — Informe de laboratorio contenido de humedad C-03

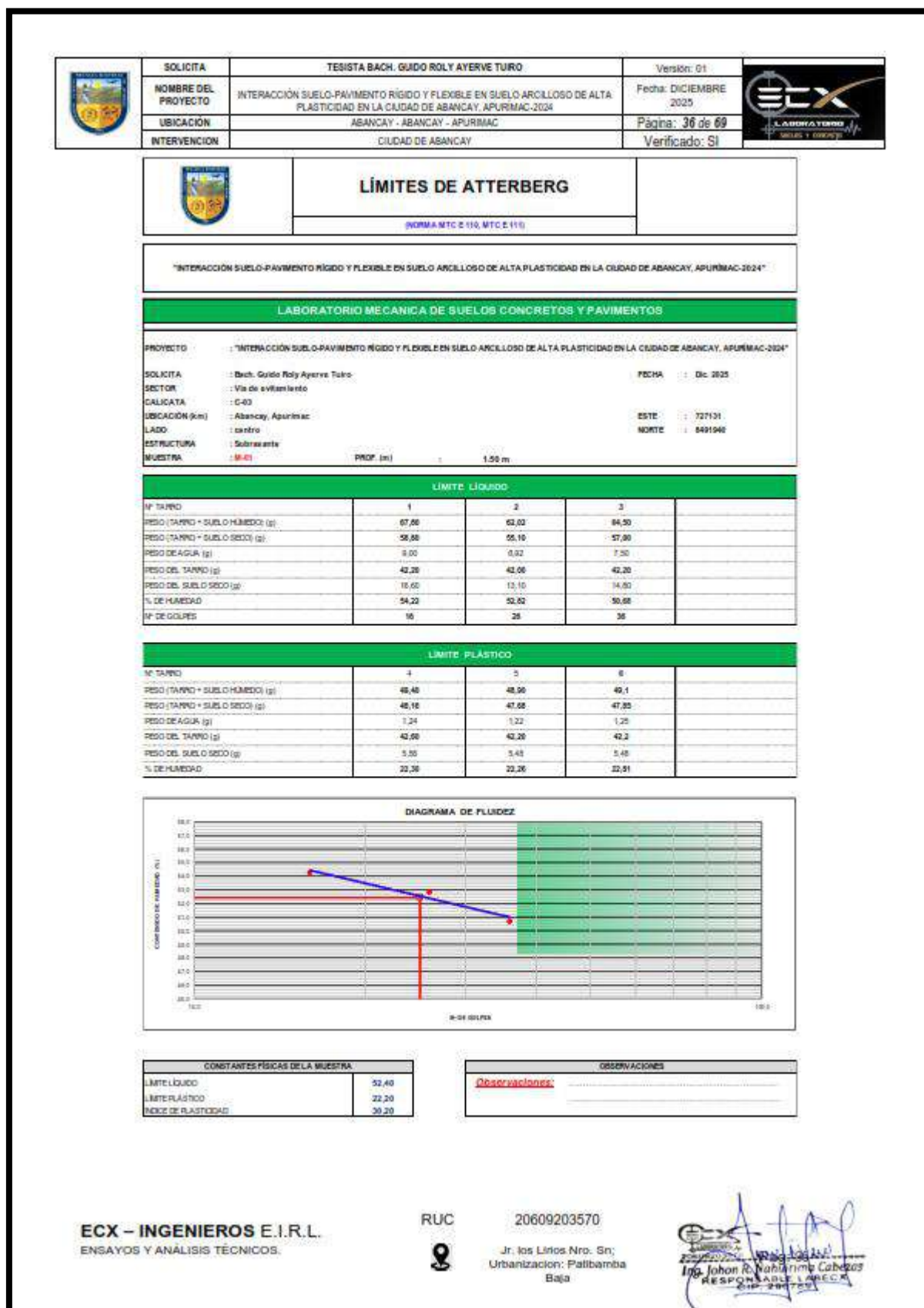


Figura 64 — Informe de laboratorio límites de Atterberg C-03

|                                                                                   |                     |                                                                                                                             |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA            | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERRE TURO                                                                                        | Versión: 01           |  |
|                                                                                   | NOMBRE DEL PROYECTO | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024 | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
|                                                                                   | UBICACIÓN           | ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC                                                                                                | Página: 37 de 69      |                                                                                     |
|                                                                                   | INTERVENCIÓN        | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           | Verificado: SI        |                                                                                     |

|                                                                                   |                                  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--|
|  | <b>ENSAYO PROCTOR MODIFICADO</b> |  |
|                                                                                   | (NORMA MTC E115)                 |  |

"INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024"

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

|                |                                                                                                                               |           |           |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
| PROYECTO       | "INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024" |           |           |
| SOLICITA       | Bach. Guido Roly Ayerre Turo                                                                                                  | FECHA     | Dic. 2025 |
| CALICATA       | C-03                                                                                                                          | ESTE      | 27°13'    |
| UBICACIÓN (km) | Abancay, Apurímac                                                                                                             | NORTE     | 54°19'40" |
| LADO           | centro                                                                                                                        |           |           |
| ESTRUCTURA     | Subrasante                                                                                                                    |           |           |
| SECTOR         | Via de esvitamiento                                                                                                           |           |           |
| MUESTRA        | M-01                                                                                                                          | PROF. (m) | 1.50 m    |

|                        |    |                |      |
|------------------------|----|----------------|------|
| Nº de Capas:           | 5  | Volumen Molde: | 2124 |
| Nº de golpes por capa: | 56 |                |      |

| Muestra               | I      | II     | III    | IV     |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|
| W <sub>cap.</sub>     | 118.48 | 123.00 | 127.86 | 113.00 |
| W <sub>cap.+st.</sub> | 401.58 | 324.00 | 494.10 | 474.00 |
| W <sub>cap.+ss.</sub> | 374.10 | 478.10 | 446.40 | 431.00 |
| W <sub>st.</sub>      | 253.62 | 333.10 | 318.54 | 306.00 |
| W <sub>w.</sub>       | 27.48  | 43.90  | 47.70  | 30.00  |
| %CH                   | 10.75  | 13.00  | 14.97  | 17.32  |

| %CH                   | 10.75 | 13.00 | 14.97 | 17.32 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| W <sub>molde</sub>    | 6916  | 6916  | 6916  | 6916  |
| W <sub>st+molde</sub> | 10914 | 11137 | 11313 | 11212 |
| W <sub>st.</sub>      | 3998  | 4341  | 4399  | 4296  |
| Densidad Hum.         | 1.882 | 1.997 | 2.071 | 2.023 |
| Densidad Seca         | 1.700 | 1.767 | 1.801 | 1.724 |

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| Densidad Seca Máxima (g/cm³): | 1.801 |
| Contenido Óptimo de Agua(%):  | 14.97 |



**ECX – INGENIEROS E.I.R.L.**  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC

20609203570



Jr. los Lirios Nro. 5n;  
Urbanización: Palibamba  
Baja

  
Ing. Johan R. Nahuarima Cabezas  
RESPONSABLE TÉCNICO  
Pag: 37

Figura 65 — Informe de laboratorio ensayo Proctor modificado C-03

|                                                                                   |                                                                                                                             |                                      |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA                                                                                                                    | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERRE TURO | Version: 01           |  |
| NOMBRE DEL PROYECTO                                                               | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024 |                                      | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
| UBICACIÓN                                                                         | ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC                                                                                                |                                      | Página: 36 de 69      |                                                                                     |
| INTERVENCIÓN                                                                      | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           |                                      | Verificado: SI        |                                                                                     |

|                                                                                   |                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
|  | RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) |
|                                                                                   | (NORMA MTC E 132)                          |

"INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024"

#### LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO : "INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024"

SOLICITA : Bach. Guido Roly Ayerre Turo  
CALCATA : C-03  
UBICACIÓN : Abancay, Apurímac  
LADO : Centro

ESTE : 727131  
NORTE : 5491946  
DATUM : WGS 1984

#### DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : Subrasante  
MUESTRA : B-41  
SECTOR : Vía de esbaramiento PROF. (m) : 1.58 m

| DIMENSIONES DE MOLDE:              |                          |       | Diametro         | Altura   | Area   | Diametro  | Altura       | Area   | Diametro  | Altura   | Area         |        |       |  |
|------------------------------------|--------------------------|-------|------------------|----------|--------|-----------|--------------|--------|-----------|----------|--------------|--------|-------|--|
|                                    |                          |       | 15.24            | 11.64    | 182.42 | 15.24     | 11.64        | 182.42 | 15.24     | 11.64    | 182.42       |        |       |  |
| N° DE GOLPES POR CAPA              |                          |       | 12               |          |        | 25        |              |        | 56        |          |              |        |       |  |
| CONDICIONES DE LA MUESTRA          |                          |       | SIN MOJAR        | SATURADA |        | SIN MOJAR | SATURADA     |        | SIN MOJAR | SATURADA |              |        |       |  |
| Peso del molde (gr.)               |                          |       | 7911             |          |        | 7911      |              |        | 8359      |          |              |        |       |  |
| Volumen de la Muestra (cc.)        |                          |       | 2124             |          |        | 2124      |              |        | 2124      |          |              |        |       |  |
| Muestra Humeda + Molde (gr.)       |                          |       | 11791            | 11961    |        | 12041     | 12155        |        | 12711     | 12761    |              |        |       |  |
| Muestra Humeda (gr.)               |                          |       | 3880             | 4050     |        | 4130      | 4244         |        | 4352      | 4402     |              |        |       |  |
| Densidad Humeda (gr/cm3).          |                          |       | 1.83             | 1.91     |        | 1.94      | 2.00         |        | 2.06      | 2.07     |              |        |       |  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA |                          |       | MEDIO            | MEDIO    |        | MEDIO     | MEDIO        |        | MEDIO     | MEDIO    |              |        |       |  |
| Peso de la capsula (gr.)           |                          |       | 0.00             | 0.00     |        | 0.00      | 0.00         |        | 0.00      | 0.00     |              |        |       |  |
| Muestra Humeda + Capsula (gr.)     |                          |       | 499.00           | 498.00   |        | 500.00    | 501.00       |        | 500.00    | 500.00   |              |        |       |  |
| Muestra Seca+ Capsula (gr.)        |                          |       | 434.00           | 410.00   |        | 433.00    | 418.00       |        | 433.00    | 425.00   |              |        |       |  |
| Muestra Seca (gr.)                 |                          |       | 434.00           | 410.00   |        | 433.00    | 418.00       |        | 433.00    | 425.00   |              |        |       |  |
| Contenido de Agua (gr)             |                          |       | 65.00            | 88.00    |        | 67.00     | 83.00        |        | 67.00     | 75.00    |              |        |       |  |
| Contenido de Humedad (%)           |                          |       | 14.98            | 21.46    |        | 15.47     | 19.86        |        | 15.47     | 17.65    |              |        |       |  |
| Densidad Seca (gr/cm3)             |                          |       | 1.589            | 1.570    |        | 1.654     | 1.667        |        | 1.774     | 1.762    |              |        |       |  |
| MEDICION DE LA EXPANSION           | DIA                      | HORA  | INTERVAL O (DIA) | DEFOR.   | PULGS  | %         | DEFOR.       | PULGS  | %         | DEFOR.   | PULGS        | %      |       |  |
|                                    | 1.00                     | 13:05 | 0.00             | 0.0000   |        |           | 0.0000       |        |           | 0.0000   |              |        |       |  |
|                                    | 2.00                     | 13:02 | 1.00             | 0.1000   | 0.1000 | 2.1816    | 0.1000       | 0.1000 | 2.1816    | 0.1000   | 0.1000       | 2.1816 |       |  |
|                                    | 3.00                     | 13:10 | 2.00             | 0.1800   | 0.0800 | 1.7453    | 0.1800       | 0.0600 | 1.3089    | 0.1700   | 0.0700       | 1.5271 |       |  |
|                                    | 4.00                     | 13:04 | 3.00             | 0.2300   | 0.0500 | 1.0908    | 0.1900       | 0.0300 | 0.6545    | 0.2100   | 0.0400       | 0.8756 |       |  |
| 5.00                               | 12:55                    | 4.00  | 0.2900           | 0.0600   | 1.3089 | 0.2400    | 0.0600       | 1.0908 | 0.2300    | 0.0200   | 0.4343       |        |       |  |
| ENSAYO DE PENETRACION              | PENETRA CON PATRON "MPa" |       | FACTOR CARGA     |          | C.B.R  |           | FACTOR CARGA |        | C.B.R     |          | FACTOR CARGA |        | C.B.R |  |
|                                    | PULGADAS                 |       | DIAL             |          | MPa    |           | DIAL         |        | MPa       |          | DIAL         |        | MPa   |  |
|                                    | 0                        |       | 0                |          | 0.00   |           | 0            |        | 0.00      |          | 0            |        | 0.00  |  |
|                                    | 0.025                    |       | 0.31             |          | 0.23   |           | 6.00         |        | 0.35      |          | 10.00        |        | 0.43  |  |
|                                    | 0.050                    |       | 1.35             |          | 0.25   |           | 7.00         |        | 0.37      |          | 11.00        |        | 0.45  |  |
|                                    | 0.075                    |       | 3.31             |          | 0.29   |           | 8.00         |        | 0.39      |          | 13.00        |        | 0.49  |  |
|                                    | 0.100                    |       | 6.90             |          | 4.81   |           | 10.00        |        | 0.43      |          | 14.00        |        | 0.51  |  |
|                                    | 0.125                    |       | 8.61             |          | 0.34   |           | 11.00        |        | 0.45      |          | 15.00        |        | 0.53  |  |
|                                    | 0.150                    |       | 6.53             |          | 0.36   |           | 12.00        |        | 0.47      |          | 16.00        |        | 0.55  |  |
|                                    | 0.200                    |       | 10.3             |          | 7.89   |           | 13.00        |        | 0.49      |          | 17.00        |        | 0.57  |  |
|                                    | 0.300                    |       |                  |          | 10.13  |           | 0.43         |        | 15.00     |          | 0.53         |        | 20.00 |  |
|                                    | 0.400                    |       |                  |          | 10.55  |           | 0.46         |        | 16.00     |          | 0.55         |        | 20.00 |  |
|                                    | 0.500                    |       |                  |          | 10.33  |           | 0.48         |        | 18.00     |          | 0.60         |        | 22.00 |  |

ECX - INGENIEROS E.I.R.L.  
ENSAYOS Y ANALISIS TÉCNICOS.

RUC



20609203570

Jr. los Lirios Nro. 5n;  
Urbanización: Palibamba  
Baja

  
Ing. Johan R. Nahuaring Cabezas  
RESPONSABLE TECNICO

Figura 66 — Informe de laboratorio C.B.R C-03

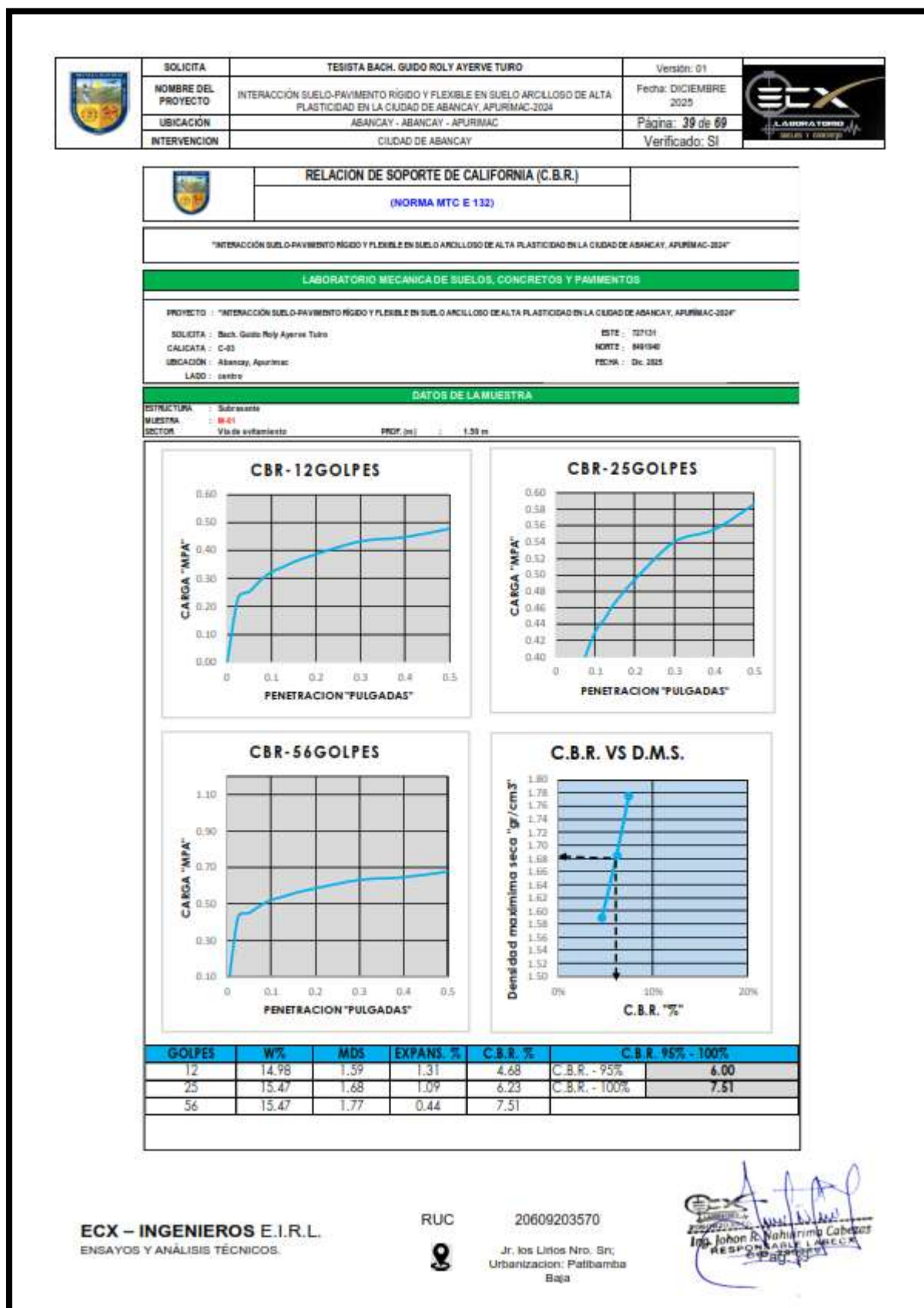


Figura 67 — Informe de laboratorio C.B.R C-03

|                                                                                   |                                                                                                                             |                                      |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA                                                                                                                    | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERRE TURO | Version: 01           |  |
| NOMBRE DEL PROYECTO                                                               | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024 |                                      | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
| UBICACIÓN                                                                         | ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC                                                                                                |                                      | Página: 40 de 69      |                                                                                     |
| INTERVENCIÓN                                                                      | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           |                                      | Verificado: SI        |                                                                                     |

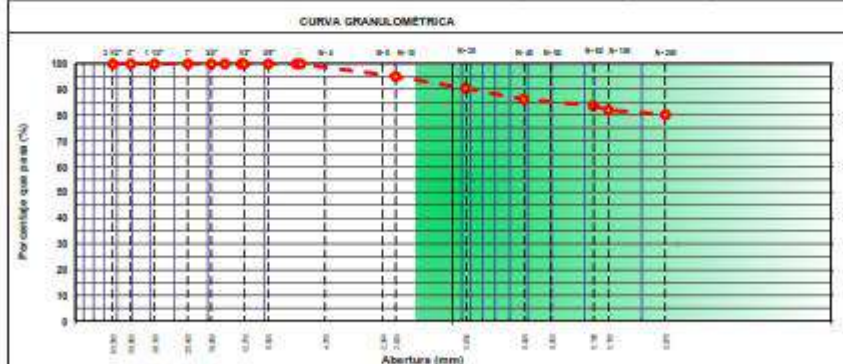
|                                                                                   |                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
|  | <b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO</b> |
|                                                                                   | (NORMA, MTC E 107)                          |

"INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024"

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

|            |                                                                                                                               |           |             |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------|
| PROYECTO   | "INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024" |           |             |
| SOLICITA   | Bach. Guido Roly Ayerre Turo                                                                                                  | FECHA     | 1 Dic. 2025 |
| SECTOR     | Via de evitamiento                                                                                                            |           |             |
| CALICATA   | C-04                                                                                                                          |           |             |
| UBICACIÓN  | Abancay, Apurímac                                                                                                             | ESTE      | 727565      |
| LADO       | centro                                                                                                                        | NORTE     | 9482156     |
| ESTRUCTURA | Subrasante                                                                                                                    |           |             |
| MUESTRA    | M-41                                                                                                                          | PROF. (m) | 1.50 m      |

| TAMIZ  | ABERT. mm. | PESO NET. (g) | TUR. PARC. | TUR. AC. | % Q PASA | DESCRIPCION DE LA MUESTRA                                 |
|--------|------------|---------------|------------|----------|----------|-----------------------------------------------------------|
| 3"     | 76.200     |               |            |          | 100.0    | PESO SECO TOTAL = 1.690.0 g                               |
| 2 1/2" | 63.500     | 8.8           |            | 0.0      | 100.0    | PESO SECO LAVADO = 108.0 g                                |
| 2"     | 50.800     | 8.8           |            | 0.0      | 100.0    | PESO FINO = 108.0 g                                       |
| 1 1/2" | 38.100     | 8.8           |            | 0.0      | 100.0    | LÍMITE LÍQUIDO = 51.30 %                                  |
| 1"     | 25.400     | 8.8           |            | 0.0      | 100.0    | LÍMITE PLÁSTICO = 21.70 %                                 |
| 3/4"   | 19.050     | 8.8           |            | 0.0      | 100.0    | ÍNDICE PLÁSTICO = 29.60 %                                 |
| 5/8"   | 16.000     | 8.8           |            | 0.0      | 100.0    | % HUMEDAD = 12.8                                          |
| 0.53"  | 13.200     | 8.8           |            | 0.0      | 100.0    | COLOR HUMEDO = Arcilla roja                               |
| 1/2"   | 12.500     | 8.8           |            | 0.0      | 100.0    | CLASIF. SUCS = CH                                         |
| 3/8"   | 9.500      | 8.8           |            | 0.0      | 100.0    | CLASIF. AASHTO = A-7-6 (17)                               |
| 0.250" | 6.700      | 8.8           |            | 0.0      | 100.0    | Gr = NO TIENE                                             |
| 1/4"   | 6.300      | 8.8           |            | 0.0      | 100.0    | Co = NO TIENE                                             |
| #4     | 4.750      | 8.8           |            | 0.0      | 100.0    | ÍNDICE DE CONSISTENCIA = 1.31                             |
| #8     | 2.360      | 8.8           |            | 0.0      | 100.0    | Solidez = Solida                                          |
| #10    | 2.000      | 52.3          | 5.2        | 5.2      | 94.8     | POT. DE EXPANSIÓN = Bajo                                  |
| #16    | 1.180      | 8.8           |            | 5.2      | 94.8     | OD+ = 0 OD- = 0 OD = 0                                    |
| #20    | 0.850      | 45.3          | 4.5        | 8.5      | 96.3     | ROBRES DE GRUPO: Arcilla margánica de mediana plasticidad |
| #30    | 0.600      | 8.8           |            | 8.5      | 96.3     |                                                           |
| #40    | 0.420      | 40.2          | 4.0        | 13.5     | 96.3     |                                                           |
| #50    | 0.300      | 8.8           |            | 13.5     | 96.3     | % Grava = 8.8 %                                           |
| #60    | 0.180      | 25.7          | 2.6        | 16.4     | 93.8     | % Arena = 91.0 %                                          |
| #100   | 0.150      | 16.2          | 1.6        | 18.2     | 91.8     | % Fina = 80.3 %                                           |
| #200   | 0.075      | 15.1          | 1.5        | 19.7     | 86.3     |                                                           |
| #250   | PONEDO     | 2.8           | 0.2        | 19.9     | 86.1     |                                                           |
| FINO   |            |               |            |          |          |                                                           |
| TOTAL  |            | 196.9         | 100.0      | 100.0    |          |                                                           |



ECX - INGENIEROS E.I.R.L.  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC



20609203570

Jr. los Lirios Nro. 5n;  
Urbanización: Palibamba  
Baja

  
Ing. John R. Nahurim Cabezas  
RESPONSABLE LAB. ECX  
21-12-2025

Pag: 40

Figura 68 — Informe de laboratorio análisis granulométrico C-04

|                                                                                   |                     |                                                                                                                             |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA            | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERVE TURO                                                                                        | Version: 01           |  |
|                                                                                   | NOMBRE DEL PROYECTO | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURIMAC-2024 | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
|                                                                                   | UBICACIÓN           | ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC                                                                                                | Página: 41 de 69      |                                                                                     |
|                                                                                   | INTERVENCIÓN        | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           | Verificado: SI        |                                                                                     |

|                                                                                   |                                |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--|
|  | CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO |  |
|                                                                                   | (NORMA MTC E 108)              |  |

"INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURIMAC-2024"

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

|            |                                                                                                                               |           |             |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------|
| PROYECTO   | "INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURIMAC-2024" |           |             |
| SOLICITA   | Bach. Guido Roly Ayerve Turo                                                                                                  | ESTE      | : 727585    |
| SECTOR     | Via de evitamiento                                                                                                            | NORTE     | : 8492155   |
| ESTRUCTURA | Subcarretera                                                                                                                  | FECHA     | : Dic. 2025 |
| UBICACIÓN  | Abancay, Apurimac                                                                                                             | LADO      | : Centro    |
| MUESTRA    | M-01                                                                                                                          |           |             |
| CAUCALITA  | C-04                                                                                                                          | PROF. (m) | : 1.50 m    |

| Nº DE ENSAYOS                | 1     | 2     | 3     |
|------------------------------|-------|-------|-------|
| Nº Tara                      |       |       |       |
| Peso Tara + Suelo Humedo (g) | 450,2 | 450,0 | 452,1 |
| Peso Tara + Suelo Seco (g)   | 400,0 | 401,1 | 400,3 |
| Peso Tara (g)                | 0,0   | 0,0   | 0,0   |
| Peso Agua (g)                | 50,2  | 48,9  | 51,8  |
| Peso Suelo Seco (g)          | 400,0 | 401,1 | 400,3 |
| Contenido de Humedad (g)     | 12,6  | 12,2  | 12,9  |
| Promedio (%)                 | 12,6  |       |       |

**Observaciones:**

.....

.....

.....

.....

**ECX – INGENIEROS E.I.R.L.**  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC 20609203570



Jr. los Lirios Nro. 5n,  
Urbanización: Palibamba  
Baja

  
Ing. Johan R. Nahuarima Cabezas  
RESPONSABLE LABORA  
DIP. 29072001

Pag: 41

Figura 69 — Informe de laboratorio contenido de humedad del suelo C-04

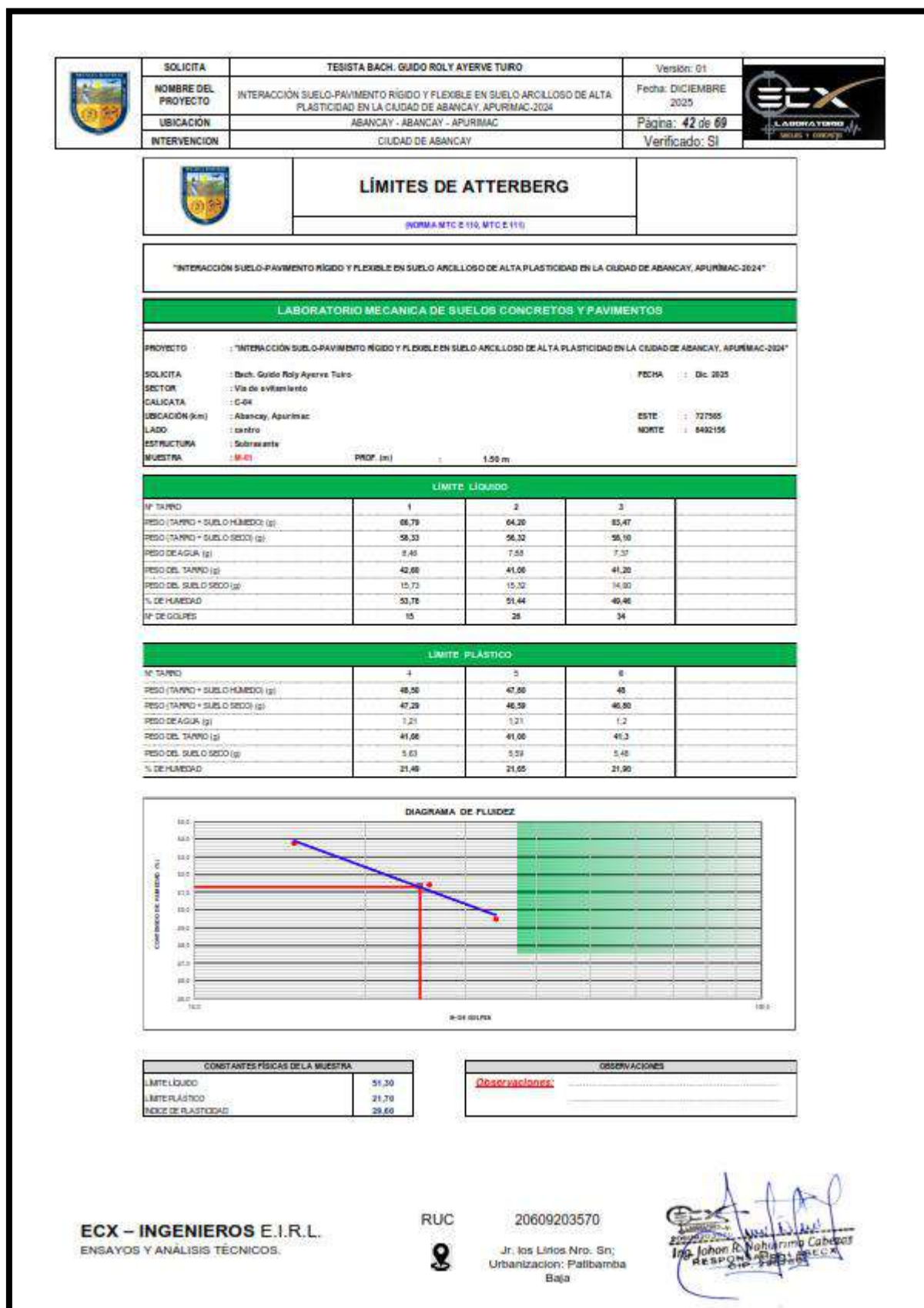


Figura 70 — Informe de laboratorio límites de Atterberg C-04

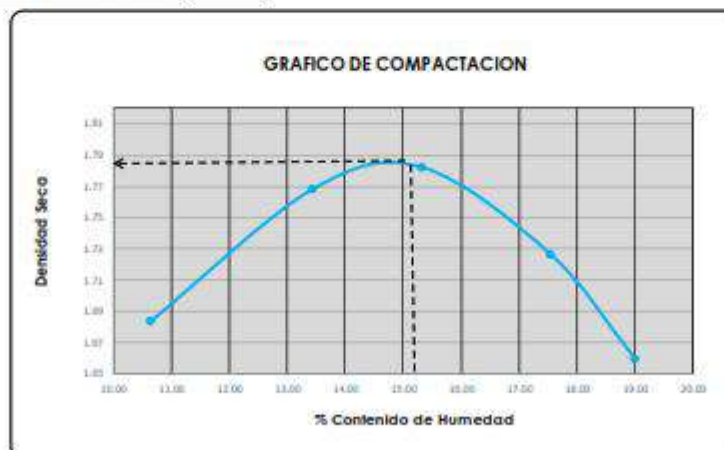
|                                                                                   |                                                                                                                             |                                      |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA                                                                                                                    | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERRE TURO | Version: 01           |  |
| NOMBRE DEL PROYECTO                                                               | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURIMAC-2024 |                                      | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
| UBICACIÓN                                                                         | ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC                                                                                                |                                      | Página: 43 de 69      |                                                                                     |
| INTERVENCIÓN                                                                      | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           |                                      | Verificado: SI        |                                                                                     |

|                                                                                                                               |                                                                                                                               |                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
|                                              | <b>ENSAYO PROCTOR MODIFICADO</b>                                                                                              |                      |
|                                                                                                                               | (NORMA MTC E115)                                                                                                              |                      |
| "INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURIMAC-2024" |                                                                                                                               |                      |
| LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS                                                                        |                                                                                                                               |                      |
| PROYECTO                                                                                                                      | "INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURIMAC-2024" |                      |
| SOLICITA                                                                                                                      | Bach. Guido Roly Ayerre Turo                                                                                                  | FECHA : Dic. 2025    |
| CALICATA                                                                                                                      | C-04                                                                                                                          | ESTE : 27985         |
| UBICACIÓN (km)                                                                                                                | Abancay, Apurimac                                                                                                             | NORTE : 5492156      |
| LADO                                                                                                                          | centro                                                                                                                        |                      |
| ESTRUCTURA                                                                                                                    | Subrasante                                                                                                                    |                      |
| SECTOR                                                                                                                        | Via de evitamiento                                                                                                            |                      |
| MUESTRA                                                                                                                       | B-01                                                                                                                          | PROF. (m) : 1.50 m   |
| Nº de Capas:                                                                                                                  | 5                                                                                                                             |                      |
| Nº de golpes por capas:                                                                                                       | 56                                                                                                                            | Volumen Molde : 2124 |

| Muestra              | I      | II     | III    | IV     |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|
| W <sub>cap.</sub>    | 105.00 | 106.00 | 105.20 | 105.00 |
| W <sub>cap+sh.</sub> | 503.30 | 503.30 | 506.30 | 502.30 |
| W <sub>cap+ss.</sub> | 465.00 | 458.00 | 453.00 | 443.00 |
| W <sub>ss.</sub>     | 360.00 | 302.00 | 347.80 | 338.00 |
| W <sub>w.</sub>      | 38.30  | 47.30  | 53.30  | 59.30  |
| %CH.                 | 19.44  | 13.44  | 15.32  | 17.34  |

| %CH.                  | I     | II    | III   | IV    |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| %CH.                  | 19.44 | 13.44 | 15.32 | 17.34 |
| W <sub>mold.</sub>    | 6916  | 6916  | 6916  | 6916  |
| W <sub>sh+mold.</sub> | 10873 | 11177 | 11282 | 11227 |
| W <sub>sh.</sub>      | 3957  | 4261  | 4366  | 4311  |
| Densidad Hum.         | 1.843 | 2.006 | 2.056 | 2.030 |
| Densidad Secca        | 1.684 | 1.768 | 1.782 | 1.727 |

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| Densidad Secca Máxima(g/cm³) : | 1.782 |
| Contenido Óptimo de Agua(%) :  | 15.32 |



**ECX - INGENIEROS E.I.R.L.**  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC



20609203570

Jr. los Lirios Nro. 5n;  
Urbanización: Palibamba  
Baja

  
Ing. Johan R. Noharima Cabezas  
RESPONSABLE TECNICO  
20.12.2025

Pag: 43

Figura 71 — Informe de laboratorio Proctor modificado C-04

|                                                                                   |                                                                                                                             |                                      |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA                                                                                                                    | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERRE TURO | Version: 01           |  |
| NOMBRE DEL PROYECTO                                                               | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024 |                                      | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
| UBICACIÓN                                                                         | ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC                                                                                                |                                      | Página: 44 de 69      |                                                                                     |
| INTERVENCIÓN                                                                      | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           |                                      | Verificado: SI        |                                                                                     |

|                                                                                   |                                            |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--|
|  | RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) |  |
|                                                                                   | (NORMA MTC E 132)                          |  |

"INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024"

#### LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO : "INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024"

SOLICITA : Bach. Guido Roly Ayerre Turo  
CALICATA : C-04  
UBICACIÓN : Abancay, Apurímac  
LADO : surtido

ESTE : 22/05  
NORTE : 9482156  
FECHA : Dic. 2025

#### DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : Subrasante  
MUESTRA : B-41  
SECTOR : Vía de evitamiento PROF. (m) : 1.50 m

| DIMENSIONES DE MOLDE:              |                  |            | Diametro        | Altura      | Area         | Diametro    | Altura       | Area        | Diametro     | Altura      | Area         |
|------------------------------------|------------------|------------|-----------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
|                                    |                  |            | 15.24           | 11.64       | 182.42       | 15.24       | 11.64        | 182.42      | 15.24        | 11.64       | 182.42       |
| N° DE GOLPES POR CAPA              |                  |            | 12              |             |              | 25          |              |             | 56           |             |              |
| CONDICIONES DE LA MUESTRA          |                  |            | SIN MOJAR       | SATURADA    | SIN MOJAR    | SATURADA    | SIN MOJAR    | SATURADA    | SIN MOJAR    | SATURADA    | SATURADA     |
| Peso del molde (gr.)               |                  |            | 2911            |             | 2911         |             | 2911         |             | 2911         |             |              |
| Volumen de la Muestra (cc.)        |                  |            | 2124            |             | 2124         |             | 2124         |             | 2124         |             |              |
| Muestra Humeda + Molde (gr.)       |                  |            | 11789           | 12040       | 12092        | 12249       | 12245        | 12522       |              |             |              |
| Muestra Humeda (gr.)               |                  |            | 3078            | 4129        | 4181         | 4335        | 4386         | 4463        |              |             |              |
| Densidad Humeda (gr/cm³)           |                  |            | 1.53            | 1.94        | 1.97         | 2.04        | 2.04         | 2.10        |              |             |              |
| CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA |                  |            | MEDIO           | MEDIO       | MEDIO        | MEDIO       | MEDIO        | MEDIO       |              |             |              |
| Peso de la capsula (gr.)           |                  |            | 122.00          | 100.00      | 120.00       | 10.00       | 122.00       | 100.00      |              |             |              |
| Muestra Humeda + Capsula (gr.)     |                  |            | 500.00          | 497.00      | 500.00       | 500.00      | 500.00       | 507.00      |              |             |              |
| Muestra Seca + Capsula (gr.)       |                  |            | 449.60          | 430.00      | 449.00       | 424.00      | 450.00       | 445.00      |              |             |              |
| Muestra Seca (gr.)                 |                  |            | 327.60          | 330.00      | 329.00       | 414.00      | 328.00       | 345.00      |              |             |              |
| Contenido de Agua (gr.)            |                  |            | 80.40           | 67.00       | 61.00        | 76.00       | 50.00        | 57.00       |              |             |              |
| Contenido de Humedad (%)           |                  |            | 15.38           | 20.30       | 15.50        | 18.36       | 15.24        | 16.52       |              |             |              |
| Densidad Seca (gr/cm³)             |                  |            | 1.582           | 1.516       | 1.704        | 1.726       | 1.792        | 1.803       |              |             |              |
| MEDICION DE LA EXPANSION           | DIA              | HORA       | INTERVALO (MIN) | DEFORMACION | EXPANSION    | DEFORMACION | EXPANSION    | DEFORMACION | EXPANSION    | DEFORMACION | EXPANSION    |
|                                    |                  |            |                 | DEFORMACION | DEFORMACION  | DEFORMACION | DEFORMACION  | DEFORMACION | DEFORMACION  | DEFORMACION | DEFORMACION  |
|                                    |                  |            |                 | DEFORMACION | DEFORMACION  | DEFORMACION | DEFORMACION  | DEFORMACION | DEFORMACION  | DEFORMACION | DEFORMACION  |
|                                    |                  |            |                 | DEFORMACION | DEFORMACION  | DEFORMACION | DEFORMACION  | DEFORMACION | DEFORMACION  | DEFORMACION | DEFORMACION  |
|                                    |                  |            |                 | DEFORMACION | DEFORMACION  | DEFORMACION | DEFORMACION  | DEFORMACION | DEFORMACION  | DEFORMACION | DEFORMACION  |
| ENSAYO DE PENETRACION              | PROFUNDIDAD (mm) | CARGA (kg) | FACTOR CARGA    | CBR         | FACTOR CARGA | CBR         | FACTOR CARGA | CBR         | FACTOR CARGA | CBR         | FACTOR CARGA |
|                                    | 0                | 0.00       | 0.00            | 0.00        | 0.00         | 0.00        | 0.00         | 0.00        | 0.00         | 0.00        | 0.00         |
|                                    | 0.025            | 1.99       | 0.27            | 5.00        | 0.33         | 5.00        | 0.33         | 5.00        | 0.33         | 5.00        | 0.33         |
|                                    | 0.050            | 2.48       | 0.28            | 5.00        | 0.35         | 5.00        | 0.35         | 5.00        | 0.35         | 5.00        | 0.35         |
|                                    | 0.075            | 3.54       | 0.30            | 5.00        | 0.39         | 5.00        | 0.39         | 5.00        | 0.39         | 5.00        | 0.39         |
|                                    | 0.100            | 6.90       | 4.42            | 0.32        | 4.57         | 9.00        | 0.41         | 5.94        | 13.00        | 0.49        | 7.13         |
|                                    | 0.125            |            | 5.10            | 0.33        |              | 11.00       | 0.45         |             | 15.00        | 0.53        |              |
|                                    | 0.150            |            | 5.75            | 0.34        |              | 12.00       | 0.47         |             | 17.00        | 0.57        |              |
|                                    | 0.200            | 10.3       | 6.65            | 0.36        | 3.47         | 13.00       | 0.49         | 4.75        | 20.00        | 0.64        | 6.15         |
|                                    | 0.300            |            | 7.19            | 0.37        |              | 15.00       | 0.53         |             | 22.00        | 0.68        |              |
|                                    | 0.400            |            | 7.69            | 0.38        |              | 16.00       | 0.55         |             | 24.00        | 0.72        |              |
|                                    | 0.500            |            | 8.11            | 0.39        |              | 17.00       | 0.57         |             | 25.00        | 0.74        |              |

ECX - INGENIEROS E.I.R.L.  
ENSAYOS Y ANALISIS TECNICOS.

RUC

20609203570



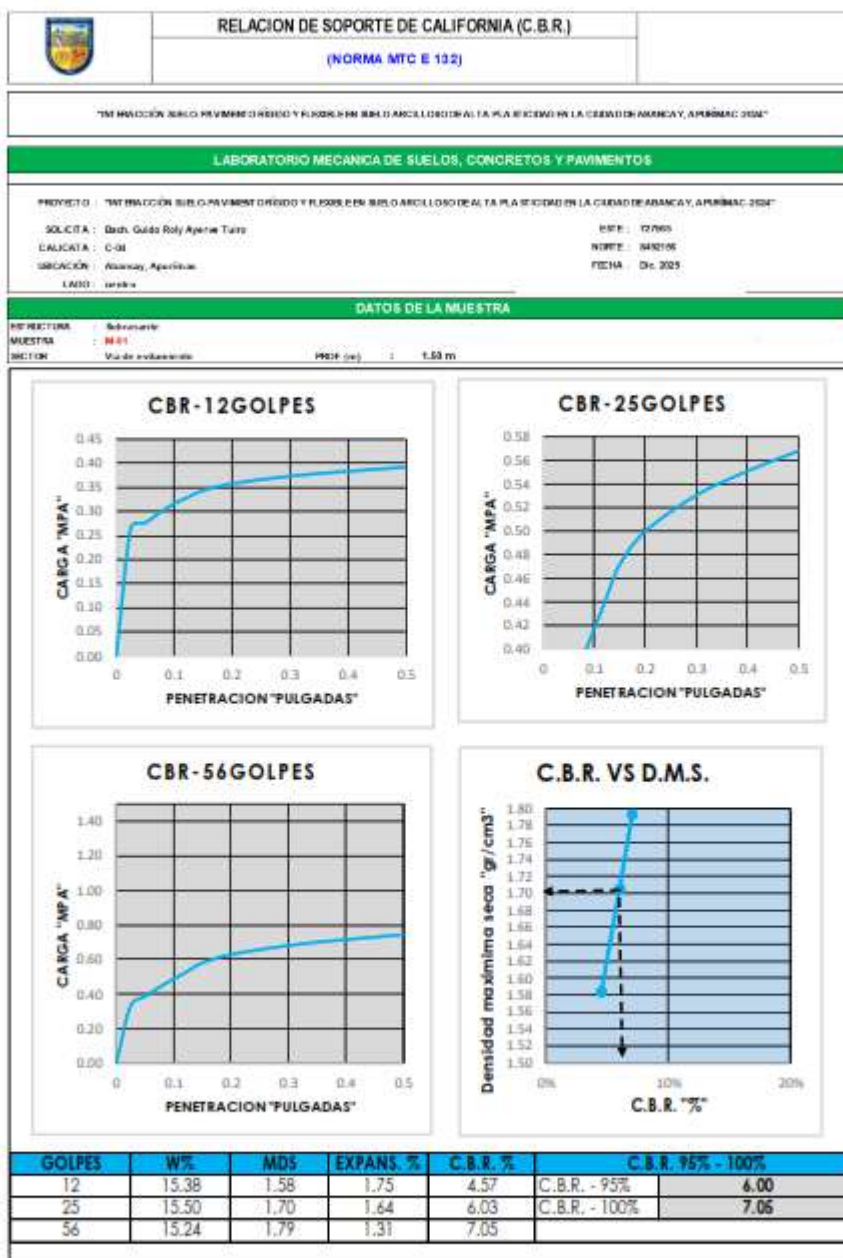
Jr. los Lirios Nro. 5n;  
Urbanización: Palibamba  
Baja

  
Ing. John R. Nahamha Cabanillas  
RESPONSABLE LABORATORIO

Pag: 44

Figura 72 — Informe de laboratorio C.B.R C-04

|                                                                                   |                     |                                                                                                                             |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA            | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERRE TURO                                                                                        | Versión: 01           |  |
|                                                                                   | NOMBRE DEL PROYECTO | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024 | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
|                                                                                   | UBICACIÓN           | ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC                                                                                                | Página: 45 de 69      |                                                                                     |
|                                                                                   | INTERVENCIÓN        | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           | Verificado: SI        |                                                                                     |



ECX – INGENIEROS E.I.R.L.  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC



20609203570

Jr. los Lirios Nro. 5n;  
Urbanización: Patibamba  
Baja

  
Ing. Johan R. Noharima Cabezas  
RESPONSABLE LABORATORIO  
CIVIL-2025  
Pag: 45

Figura 73 — Informe de laboratorio C.B.R C-04

Ing. Johon R. Nahurima Cabezas  
RESPONSABLE LABECC  
C.H. 297759

**ECX – INGENIEROS E.I.R.L.**  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC

20609203570

Jr. los Lirios Nro. 5n;  
Urbanización: Palibamba  
Baja

Paq: 46

|                                                                                   |                                                                                                                             |                                      |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA                                                                                                                    | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERVE TURO | Versión: 01           |  |
| NOMBRE DEL PROYECTO                                                               | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURIMAC-2024 |                                      | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
| UBICACIÓN                                                                         | ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC                                                                                                |                                      | Página: 47 de 69      |                                                                                     |
| INTERVENCIÓN                                                                      | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           |                                      | Verificado: SI        |                                                                                     |

|                                                                                                                               |                                                                                                                               |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
|                                              | <b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO</b>                                                                                         |                   |
|                                                                                                                               | (NORMA MTC E 108)                                                                                                             |                   |
| "INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURIMAC-2024" |                                                                                                                               |                   |
| <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS</b>                                                              |                                                                                                                               |                   |
| PROYECTO                                                                                                                      | "INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURIMAC-2024" |                   |
| SOLICITA                                                                                                                      | Bach. Guido Roly Ayerve Turo                                                                                                  | ESTE : 727520     |
| SISTOR                                                                                                                        | Via de evitamiento                                                                                                            | NORTE : 8492491   |
| ESTRUCTURA                                                                                                                    | Subrasante                                                                                                                    | FECHA : Dic. 2025 |
| UBICACIÓN                                                                                                                     | Abancay, Apurimac                                                                                                             | LADO : centro     |
| MUESTRA                                                                                                                       | M-01                                                                                                                          |                   |
| CALICATA                                                                                                                      | C-05 PROF. (m)                                                                                                                | 1.50 m            |
| <b>Nº DE ENSAYOS</b>                                                                                                          | <b>1</b>                                                                                                                      | <b>2</b>          |
| Nº Tara                                                                                                                       |                                                                                                                               |                   |
| Peso Tara + Suelo Humedo (g)                                                                                                  | 400,1                                                                                                                         | 400,0             |
| Peso Tara + Suelo Seco (g)                                                                                                    | 345,5                                                                                                                         | 344,3             |
| Peso Tara (g)                                                                                                                 | 0,0                                                                                                                           | 0,0               |
| Peso Agua (g)                                                                                                                 | 54,6                                                                                                                          | 55,7              |
| Peso Suelo Seco (g)                                                                                                           | 345,5                                                                                                                         | 344,3             |
| Contenido de Humedad (g)                                                                                                      | 15,8                                                                                                                          | 16,2              |
| <b>Promedio (%)</b>                                                                                                           | <b>16,2</b>                                                                                                                   |                   |
| <b>Observaciones:</b>                                                                                                         |                                                                                                                               |                   |
| <div></div> <div></div> <div></div> <div></div>                                                                               |                                                                                                                               |                   |

**ECX – INGENIEROS E.I.R.L.**  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC

20609203570



Jr. los Lirios Nro. 5n;  
Urbanización: Palibamba  
Baja

  
Ing. Johon R. Nahuirima Cabezas  
RESPONSABLE LABECM  
CIP: 251750

Figura 75 — Informe de laboratorio contenido de humedad C-05

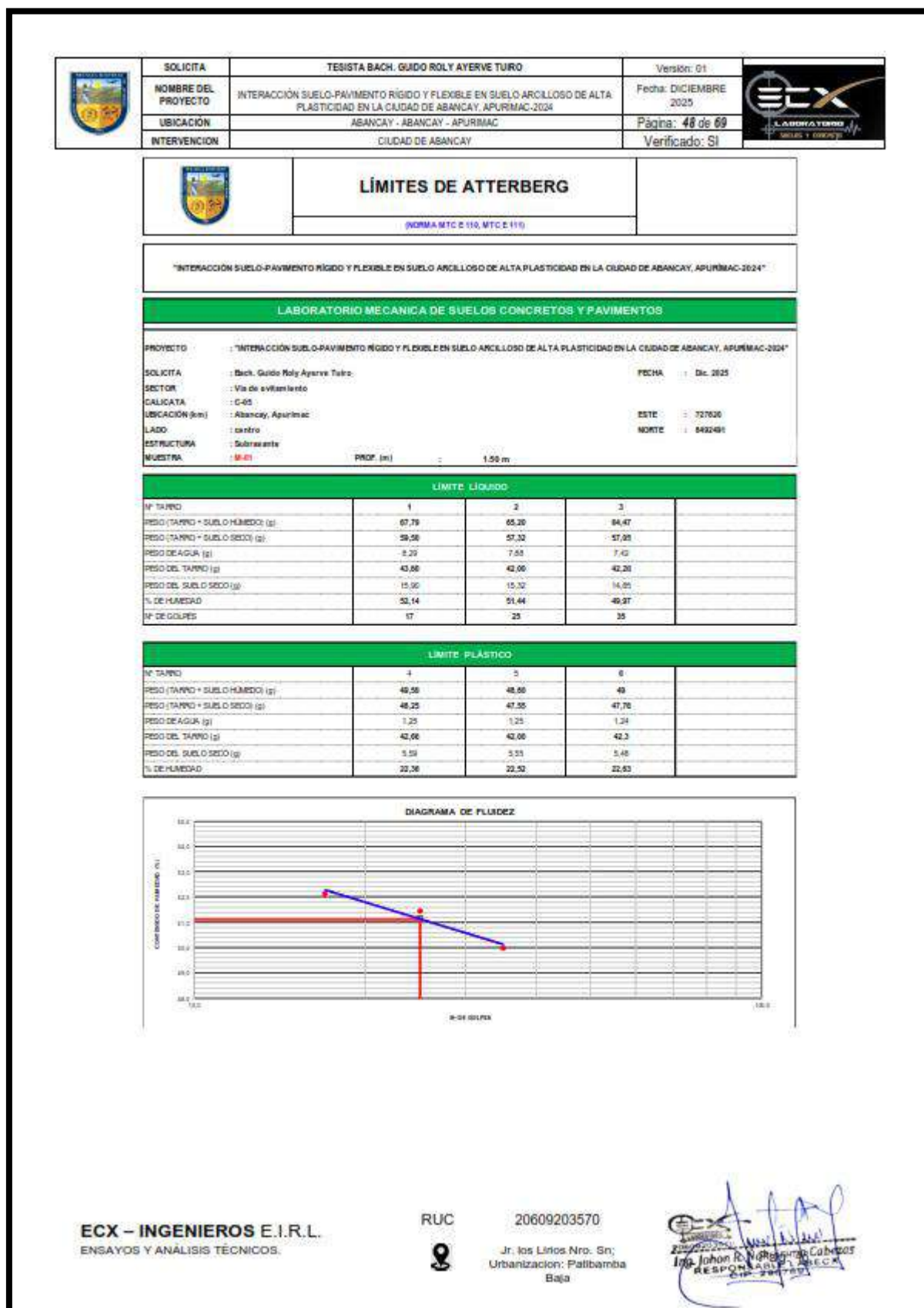


Figura 76 — Informe de laboratorio límites de Atterberg C-05

|                                                                                   |                     |                                                                                                                             |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA            | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERRE TURO                                                                                        | Version: 01           |  |
|                                                                                   | NOMBRE DEL PROYECTO | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURIMAC-2024 | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
|                                                                                   | UBICACIÓN           | ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC                                                                                                | Página: 49 de 69      |                                                                                     |
|                                                                                   | INTERVENCIÓN        | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           | Verificado: SI        |                                                                                     |

|  <b>ENSAYO PROCTOR MODIFICADO</b><br>(NORMA MTC E115) |                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| "INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024"          |                                                                                                                               |
| LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS                                                                                 |                                                                                                                               |
| PROYECTO                                                                                                                               | "INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024" |
| SOLICITA                                                                                                                               | Bach. Guido Roly Ayerre Turo                                                                                                  |
| CALCATA                                                                                                                                | C-05                                                                                                                          |
| UBICACIÓN (km)                                                                                                                         | Abancay, Apurímac                                                                                                             |
| LADO                                                                                                                                   | centro                                                                                                                        |
| ESTRUCTURA                                                                                                                             | Subrasante                                                                                                                    |
| SECTOR                                                                                                                                 | Via de evitamiento                                                                                                            |
| MUESTRA                                                                                                                                | B-01                                                                                                                          |
| PROF. (m)                                                                                                                              | 1.50 m                                                                                                                        |
| Nº de Capas: 3                                                                                                                         |                                                                                                                               |
| Nº de golpes por capas: 56                                                                                                             | Volumen Molde: 2124                                                                                                           |
| FECHA                                                                                                                                  | Dic. 2025                                                                                                                     |
| ESTE                                                                                                                                   | 727820                                                                                                                        |
| SCHEP                                                                                                                                  | 6453451                                                                                                                       |

| Muestra       | I.     | II.    | III.   | IV.    |
|---------------|--------|--------|--------|--------|
| Wcap.         | 111.00 | 112.00 | 111.20 | 111.00 |
| Wcap+sh.      | 509.30 | 511.30 | 512.30 | 508.30 |
| Wcap+ss.      | 471.00 | 466.00 | 462.00 | 449.00 |
| Wss.          | 360.00 | 354.00 | 350.80 | 338.00 |
| Ww.           | 38.30  | 43.30  | 50.30  | 59.30  |
| %CH.          | 10.64  | 12.80  | 14.34  | 17.54  |
| WCH.          | 10.64  | 12.80  | 14.34  | 17.54  |
| Wmolde        | 6916   | 6916   | 6916   | 6916   |
| Wsh+molde     | 10934  | 11236  | 11343  | 11288  |
| Wsh.          | 4018   | 4322   | 4427   | 4372   |
| Densidad Hum. | 1.892  | 2.035  | 2.084  | 2.058  |
| Densidad Seca | 1.710  | 1.804  | 1.823  | 1.751  |

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| Densidad Seca Máxima(g/cm³): | 1.823 |
| Contenido Óptimo de Agua(%): | 14.34 |



**ECX - INGENIEROS E.I.R.L.**  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC



20609203570

Jr. los Lirios Nro. 5n,  
Urbanización: Palibamba  
Baja

  
Ing. Johan R. Nahuirima Cabezas  
RESPONSABLE TÉCNICO

Pag: 49

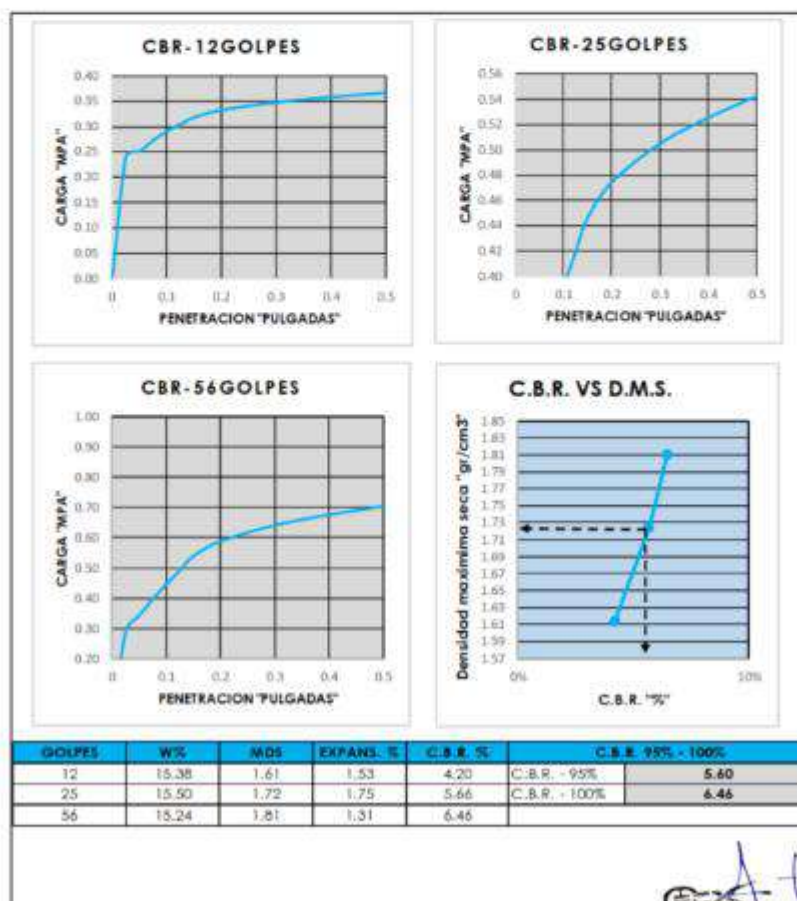
Figura 77 — Informe de laboratorio Proctor modificado C-05

Ing. Johan R. Nahrump Cabatzen  
RESPONSIBLE OFFICER

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

|                                                                                   |                     |                                                                                                                             |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA            | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERRE TURO                                                                                        | Version: 01           |  |
|                                                                                   | NOMBRE DEL PROYECTO | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURIMAC-2024 | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
|                                                                                   | UBICACIÓN           | ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC                                                                                                | Página: 51 de 69      |                                                                                     |
|                                                                                   | INTERVENCIÓN        | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           | Verificado: SI        |                                                                                     |

|                                                                                                                                       |                                            |                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------|
|                                                      | RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) |                   |
|                                                                                                                                       | (NORMA MTC E 132)                          |                   |
| INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024           |                                            |                   |
| LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS                                                                                |                                            |                   |
| PROYECTO: INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024 |                                            |                   |
| SOLICITA:                                                                                                                             | Bach. Guido Roly Ayerre Turo               | ESP: 72720        |
| CALCULA:                                                                                                                              | C-05                                       | NOTA: 0490491     |
| UBICACIÓN:                                                                                                                            | Abancay, Apurímac                          | FECHA: Dic. 2025  |
| LADO:                                                                                                                                 | centro                                     |                   |
| DATOS DE LA MUESTRA                                                                                                                   |                                            |                   |
| ESTRUCTURA:                                                                                                                           | Subrasante                                 |                   |
| MUESTRA:                                                                                                                              | M-01                                       |                   |
| SECTOR:                                                                                                                               | Via de evitamiento                         | PROF. (m): 1.50 m |



ECX - INGENIEROS E.I.R.L.  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC



20609203570

Jr. los Lirios Nro. 5n;  
Urbanización: Palibamba  
Baja

  
Ing. Johan R. Nahurim Cabezas  
RESPONSABLE LABORATORIO  
E.I.R.L. 2017

Pag: 51

Figura 79 — Informe de laboratorio C.B.R C-05

|                                                                                   |                                                                                                                             |                                      |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA                                                                                                                    | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERRE TURO | Version: 01           |  |
| NOMBRE DEL PROYECTO                                                               | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURIMAC-2024 |                                      | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
| UBICACIÓN                                                                         | ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC                                                                                                |                                      | Página: 53 de 69      |                                                                                     |
| INTERVENCIÓN                                                                      | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           |                                      | Verificado: SI        |                                                                                     |



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

(NORMA: MTC E 107)

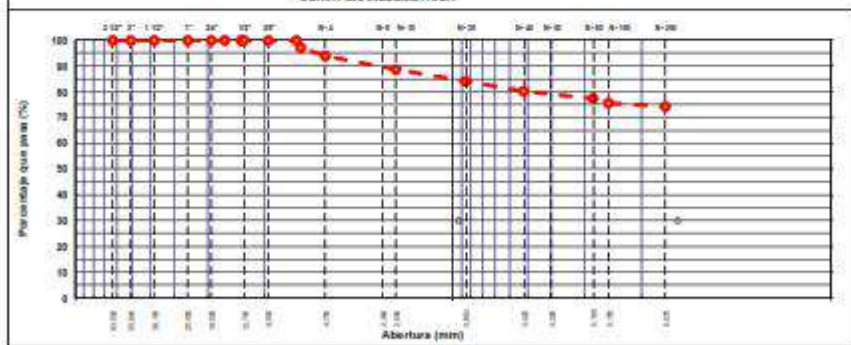
"INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURIMAC-2024"

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

|            |                                                                                                                               |           |           |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
| PROYECTO   | "INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURIMAC-2024" |           |           |
| SOLICITA   | Bach. Guido Roly Ayerre Turo                                                                                                  | FECHA     | Dic. 2025 |
| SECTOR     | Via de enlramiento                                                                                                            |           |           |
| CALICATA   | C-06                                                                                                                          |           |           |
| UBICACIÓN  | Abancay, Apurimac                                                                                                             | ESTE      | 728142    |
| LADO       | centro                                                                                                                        | NORTE     | 9482517   |
| ESTRUCTURA | Subrasante                                                                                                                    |           |           |
| MUESTRA    | B-01                                                                                                                          | PROP. (m) | 1.50 m    |

| TAMIZ      | ABERT. MIN. | PESO RET. (g) | UNET. FINE | UNET. AC | % D. PASA | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA                                  |
|------------|-------------|---------------|------------|----------|-----------|------------------------------------------------------------|
| 3"         | 76.200      |               |            |          | 100.0     | PESO SECO TOTAL = 1.000.0 g                                |
| 2 1/2"     | 63.500      | 0.0           | 0.0        | 0.0      | 100.0     | PESO SECO LAVADO = 200.0 g                                 |
| 2"         | 50.800      | 0.0           | 0.0        | 0.0      | 100.0     | PESO FINO = 100.0 g                                        |
| 1 1/2"     | 38.100      | 0.0           | 0.0        | 0.0      | 100.0     | LÍMITE LÍQUIDO = 50.00 %                                   |
| 1"         | 25.400      | 0.0           | 0.0        | 0.0      | 100.0     | LÍMITE PLÁSTICO = 23.80 %                                  |
| 3/4"       | 19.050      | 0.0           | 0.0        | 0.0      | 100.0     | ÍNDICE PLÁSTICO = 26.20 %                                  |
| 5/8"       | 16.000      | 0.0           | 0.0        | 0.0      | 100.0     |                                                            |
| 0.425"     | 13.200      | 0.0           | 0.0        | 0.0      | 100.0     | COLOR/HUMEDO = Amarillo rojo                               |
| 1/2"       | 12.500      | 0.0           | 0.0        | 0.0      | 100.0     | CLASIF. SUCS = CI                                          |
| 3/8"       | 9.500       | 0.0           | 0.0        | 0.0      | 100.0     | CLASIF. AASHTO = A-7.6(10)                                 |
| 0.250"     | 0.700       | 0.0           | 0.0        | 0.0      | 100.0     | Cu = NO TIENE                                              |
| 1/4"       | 0.750       | 30.0          | 3.0        | 97.0     | 97.0      | Cc = NO TIENE                                              |
| #4         | 4.750       | 33.0          | 3.3        | 93.7     | 93.7      | ÍNDICE DE CONSISTENCIA = 1.24                              |
| #8         | 2.360       | 0.0           | 0.0        | 0.0      | 100.0     | Solida                                                     |
| #10        | 2.000       | 32.0          | 3.2        | 96.8     | 96.8      | POT. DE EXPANSIÓN = Bajo                                   |
| #16        | 1.180       | 0.0           | 0.0        | 0.0      | 100.0     | COH = 0 COH = 0 COH = 0.10                                 |
| #20        | 0.850       | 45.0          | 4.5        | 95.5     | 95.5      | NOMBRE DE GRUPO: Arcilla inorgánica de mediana plasticidad |
| #30        | 0.600       | 0.0           | 0.0        | 0.0      | 100.0     |                                                            |
| #40        | 0.425       | 40.0          | 4.0        | 96.0     | 96.0      |                                                            |
| #50        | 0.300       | 0.0           | 0.0        | 0.0      | 100.0     |                                                            |
| #60        | 0.250       | 25.0          | 2.5        | 97.5     | 97.5      |                                                            |
| #100       | 0.150       | 18.0          | 1.8        | 98.2     | 98.2      |                                                            |
| #200       | 0.075       | 15.0          | 1.5        | 98.5     | 98.5      |                                                            |
| #200 FONDO | 2.0         | 0.2           | 0.2        | 99.8     | 99.8      |                                                            |
| FINO       |             |               |            |          |           |                                                            |
| TOTAL      |             | 250.0         | 100.0      | 100.0    |           |                                                            |

### CURVA GRANULOMÉTRICA



ECX - INGENIEROS E.I.R.L.  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC



20609203570

Jr. los Lirios Nro. 5n;  
Urbanización: Palibamba  
Baja

  
Ing. Johan R. Naharima Cabezas  
RESPONSABLE TÉCNICO  
Pag: 53

Figura 80 — Informe de laboratorio análisis granulométrico C-06

|                                                                                   |                     |                                                                                                                             |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA            | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERVE TURO                                                                                        | Version: 01           |  |
|                                                                                   | NOMBRE DEL PROYECTO | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURIMAC-2024 | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
|                                                                                   | UBICACIÓN           | ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC                                                                                                | Página: 54 de 69      |                                                                                     |
|                                                                                   | INTERVENCIÓN        | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           | Verificado: SI        |                                                                                     |

|                                                                                   |                                       |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--|
|  | <b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO</b> |  |
|                                                                                   | (NORMA MTC E 108)                     |  |

"INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURIMAC-2024"

| LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS |                                                                                                                               |           |             |  |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------|--|
| PROYECTO                                                  | "INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURIMAC-2024" |           |             |  |
| SOLICITA                                                  | : Bach. Guido Roly Ayerve Turo                                                                                                | ESTE      | : 729142    |  |
| SECTOR                                                    | : Vía de evitamiento                                                                                                          | NORTE     | : 0492317   |  |
| ESTRUCTURA                                                | : Subrasante                                                                                                                  | FECHA     | : Dic. 2025 |  |
| UBICACIÓN                                                 | : Abancay, Apurímac                                                                                                           | LADO      | : centro    |  |
| MUESTRA                                                   | : N-01                                                                                                                        |           |             |  |
| CALCATA                                                   | : C-06                                                                                                                        | PROF. (m) | : 1.50 m    |  |

| Nº DE ENSAYOS                | 1     | 2     | 3     |
|------------------------------|-------|-------|-------|
| Nº Tara                      |       |       |       |
| Peso Tara + Suelo Humedo (g) | 410,2 | 410,0 | 411,1 |
| Peso Tara + Suelo Seco (g)   | 350,0 | 351,1 | 350,2 |
| Peso Tara (g)                | 0,0   | 0,0   | 0,0   |
| Peso Agua (g)                | 60,2  | 59,9  | 60,9  |
| Peso Suelo Seco (g)          | 350,0 | 351,1 | 350,2 |
| Contenido de Humedad (g)     | 17,2  | 16,8  | 17,4  |
| Promedio (%)                 | 17,1  |       |       |

Observaciones:

.....

.....

.....

.....

**ECX – INGENIEROS E.I.R.L.**  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC 20609203570  
  
Jr. los Lirios Nro. 5n,  
Urbanización: Palibamba  
Baja

  
Ing. John R. Nahuirima Cabezas  
RESPONSABLE TÉCNICO  
Pag. 54

Figura 81 — Informe de laboratorio contenido de humedad C-06

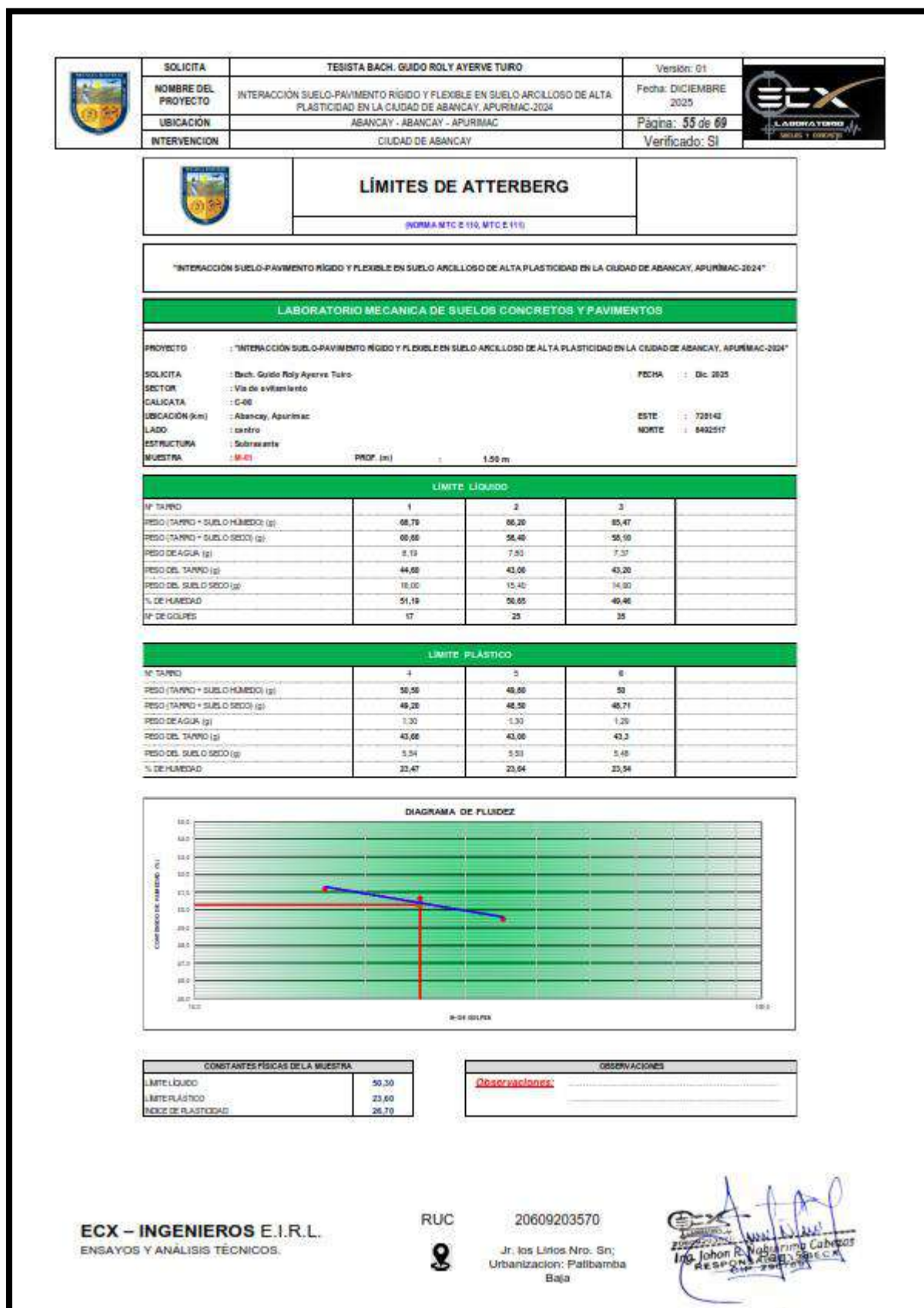


Figura 82 — Informe de laboratorio límites de Atterberg C-06

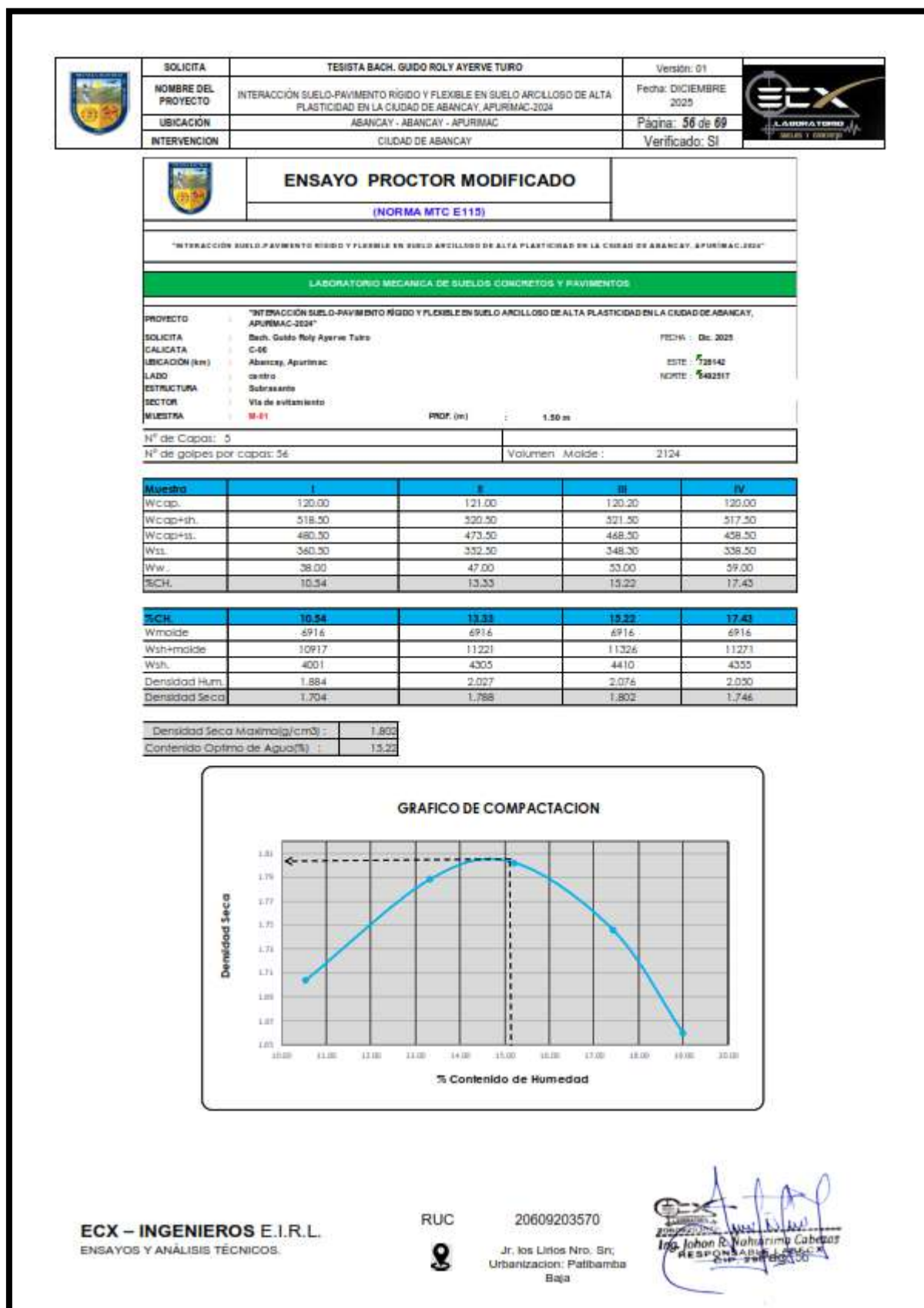


Figura 83 — Informe de laboratorio Proctor modificado C-06

|  |                     |                                                                                                                             |  |                       |  |
|--|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------|--|
|  | SOLICITA            | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERRE TURO                                                                                        |  | Version: 01           |  |
|  | NOMBRE DEL PROYECTO | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024 |  | Fecha: DICIEMBRE 2025 |  |
|  | UBICACIÓN           | ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC                                                                                                |  | Página: 57 de 69      |  |
|  | INTERVENCIÓN        | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           |  | Verificado: SI        |  |

|  |                                            |  |
|--|--------------------------------------------|--|
|  | RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) |  |
|  | (NORMA MTC E 132)                          |  |

|                                                                                                                                          |                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| "INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024"            |                   |
| LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS                                                                                   |                   |
| PROYECTO : "INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024" |                   |
| SOLICITA : BACH. Guido Roly Ayerre Turo                                                                                                  | ESTE : 728142     |
| CALICATA : C-06                                                                                                                          | NORTE : 3482917   |
| UBICACIÓN : Abancay, Apurímac                                                                                                            | FECHA : Dic. 2025 |
| LADO : Izquierda                                                                                                                         |                   |

|                             |                    |
|-----------------------------|--------------------|
| DATOS DE LA MUESTRA         |                    |
| ESTRUCTURA : Subrasante     |                    |
| MUESTRA : B-01              |                    |
| SECTOR : Vía de evitamiento | PROF. (m) : 1.50 m |

| DIMENSIONES DE MOLDE:              |  | Diametro  | Altura | Area     | Diametro | Altura    | Area   | Diametro | Altura | Area      |  |
|------------------------------------|--|-----------|--------|----------|----------|-----------|--------|----------|--------|-----------|--|
|                                    |  | 15.24     | 11.64  | 182.42   | 15.24    | 11.64     | 182.42 | 15.24    | 11.64  | 182.42    |  |
| N° DE GOLPES POR CAPA              |  | 12        |        | 25       |          | 54        |        |          |        |           |  |
| CONDICIONES DE LA MUESTRA          |  | SIN MOJAR |        | SATURADA |          | SIN MOJAR |        | SATURADA |        | SIN MOJAR |  |
| Peso del molde (gr.)               |  | 791.1     |        | 791.1    |          | 835.9     |        | 835.9    |        | 835.9     |  |
| Volumen de la Muestra (cc.)        |  | 2124      |        | 2124     |          | 2124      |        | 2124     |        | 2124      |  |
| Muestra Humeda + Molde (gr.)       |  | 1187.7    |        | 1210.0   |          | 1231.0    |        | 1260.0   |        | 1290.2    |  |
| Muestra Humeda (gr.)               |  | 396.6     |        | 410.9    |          | 439.9     |        | 461.1    |        | 454.3     |  |
| Densidad Humeda (gr/cm³)           |  | 1.87      |        | 1.97     |          | 2.00      |        | 2.09     |        | 2.14      |  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA |  | MEDIO     |        | MEDIO    |          | MEDIO     |        | MEDIO    |        | MEDIO     |  |
| Peso de la capsula (gr.)           |  | 122.00    |        | 100.00   |          | 120.00    |        | 100.00   |        | 122.00    |  |
| Muestra Humeda + Capsula (gr.)     |  | 500.00    |        | 497.00   |          | 500.00    |        | 500.00   |        | 502.00    |  |
| Muestra Seca + Capsula (gr.)       |  | 449.40    |        | 430.00   |          | 449.00    |        | 424.00   |        | 450.00    |  |
| Muestra Seca (gr.)                 |  | 327.40    |        | 330.00   |          | 329.00    |        | 414.00   |        | 345.00    |  |
| Contenido de Agua (gr.)            |  | 50.40     |        | 67.00    |          | 51.00     |        | 76.00    |        | 57.00     |  |
| Contenido de Humedad (%)           |  | 15.38     |        | 20.30    |          | 15.50     |        | 18.36    |        | 16.52     |  |
| Densidad Seca (gr/cm³)             |  | 1.618     |        | 1.639    |          | 1.708     |        | 1.750    |        | 1.814     |  |

|                          | DIA  | HORA  | INTERVALO (DÍAS) | EXPANSIÓN    |        |        | EXPANSIÓN    |        |        | EXPANSIÓN    |        |   |
|--------------------------|------|-------|------------------|--------------|--------|--------|--------------|--------|--------|--------------|--------|---|
|                          |      |       |                  | LECT. DEFOR. | PULGAS | %      | LECT. DEFOR. | PULGAS | %      | LECT. DEFOR. | PULGAS | % |
| MEDICIÓN DE LA EXPANSIÓN | 1.00 | 13:05 | 0.00             | 0.0000       | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000       | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000       | 0.0000 |   |
|                          | 2.00 | 13:02 | 1.00             | 0.1000       | 0.1000 | 2.1016 | 0.1000       | 0.1000 | 2.1016 | 0.1000       | 0.1000 |   |
|                          | 3.00 | 13:10 | 2.00             | 0.1300       | 0.0300 | 0.6546 | 0.1250       | 0.0250 | 0.5454 | 0.1150       | 0.0150 |   |
|                          | 4.00 | 13:04 | 3.00             | 0.1800       | 0.0600 | 1.0908 | 0.1600       | 0.0350 | 0.7635 | 0.1350       | 0.0200 |   |
|                          | 5.00 | 12:58 | 4.00             | 0.2400       | 0.0600 | 1.3089 | 0.2300       | 0.0700 | 1.5271 | 0.2000       | 0.0450 |   |

|                       | PENETRACIÓN (TNEGADA) | CAPACIDAD PATRÓN (MPa) | FACTOR CARGA |      | FACTOR CARGA |       | FACTOR CARGA |     |
|-----------------------|-----------------------|------------------------|--------------|------|--------------|-------|--------------|-----|
|                       |                       |                        | DIAL         | MPa  | DIAL         | MPa   | DIAL         | MPa |
| ENSAYO DE PENETRACIÓN | 0                     | 0.00                   | 0.00         | 0.00 | 0.00         | 0.00  | 0.00         |     |
|                       | 0.025                 | 0.2                    | 0.23         | 1.9  | 0.26         | 2.2   | 0.27         |     |
|                       | 0.050                 | 0.6                    | 0.24         | 3.4  | 0.29         | 4.8   | 0.30         |     |
|                       | 0.075                 | 1.7                    | 0.26         | 5.0  | 0.33         | 7.4   | 0.35         |     |
|                       | 0.100                 | 6.90                   | 2.6          | 0.28 | 4.03         | 6.3   | 0.35         |     |
|                       | 0.125                 | 3.2                    | 0.29         | 7.7  | 0.38         | 12.00 | 0.47         |     |
|                       | 0.150                 | 3.9                    | 0.30         | 9.00 | 0.41         | 14.2  | 0.52         |     |
|                       | 0.200                 | 10.3                   | 4.6          | 0.32 | 3.10         | 10.4  | 0.44         |     |
|                       | 0.300                 | 5.3                    | 0.33         | 11.9 | 0.47         | 19.1  | 0.62         |     |
|                       | 0.400                 | 5.8                    | 0.34         | 12.9 | 0.49         | 20.8  | 0.65         |     |

ECX - INGENIEROS E.I.R.L.  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC

20609203570



Jr. los Lirios Nro. 5n;  
Urbanización: Palibamba  
Baja

Ing. Johan R. Nolasco Caballero  
RESPONSABLE LABORATORIO  
Diciembre 2025

Pag: 57

Figura 84 — Informe de laboratorio C.B.R C-06

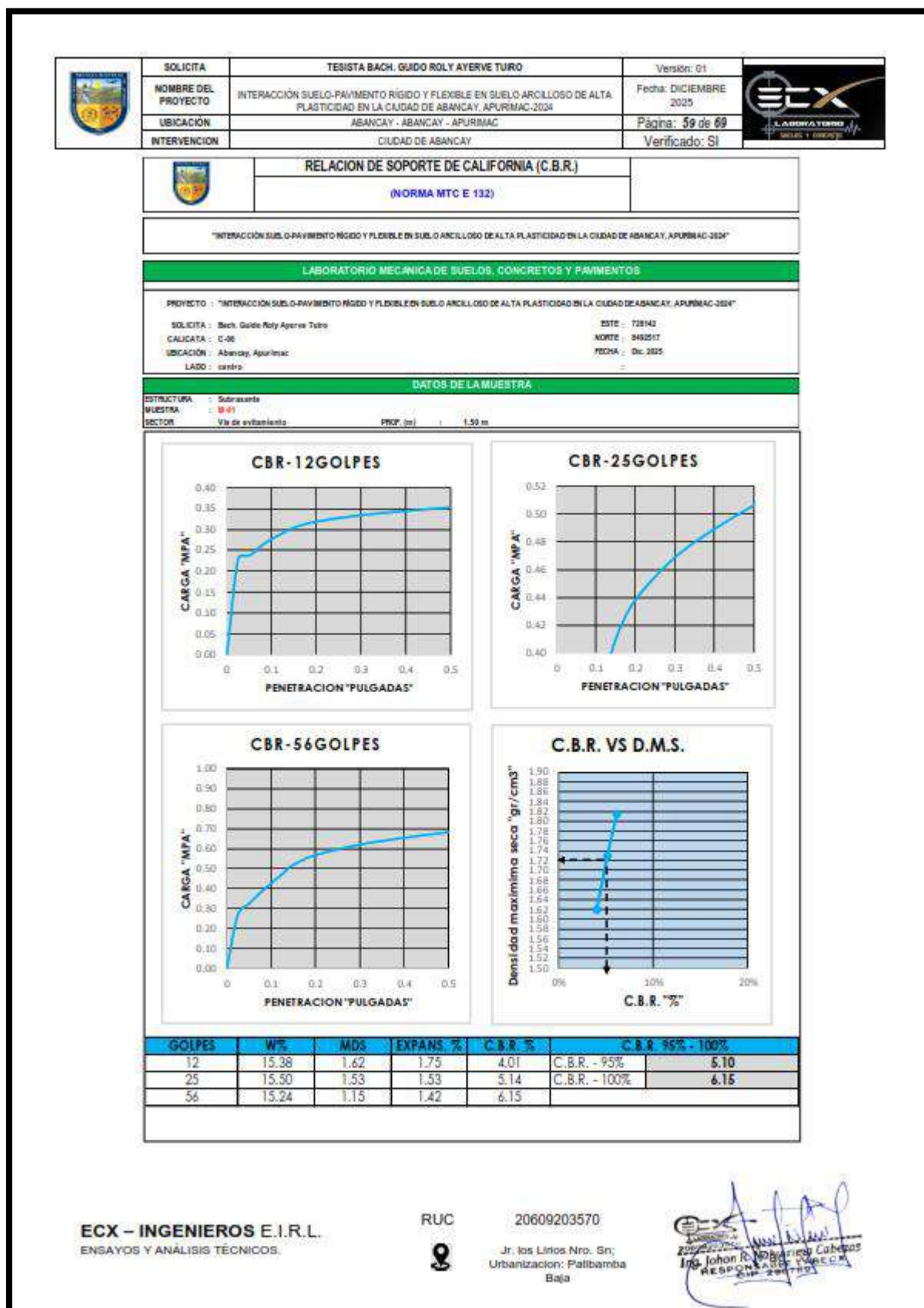
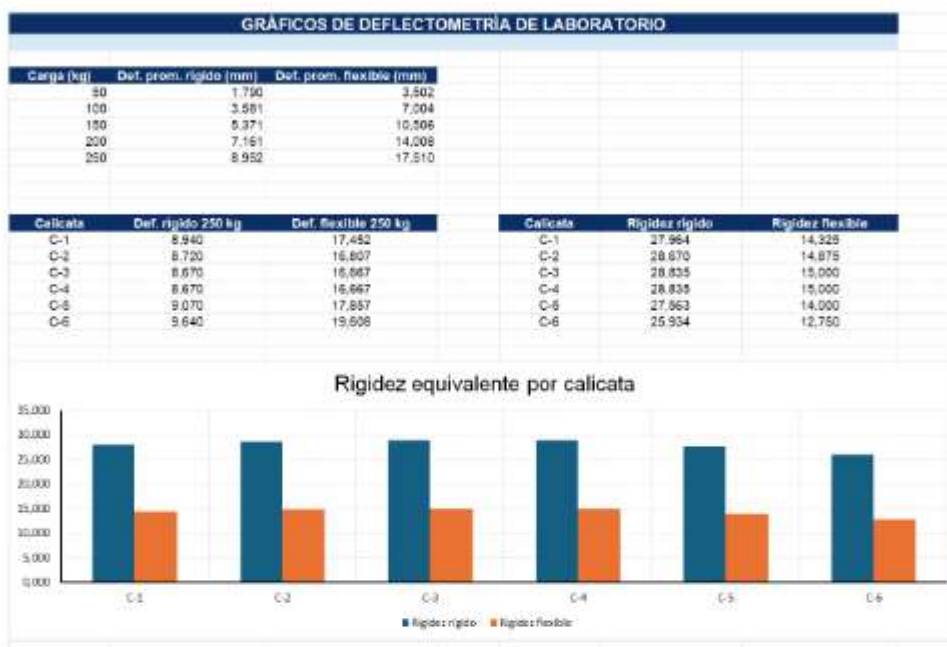


Figura 85 — Informe de laboratorio C.B.R C-06

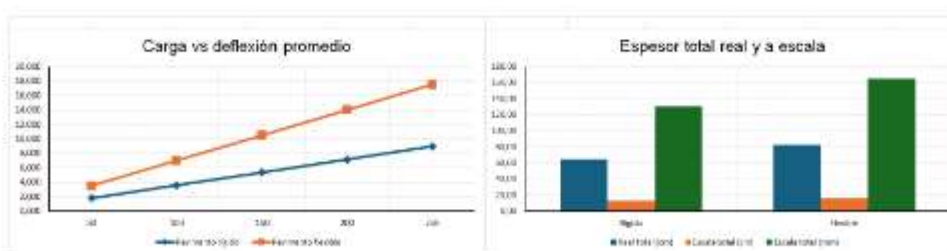
|                                                                                   |                     |                                                                                                                             |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
|  | SOLICITA            | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERRE TURO                                                                                        | Versión: 01           |
|                                                                                   | NOMBRE DEL PROYECTO | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024 | Fecha: DICIEMBRE 2025 |
|                                                                                   | UBICACIÓN           | ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC                                                                                                | Página: 60 de         |
|                                                                                   | 69 INTERVENCIÓN     | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           | Verificado: SI        |



En el ensayo de laboratorio con prensa hidráulica, el pavimento flexible presentó mayores deflexiones verticales respecto al pavimento rígido. Este comportamiento se explica porque la estructura flexible transmite la carga hacia la subrasante mediante deformaciones progresivas de sus capas, mientras que el pavimento rígido, al estar conformado por una losa de concreto, distribuye la carga sobre un área más amplia, reduciendo la concentración de esfuerzos y la deformación vertical.

En suelos arcillosos de alta plasticidad, esta diferencia es relevante debido a la baja capacidad de soporte y a la sensibilidad del suelo frente a variaciones de humedad y carga.

Todos los resultados corresponden a laboratorio y deben interpretarse como comparación experimental controlada.



  
Ing. Johan R. Naharima Cabezas  
RESPONSABLE LABORATORIO

Figura 86 — Informe de laboratorio grafico de deflectometría

|                                                                                   |                     |                                                                                                                             |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
|  | SOLICITA            | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERVE TURO                                                                                        | Version: 01           |
|                                                                                   | NOMBRE DEL PROYECTO | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024 | Fecha: DICIEMBRE 2025 |
|                                                                                   | UBICACIÓN           | ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC                                                                                                | Página: 60 de 69      |
|                                                                                   | INTERVENCIÓN        | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           | Verificado: SI        |

| PAVIMENTO RÍGIDO | Capa                            | Real (cm)    | Escala (cm)  | Escala (mm)   | Uso                    |
|------------------|---------------------------------|--------------|--------------|---------------|------------------------|
| 1                | Losa de concreto hidráulico     | 20,00        | 4,00         | 40,00         | Distribuye la carga    |
| 2                | Subbase granular                | 15,00        | 3,00         | 30,00         | Apoyo y regularización |
| 3                | Subrasante arcillosa compactada | 30,00        | 6,00         | 60,00         | Suelo de fundación     |
|                  | <b>TOTAL</b>                    | <b>65,00</b> | <b>13,00</b> | <b>130,00</b> | <b>Modelo a escala</b> |

| PAVIMENTO FLEXIBLE | Capa                            | Real (cm)    | Escala (cm)  | Escala (mm)   | Uso                    |
|--------------------|---------------------------------|--------------|--------------|---------------|------------------------|
| 1                  | Carpeta asfáltica               | 7,50         | 1,50         | 15,00         | Rodadura y protección  |
| 2                  | Base granular                   | 20,00        | 4,00         | 40,00         | Distribución de cargas |
| 3                  | Subbase granular                | 25,00        | 5,00         | 50,00         | Transición estructural |
| 4                  | Subrasante arcillosa compactada | 30,00        | 6,00         | 60,00         | Suelo de fundación     |
|                    | <b>TOTAL</b>                    | <b>82,50</b> | <b>16,50</b> | <b>165,00</b> | <b>Modelo a escala</b> |



  
Ing. Johan R. Naharima Cabezas  
RESPONSABLE DEL C.A.

Figura 87 — Informe de laboratorio losas de pavimento rígido y flexible

### CBR, RESISTENCIA Y DEFORMACIÓN

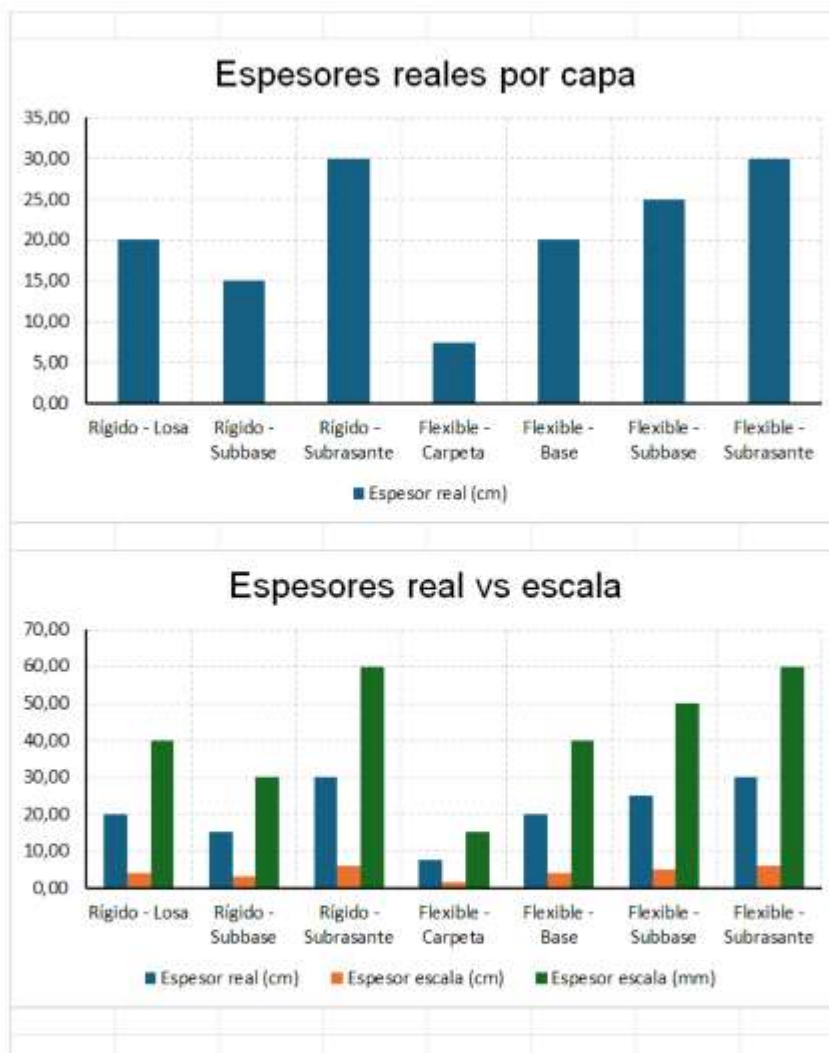
| Calicata   | CBR 95 % | CBR 100 % | Def. P.R. (mm) | Def. P.F. (mm) | Diferencia (mm) | Relación<br>PF/PR | Reducción con<br>rígido (%) |
|------------|----------|-----------|----------------|----------------|-----------------|-------------------|-----------------------------|
| C-1        | 5.73     | 5.75      | 8.94           | 17.45          | 8.51            | 1.95              | 48.77%                      |
| C-2        | 5.95     | 7.38      | 8.72           | 16.81          | 8.09            | 1.93              | 48.12%                      |
| C-3        | 6.00     | 7.51      | 8.67           | 16.67          | 8.00            | 1.92              | 47.98%                      |
| C-4        | 6.00     | 7.05      | 8.67           | 16.67          | 8.00            | 1.92              | 47.98%                      |
| C-5        | 5.60     | 6.47      | 9.07           | 17.86          | 8.79            | 1.97              | 49.21%                      |
| C-6        | 5.10     | 6.15      | 9.64           | 19.61          | 9.97            | 2.03              | 50.84%                      |
| Indicador  | CBR 95 % | CBR 100 % | Def. P.R.      | Def. P.F.      | Diferencia      | PF/PR             | Reducción                   |
| Promedio   | 5.73     | 5.72      | 8.95           | 17.51          | 8.56            | 1.95              | 48.82%                      |
| Mínimo     | 5.10     | 5.75      | 8.67           | 16.67          | 8.00            | 1.92              | 47.98%                      |
| Máximo     | 6.00     | 7.51      | 9.64           | 19.61          | 9.97            | 2.03              | 50.84%                      |
| Desv. est. | 0.35     | 0.71      | 0.37           | 1.14           | 0.76            | 0.04              | 0.01                        |

[illegible]

**Figura 88 — Informe de laboratorio resultado de deflectometría**

|                                                                                   |                     |                                                                                                                             |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
|  | SOLICITA            | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERVE TURO                                                                                        | Versión: 01           |
|                                                                                   | NOMBRE DEL PROYECTO | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024 | Fecha: DICIEMBRE 2025 |
|                                                                                   | UBICACIÓN           | ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC                                                                                                | Página: 60 de 69      |
|                                                                                   | INTERVENCIÓN        | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           | Verificado: SI        |

### DEFLECTOMETRÍA DE LABORATORIO CON PRENSA HIDRÁULICA



  
Ing. Johan R. Naharima Cabezas  
RESPONSABLE LABORATORIO

Figura 89 — Informe de laboratorio espesores de pavimentos por capas

Ing. Johan R. Nahrting Col  
RESPONSABLE LMS  
2016-2017

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

A photograph of a document with a large, handwritten signature in blue ink. The signature is written over a printed name 'John R. Nahrime' and a title 'RESPONSES'. The document also features a circular logo on the left side and some other text that is partially obscured by the signature.

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

|                                                                                   |                     |                                                                                                                             |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA            | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERVE TURO                                                                                        | Version: 01           |  |
|                                                                                   | NOMBRE DEL PROYECTO | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024 | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
|                                                                                   | UBICACIÓN           | ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC                                                                                                | Página: 65 de 69      |                                                                                     |
|                                                                                   | INTERVENCIÓN        | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           | Verificado: SI        |                                                                                     |

**PANEL FOTOGRÁFICO - REGISTRO FOTOGRÁFICO DE CAMPO Y LABORATORIO**



Imagen 01: CALICATA No C-1

Imagen 02: CALICATA No C-2



Imagen 03: CALICATA No C-3

**ECX – INGENIEROS E.I.R.L.**  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC



20609203570

Jr. los Lirios Nro. 5n;  
Urbanización: Palibamba  
Baja

  
Ing. John R. Noharima Cabezas  
RESPONSABLE TECNICO  
Pag: 65

**Figura 92 — Informe de laboratorio fotografías de campo**

|                                                                                   |                     |                                                                                                                             |                       |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | SOLICITA            | TESISTA BACH. GUIDO ROLY AYERVE TURO                                                                                        | Version: 01           |  |
|                                                                                   | NOMBRE DEL PROYECTO | INTERACCIÓN SUELO-PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC-2024 | Fecha: DICIEMBRE 2025 |                                                                                     |
|                                                                                   | UBICACIÓN           | ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC                                                                                                | Página: 66 de 69      |                                                                                     |
|                                                                                   | INTERVENCIÓN        | CIUDAD DE ABANCAY                                                                                                           | Verificado: SI        |                                                                                     |



Imagen 04: CALICATA No C-4

Imagen 05: CALICATA No C-5



Imagen 06: CALICATA No C-6

**ECX – INGENIEROS E.I.R.L.**  
ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS.

RUC



20609203570

Jr. los Lirios Nro. 5n;  
Urbanización: Palibamba  
Baja

  
Ing. Johan R. Naharima Cabezas  
RESPONSABLE LAB. ECX  
CIP 200703

Pag: 66

Figura 93 — Informe de laboratorio fotografías de campo

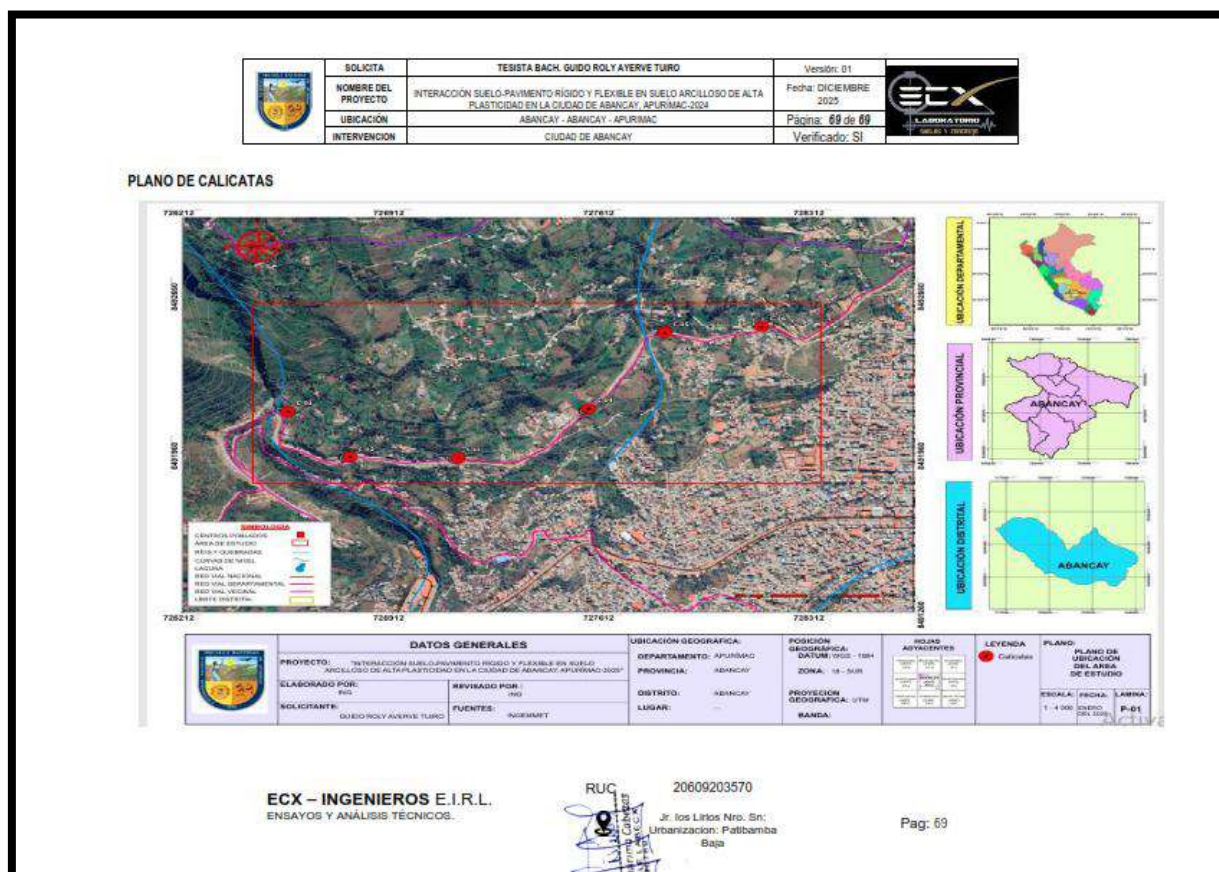


Figura 94 — Informe de laboratorio plano de calicatas

## Anexo E

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS

|  <b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN</b><br>N° LMA-207-2025                                                                                                                                                                   |                                                                                                              | Página 1 de 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Arsou Group</b><br>Laboratorio de Metrología                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Fecha de emisión                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 2025/08/06                                                                                                   | <p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.</p> <p>ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.</p> <p>Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.</p> |
| Solicitante                                                                                                                                                                                                                                                                                              | ECX - INGENIEROS E.I.R.L.                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Dirección                                                                                                                                                                                                                                                                                                | JR. LOS LIRIOS NRO. SN URB. PATIBAMBA BAJA (A UNA CDRA DE FACULTAD VETERINARIA) APURIMAC - ABANCAY - ABANCAY |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Instrumento de medición                                                                                                                                                                                                                                                                                  | BALANZA                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Identificación                                                                                                                                                                                                                                                                                           | NO INDICA                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Intervalo de indicación                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 30000 g                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| División de escala                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 1 g                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Resolución                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| División de verificación (e)                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1 g                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Tipo de indicación                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Digital                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Marca / Fabricante                                                                                                                                                                                                                                                                                       | OHAUS                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Modelo                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | R21P30                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| N° de serie                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 8390110628                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Procedencia                                                                                                                                                                                                                                                                                              | ESTADOS UNIDOS                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Ubicación                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Laboratorio de suelos                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Lugar de calibración                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Instalaciones del cliente                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Fecha de calibración                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 2025/08/06                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Método/Procedimiento de calibración</b><br>"Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII" (PC-001) del SNM-INDECOPI, 3era edición Enero 2009 y la Norma Metroológica Peruana "Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático (NMP 003:2009) |                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| ARSOU GROUP S.A.C.<br>Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú<br>Telf: +51 305-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437<br>ventas@arsougroup.com<br>www.arsougroup.com                                                                               |                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

Figura 95 — Certificado de calibración de equipos



**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
N° LMA-207-2025

Página 2 de 3

---

**Patrones e Instrumentos auxiliares**

| Trazabilidad        | Patrón Utilizado           | Certificado de Calibración |
|---------------------|----------------------------|----------------------------|
| CADENT S.A.C.       | Juego de Pesas de 1g a 1kg | 1513-LM-2024               |
| CADENT S.A.C.       | Pesa Patrón de 5kg         | 1514-LM-2024               |
| PESATEC PERÚ S.A.C. | Pesa Patrón de 10 kg       | 1590-MPES-C-2024           |
| PESATEC PERÚ S.A.C. | Pesa Patrón de 20kg        | 1591-MPES-C-2024           |

**Condiciones ambientales durante la calibración**

|                       |                 |               |
|-----------------------|-----------------|---------------|
| Temperatura Ambiental | Inicial: 20 °C  | Final: 20 °C  |
| Humedad Relativa      | Inicial: 17 %hr | Final: 17 %hr |

**Resultados**

| ENSAYO DE REPETIBILIDAD |                   |        |       |                   |        |       |
|-------------------------|-------------------|--------|-------|-------------------|--------|-------|
| Medición<br>N°          | Carga L1= 15000 g |        |       | Carga L1= 30000 g |        |       |
|                         | I (g)             | ΔL (g) | E (g) | I (g)             | ΔL (g) | E (g) |
| 1                       | 14998             | 0.006  | 0.004 | 29995             | 0.001  | 0.003 |
| 2                       | 14998             | 0.002  | 0.003 | 29995             | 0.003  | 0.005 |
| 3                       | 14998             | 0.005  | 0.006 | 29995             | 0.002  | 0.004 |
| 4                       | 14998             | 0.002  | 0.004 | 29995             | 0.004  | 0.006 |
| 5                       | 14998             | 0.003  | 0.008 | 29995             | 0.006  | 0.002 |
| 6                       | 14999             | 0.006  | 0.002 | 29999             | 0.007  | 0.004 |
| 7                       | 14999             | 0.002  | 0.004 | 29999             | 0.005  | 0.007 |
| 8                       | 14999             | 0.001  | 0.003 | 29999             | 0.003  | 0.008 |
| 9                       | 14999             | 0.003  | 0.002 | 29999             | 0.002  | 0.006 |
| 10                      | 14999             | 0.005  | 0.002 | 29999             | 0.003  | 0.004 |

| Carga (g) | Diferencia Máxima Encontrada (g) | Error Máximo Permitido (g) |
|-----------|----------------------------------|----------------------------|
| 14999     | 0                                | 1                          |
| 29999     | 0                                | 5                          |





**ARSOU GROUP S.A.C.**  
 Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
 Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 186 793 / Cel: +51 925 151 437  
 ventas@arsougroup.com  
 www.arsougroup.com

**Figura 96 — Certificado de calibración de equipos**

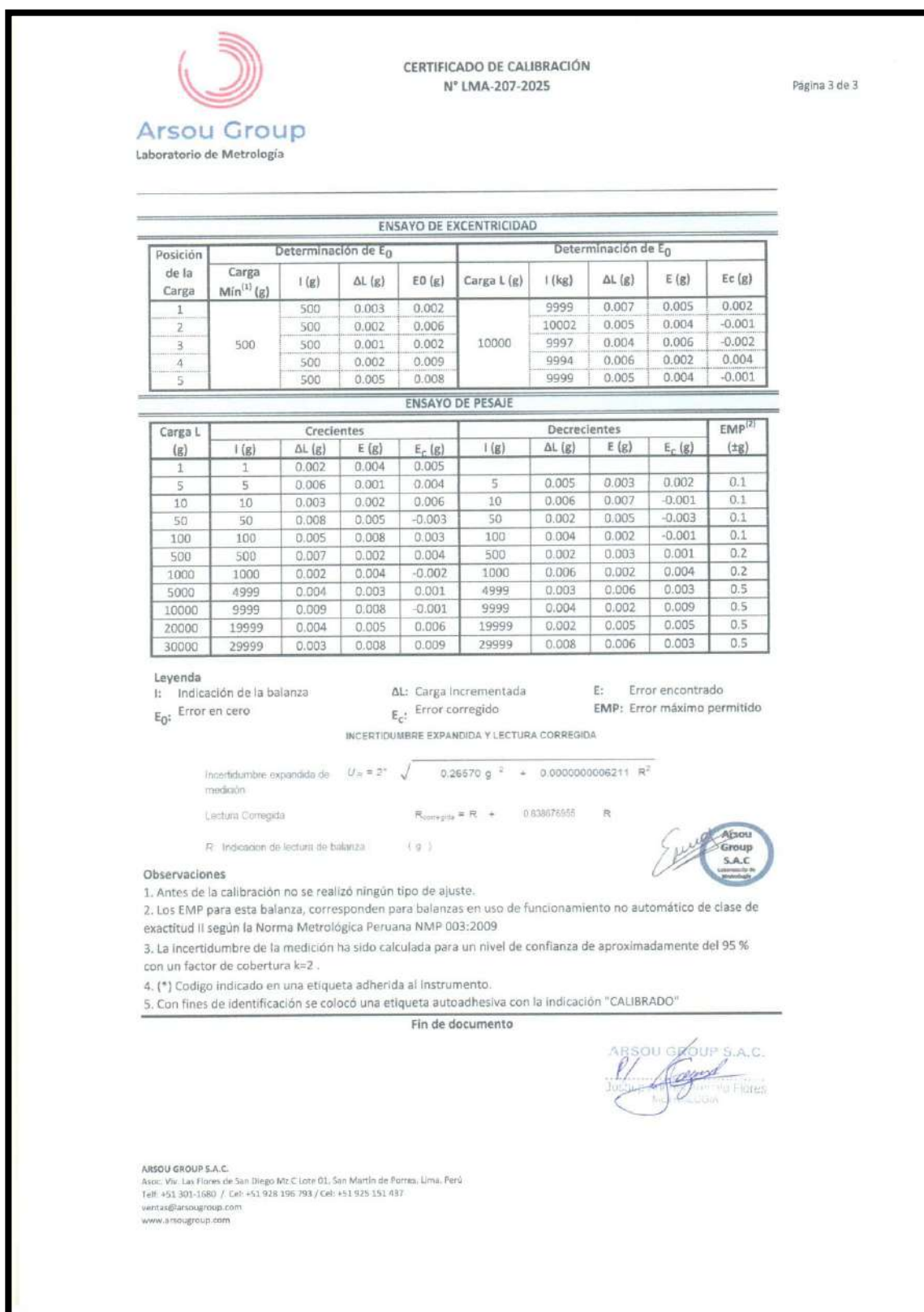


Figura 97 — Certificado de calibración de equipos

**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrologia

Página 1 de 3

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.

#### Método/Procedimiento de calibración

El procedimiento toma como referencia a la norma ISO 7500-1 "Metallic materials - Verification of static uniaxial testing machines", Se aplicaron dos series de carga al Sistema Digital mediante la misma prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.



ABSOU GROUP S.A.C.  
Justice, Integrity, and the Future  
ACQUAINTANCE

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. de viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote D1, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsoupgroup.com  
www.arsoupgroup.com

**Figura 98 — Certificado de calibración de equipos**

## Página 2 de 3

| Trazabilidad                   | Patrón Utilizado | Certificado de Calibración |
|--------------------------------|------------------|----------------------------|
| Patrones de referencia de PUCP | FORCE TRANSDUCER | INF-LE N° 039-23           |

|                       |                 |               |
|-----------------------|-----------------|---------------|
| Temperatura Ambiental | Inicial: 20 °C  | Final: 20 °C  |
| Humedad Relativa      | Inicial: 17 %hr | Final: 17 %hr |

TABLA N° 01  
 CALIBRACION DE CELDA DE CARGA

| SISTEMA DIGITAL | SERIES DE VERIFICACIÓN PATRON ( Kg) |           |       |           | PROMEDIO  | ERROR   | RPTBLD  |
|-----------------|-------------------------------------|-----------|-------|-----------|-----------|---------|---------|
|                 | SERIE (1)                           | SERIE (2) | ERROR | ERROR (2) |           |         |         |
| "A"<br>Kg       | Kg                                  | Kg        | %     | %         | "B"<br>Kg | Ep<br>% | Ap<br>% |
| 500             | 499.6                               | 504.8     | -0.08 | 0.96      | 502.2     | 0.44    | 0.73    |
| 1000            | 1000.0                              | 1001.6    | 0.00  | 0.16      | 1000.8    | 0.08    | 0.11    |
| 1500            | 1501.0                              | 1507.5    | 0.07  | 0.5       | 1504.3    | 0.28    | 0.31    |
| 2000            | 2001.0                              | 2000.2    | 0.05  | 0.01      | 2000.6    | 0.03    | 0.03    |
| 2500            | 2501.0                              | 2500.4    | 0.04  | 0.02      | 2500.7    | 0.03    | 0.02    |
| 3000            | 3001.1                              | 3002.7    | 0.04  | 0.09      | 3001.9    | 0.06    | 0.04    |
| 3500            | 3501.1                              | 3500.4    | 0.03  | 0.01      | 3500.8    | 0.02    | 0.01    |
| 4000            | 4001.3                              | 4001.6    | 0.03  | 0.04      | 4001.5    | 0.04    | 0.01    |

1.- La Calibración se hizo según el Método C de la norma ISO 7500-1  
2.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:  
$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = \text{Error}(2) - \text{Error}(1)$$
  
3.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el +/- 1.0 %

*Emmanuel*  
Aksoy  
Group  
S.A.C.  
L'abonnement de  
Monsieur

ARSOU GROUP S.A.C.  
P.1. *[Signature]*  
Jocelyn Arsou  
Aix, France

Asoc. de viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsoupgroup.com  
www.arsoupgroup.com

**Figura 99 — Certificado de calibración de equipos**



**Figura 100 — Certificado de calibración de equipos**



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
N° LFP-089-2025

**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

Página 1 de 3

---

|                                |                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Fecha de emisión</b>        | 2025/08/06                                                                                                   | <p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.</p> <p>ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.</p> <p>Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.</p> |
| <b>Solicitante</b>             | ECX - INGENIEROS E.I.R.L.                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Dirección</b>               | JR. LOS LIRIOS NRO. SN URB. PATIBAMBA BAJA (A UNA CDRA DE FACULTAD VETERINARIA) APURIMAC - ABANCAY - ABANCAY |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Instrumento de medición</b> | MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Identificación</b>          | NO INDICA                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Marca</b>                   | ARSOU                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Modelo</b>                  | PR402                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Serie</b>                   | PR01                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Capacidad</b>               | 120,000 kg                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Indicador</b>               | HIGH WEIGHT                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Serie</b>                   | NO INDICA                                                                                                    | <p>ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Bomba</b>                   | ELECTRICA                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Procedencia</b>             | PERÚ                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Ubicación</b>               | Laboratorio de suelos y concreto                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Lugar de calibración</b>    | Instalaciones del cliente                                                                                    | <p>Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Fecha de calibración</b>    | 2025/08/06                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

**Método/Procedimiento de calibración**  
El procedimiento toma como referencia a la norma ISO 7500-1 "Metallic materials - Verification of static uniaxial testing machines". Se aplicaron dos series de carga al Sistema Digital mediante la misma prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.





ARSOU GROUP S.A.C.  
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

**Figura 101 — Certificado de calibración de equipos**



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
N° LFP-089-2025

**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

Página 2 de 3

---

**Patrones e Instrumentos auxiliares**

| Trazabilidad                   | Patrón Utilizado      | Certificado de Calibración |
|--------------------------------|-----------------------|----------------------------|
| Patrones de referencia de PUCP | Celda de Carga 100 tn | INF-LE N° 039-23           |

**Condiciones ambientales durante la calibración**

Temperatura Ambiental    Inicial: 20 °C    Final: 20 °C  
 Humedad Relativa    Inicial: 17 %hr    Final: 17 %hr

**Resultados**

| TABLA N° 01                                    |                                    |           |       |           |                 |             |              |
|------------------------------------------------|------------------------------------|-----------|-------|-----------|-----------------|-------------|--------------|
| CALIBRACION DE PRENSA HIDRAULICA PARA CONCRETO |                                    |           |       |           |                 |             |              |
| SISTEMA DIGITAL<br>"A"                         | SERIES DE VERIFICACIÓN PATRON (KG) |           |       |           | PROMEDIO<br>"B" | ERROR<br>Ep | RPTBLD<br>Rp |
|                                                | SERIE (1)                          | SERIE (2) | ERROR | ERROR (2) |                 |             |              |
|                                                | KG                                 | KG        | %     | %         |                 |             |              |
| 10000                                          | 10098                              | 10047     | 0.98  | 0.47      | 10073           | 0.725       | 0.36         |
| 20000                                          | 20190                              | 20051     | 0.95  | 0.26      | 20121           | 0.60        | 0.49         |
| 30000                                          | 30288                              | 30069     | 0.96  | 0.23      | 30179           | 0.60        | 0.51         |
| 40000                                          | 40395                              | 40028     | 0.99  | 0.07      | 40212           | 0.53        | 0.65         |
| 50000                                          | 50498                              | 50021     | 1     | 0.04      | 50260           | 0.52        | 0.67         |
| 60000                                          | 60028                              | 60009     | 0.05  | 0.02      | 60019           | 0.03        | 0.02         |
| 70000                                          | 70033                              | 70022     | 0.05  | 0.03      | 70028           | 0.04        | 0.01         |
| 80000                                          | 80017                              | 80045     | 0.02  | 0.06      | 80031           | 0.04        | 0.02         |

**NOTAS SOBRE CALIBRACION**

- La Calibración se hizo según el Método C de la norma ISO 7500-1
- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:  
 $Ep = ((A - B) / B) * 100$      $Rp = Error(2) - Error(1)$
- La norma exige que Ep y Rp no excedan el +/- 1.0 %




ARSOU GROUP S.A.C.



**ARSOU GROUP S.A.C.**  
 Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
 Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
 ventas@arsougroup.com  
 www.arsougroup.com

**Figura 102 — Certificado de calibración de equipos**

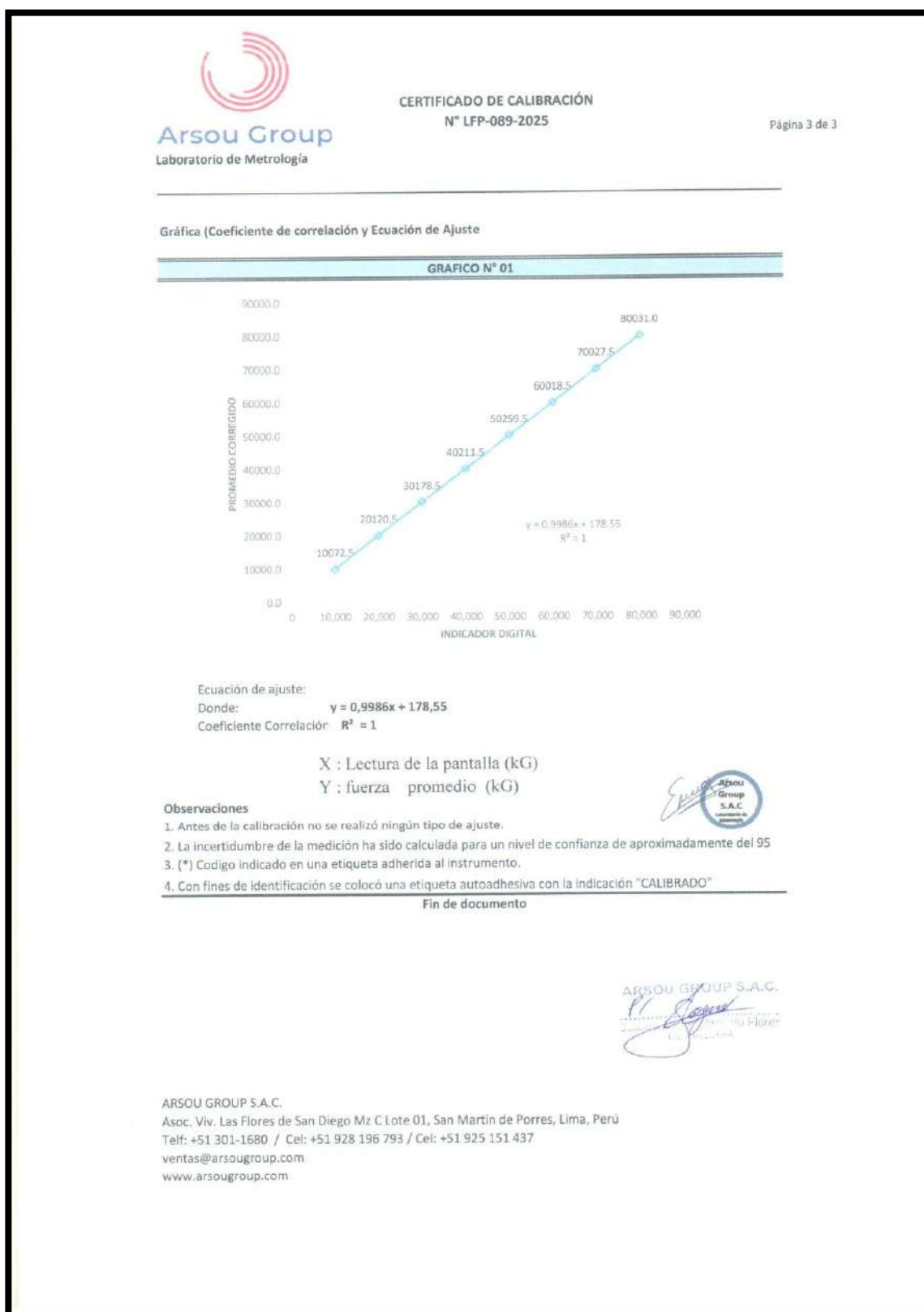


**Figura 103 — Certificado de calibración de equipos**



**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
N° LD-012-2025

Página 1 de 2

---

|                                |                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Fecha de emisión</b>        | 2025/08/06                                                                                                   | <p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.</p> <p>ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.</p> <p>Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.</p> |
| <b>Solicitante</b>             | ECX - INGENIEROS E.I.R.L.                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Dirección</b>               | JR. LOS LIRIOS NRO. SN URB. PATIBAMBA BAJA (A UNA CDRA DE FACULTAD VETERINARIA) APURIMAC - ABANCAY - ABANCAY |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Instrumento de medición</b> | ESCLEROMETRO                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Identificación                 | NO INDICA                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Marca                          | NO INDICA                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Modelo                         | NO INDICA                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Serie                          | 1271                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Tipo                           | N                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Lectura                        | ANALOGO                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Procedencia                    | CHINA                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Ubicación</b>               | Laboratorio de concreto                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Lugar de calibración</b>    | Instalaciones del cliente                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Fecha de calibración</b>    | 2025/08/06                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

**Método/Procedimiento de calibración**

La Verificación del equipo se determino realizando la prueba de exactitud, para ello se sostiene el esclerómetro firmemente de manera que el embolo esté perpendicular a la superficie de la prueba (Yunque ), después del impacto se lee el número de rebote en la escala al número entero más cercano y se registra. Para el caso del equipo tenga lectura digital, solo registrar el valor que indica el dispositivo.

El número de rebote obtenido debe ser  $81 \pm 2$  para el tipo N y de  $75 \pm 2$  para el tipo L. La prueba se realiza teniendo en cuenta las Normas ASTM C805 y EN 12504-2.



**ARSOU GROUP S.A.C.**  
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lota 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / +51 496-8887 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

**Figura 104 — Certificado de calibración de equipos**



**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
N° LD-012-2025

Página 2 de 2

---

**Patrones e Instrumentos auxiliares**

| Trazabilidad                             | Patrón Utilizado | Certificado de Calibración |
|------------------------------------------|------------------|----------------------------|
| PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ | YUNQUE           | MAT-MAY-0457-2023          |

**Condiciones ambientales durante la calibración**

|                       |                 |               |
|-----------------------|-----------------|---------------|
| Temperatura Ambiental | Inicial: 20 °C  | Final: 20 °C  |
| Humedad Relativa      | Inicial: 17 %hr | Final: 17 %hr |

**Resultados**

| LECTURA | HRC |
|---------|-----|
| 1       | 76  |
| 2       | 77  |
| 3       | 78  |
| 4       | 77  |
| 5       | 75  |
| 6       | 76  |
| 7       | 77  |
| 8       | 78  |
| 9       | 76  |
| 10      | 77  |

|                 |      |
|-----------------|------|
| Promedio:       | 76.7 |
|                 | OK   |
| Factor reajiste | 1.06 |



**Observaciones**

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. (\*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
3. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

---

Fin de documento



**ARSOU GROUP S.A.C.**  
 Asoc. Vlv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
 Telf: +51 301-1680 / +51 496-8887 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
 ventas@arsougroup.com  
 www.arsougroup.com

**Figura 105 — Certificado de calibración de equipos**



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
N° LBS-739-2025

**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fecha de emisión                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 2025/08/06                                                                                                      | <p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.</p> <p>ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.</p> <p>Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.</p> |
| Solicitante                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | ECX - INGENIEROS E.I.R.L.                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Dirección                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | JR. LOS LIRIOS NRO. SN URB. PATIBAMBA BAJA (A UNA CDRA DE FACULTAD VETERINARIA)<br>APURIMAC - ABANCAY - ABANCAY |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Instrumento de medición                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | CONO PARA DENSIDAD DE CAMPO                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Identificación                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | NO INDICA                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Marca                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | ARSOU                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Modelo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | NO INDICA                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Serie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1481                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Estructura                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | BRONCE                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Bidón                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | PLASTICO                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Base                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | ALUMINIO                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Procedencia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | PERÚ                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Ubicación                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Laboratorio de suelos                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Lugar de calibración                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Instalaciones del cliente                                                                                       |  <p>ARSOU GROUP S.A.C.</p> <p>LABORATORIO DE METROLOGÍA</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Fecha de calibración                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2025/08/06                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <p><b>Método/Procedimiento de calibración</b></p> <p>La calibración se efectuó por comparación directa tomando como referencia el procedimiento PC-012 Sta. Ed., "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey", del SNM-INDECOPI y la Norma del MTC 117 – Ensayo para determinar la densidad de los suelos en el campo por el método de cono de arena.</p> |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <p><b>ARSOU GROUP S.A.C.</b><br/>Mza. E Lote 2 Urb. La virreyna, San Martín de Porres, Lima, Perú<br/>Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437<br/>ventas@arsougroup.com<br/>www.arsougroup.com</p>                                                                                                                               |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

Figura 106 — Certificado de calibración de equipos



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
N° LBS-739-2025

**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

---

**Patrones e Instrumentos auxiliares**

| Trazabilidad             | Patrón Utilizado   | Certificado de Calibración |
|--------------------------|--------------------|----------------------------|
| DSI PERU AUTOMATION EIRL | Pie de Rey digital | L-0006-2025                |

**Condiciones ambientales durante la calibración**

Temperatura Ambiental    Inicial: 20 °C    Final: 20 °C

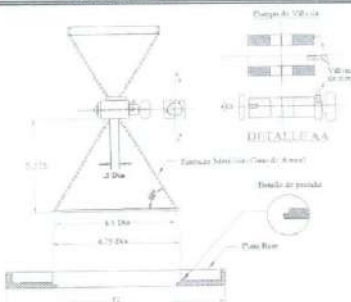
Humedad Relativa    Inicial: 17 %hr    Final: 17 %hr

**Resultados**

---

**IMAGEN N° 01**

---



---

**TABLA N° 01**  
**VERIFICACIÓN**

---

|                          | Dato Prom.<br>(mm) | Dato Normad<br>(mm) | Resultado |
|--------------------------|--------------------|---------------------|-----------|
| Altura de Caída de Arena | 136.2              | 136.5               | OK        |
| Diametro de Base         | 165.0              | 165.1               | OK        |
| Agujero de Válvula       | 12.5               | 12.7                | OK        |
| Base Cuadrada            | 300                | 300                 | OK        |

**Observaciones**

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. (\*) Código Indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
3. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"



---

Fin de documento

**ARSOU GROUP S.A.C.**  
Mza. E Lote 2 Urb. La virreyna, San Martin de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com



**Figura 107 — Certificado de calibración de equipos**



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
N° LBS-738-2025

**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

Página 1 de 2

---

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Fecha de emisión</b> 2025/08/06</p> <p><b>Solicitante</b> ECX - INGENIEROS E.I.R.L.</p> <p><b>Dirección</b> JR. LOS LIRIOS NRO. SN URB. PATIBAMBA BAJA<br/>(A UNA CDRA DE FACULTAD VETERINARIA)<br/>APURIMAC - ABANCAY - ABANCAY</p> <p><b>Instrumento de medición</b> CONO Y PISÓN DE ABSORCIÓN</p> <p><b>Identificación</b> NO INDICA</p> <p><b>Marca</b> ARSOU</p> <p><b>Modelo</b> NO INDICA</p> <p><b>Serie</b> 1502</p> <p><b>Estructura</b> ACERO</p> <p><b>Procedencia</b> PERÚ</p> <p><b>Ubicación</b> Laboratorio de suelos</p> <p><b>Lugar de calibración</b> Instalaciones del cliente</p> <p><b>Fecha de calibración</b> 2025/08/06</p> <p><b>Método/Procedimiento de calibración</b><br/>La calibración se efectuó por comparación directa tomando como referencia el procedimiento PC-012 Sta. Ed., "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey", del SNM-INDECOPI y la Norma del MTC 205.</p> | <p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.</p> <p>ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.</p> <p>Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.</p> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|





ARSOU GROUP S.A.C.  
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

**Figura 108 — Certificado de calibración de equipos**



**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
N° LBS-738-2025

Página 2 de 2

---

**Patrones e Instrumentos auxiliares**

| Trazabilidad        | Patrón Utilizado     | Certificado de Calibración |
|---------------------|----------------------|----------------------------|
| DSI AUTOMATION EIRL | Pie de Rey digital   | L-0006-2025                |
| PESATEC PERÚ S.A.C. | Pesa Patrón de 10 kg | 1590-MPES-C-2024           |
| PESATEC PERÚ S.A.C. | Pesa Patrón de 20kg  | 1591-MPES-C-2024           |

**Condiciones ambientales durante la calibración**

|                       |                 |               |
|-----------------------|-----------------|---------------|
| Temperatura Ambiental | Inicial: 20 °C  | Final: 20 °C  |
| Humedad Relativa      | Inicial: 17 %hr | Final: 17 %hr |

**Resultados**

| TABLA N° 01           |                    |            |           |
|-----------------------|--------------------|------------|-----------|
| MOLDE CÓNICO          |                    |            |           |
|                       | Dato Prom.<br>(mm) | Tolerancia | Resultado |
| Espesor               | 1.43               | > 0.8      | OK        |
| Ø Interior Base Menor | 42.36              | 40 +/- 3   | OK        |
| Ø Interior Base Mayor | 92.39              | 90 +/- 3   | OK        |
| Altura                | 73.16              | 75 +/- 3   | OK        |

| TABLA N° 01               |                    |            |           |
|---------------------------|--------------------|------------|-----------|
| PISÓN                     |                    |            |           |
|                           | Dato Prom.<br>(mm) | Tolerancia | Resultado |
| Peso (g.)                 | 340                | 340 +/- 15 | OK        |
| Superfi. Circ. Plana (mm) | 25.4               | 25 +/- 3   | OK        |

**Observaciones**

- Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
- (\*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
- Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"




Fin de documento



**ARSOU GROUP S.A.C.**  
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

**Figura 109 — Certificado de calibración de equipos**

## Anexo F

### VALIDACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS

**VALIDACIÓN DE LA ESTADÍSTICA**

**9. DATOS GENERALES**  
 Tesis titulada: Interacción suelo-pavimento rígido y flexible en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac-2024  
 Presentado por: Bach. Guido Roly Ayerve Tuero

**10. DATOS DEL EXPERTO**  
 Nombre y apellidos: Percy Bravo Oscco  
 Especialidad: Ing. Civil zootecnista  
 Cargo e institución donde labora: Municipalidad Provincial de Catamarca  
Inspector de Bora

**11. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**  
 Marque con una (X) en el recuadro correspondiente a la validación de la estadística eligiendo solo por una opción por cada criterio, según lo que considere apropiado sobre el cuestionario.

|               |            |          |              |              |
|---------------|------------|----------|--------------|--------------|
| 3. Deficiente | 2. Regular | 3. Buena | 4. Muy buena | 5. Excelente |
|---------------|------------|----------|--------------|--------------|

| Componentes | Indicadores        | Valoración cuantitativa                                          | Valoración |   |   |   |   |
|-------------|--------------------|------------------------------------------------------------------|------------|---|---|---|---|
|             |                    |                                                                  | 1          | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Forma       | 1. Redacción       | Esta redactado considerando elementos necesarios                 |            |   |   | X |   |
|             | 2. Claridad        | Esta formulado con el lenguaje correcto                          |            |   |   | X |   |
|             | 3. Objetividad     | Esta expresada en conducta observable                            |            |   |   |   | X |
| Contenido   | 4. Actualidad      | Esta con el avance de la ciencia y tecnología                    |            |   |   |   | X |
|             | 5. Suficiencia     | Evalúa las dimensiones de la variable en cantidad y calidad      |            |   |   |   | X |
|             | 6. Intencionalidad | Es adecuado para alcanzar los objetivos de la investigación      |            |   |   |   | X |
| Estructura  | 7. Organización    | Existe una expresión lógica y secuencial                         |            |   |   |   | X |
|             | 8. Consistencia    | Se basa en aspectos teóricos científicos de la investigación     |            |   |   |   | X |
|             | 9. Coherencia      | Existe coherencia entre las variables, indicadores y dimensiones |            |   |   |   | X |
|             | 10. Metodología    | La estrategia corresponde a la finalidad del diagnóstico         |            |   |   |   | X |

**12. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**  
 La presente investigación demuestra su aplicabilidad en la especialidad de suelos, carreteras y pavimentos, aportando criterios técnicos para su desarrollo.

**13. LUEGO DE REVISADO LA ESTADISTICA**  
 Procede su Aplicación ☒ Debe corregirse ( )

Abancay 18 de diciembre del 2025

  
 Mgt. Ing. Percy Bravo Oscco  
 CIP 66481

Figura 110 — Validación por juicio de experto especialidad

# VALIDACIÓN DE EXPERTO ESPECIALISTA

## 1. DATOS GENERALES

Tesis titulada: Interacción suelo-pavimento rígido y flexible en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac-2024

Presentado por: Bach. Guido Roly Ayerve Tuero

## 2. DATOS DEL EXPERTO

Nombre y apellidos: Eva María Ayerve Tuero

Especialidad: Ingeniero Civil

Cargo e institución donde labora: Residente de Obra-Municipalidad Provincial de Cotabambas

## 3. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Marque con una (X) en el recuadro correspondiente a la validación del especialista eligiendo solo por una opción por cada criterio, según lo que considere apropiado sobre el cuestionario.

1. Deficiente 2. Regular 3. Buena 4. Muy buena 5. Excelente

| Componentes | Indicadores        | Valoración cuantitativa                                          | Valoración |   |   |   |   |
|-------------|--------------------|------------------------------------------------------------------|------------|---|---|---|---|
|             |                    |                                                                  | 1          | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Forma       | 1. Redacción       | Esta redactado considerando elementos necesarios                 |            |   |   | X |   |
|             | 2. Claridad        | Esta formulado con el lenguaje correcto                          |            |   |   |   | X |
|             | 3. Objetividad     | Esta expresada en conducta observable                            |            |   |   |   | X |
| Contenido   | 4. Actualidad      | Esta con el avance de la ciencia y tecnología                    |            |   |   |   | X |
|             | 5. Suficiencia     | Evalúa las dimensiones de la variable en cantidad y calidad      |            |   |   | X |   |
|             | 6. Intencionalidad | Es adecuado para alcanzar los objetivos de la investigación      |            |   |   |   | X |
| Estructura  | 7. Organización    | Existe una expresión lógica y secuencial                         |            |   |   |   | X |
|             | 8. Consistencia    | Se basa en aspectos teóricos científicos de la investigación     |            |   |   | X |   |
|             | 9. Coherencia      | Existe coherencia entre las variables, indicadores y dimensiones |            |   |   |   | X |
|             | 10. Metodología    | La estrategia corresponde a la finalidad del diagnóstico         |            |   |   |   | X |

## 4. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El proyecto de investigación planteado por el tesista es aplicable, por ende, se da opinión favorable a la aplicabilidad de la investigación.

## LUEGO DE REVISADO EL ESPECIALISTA

Procede su Aplicación (X)

Debe corregirse ( )

Abancay 18 de diciembre del 2025

  
**EVA M. AYERVE TUERO**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N.º 302423

Figura 111 — Validación por juicio de experto especialidad

**VALIDACIÓN DE EXPERTO ESPECIALISTA**

**1. DATOS GENERALES**  
Tesis titulada: Interacción suelo-pavimento rígido y flexible en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac-2024  
Presentado por: Bach. Guido Roly Ayerve Tuero

**2. DATOS DEL EXPERTO**  
Nombre y apellidos: Roger Damiano Pareja  
Especialidad: Ing. Civil  
Cargo e institución donde labora: Sub Gerente de Infraestructura-GORE APURIMAC

**3. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**  
Marque con una (X) en el recuadro correspondiente a la validación del especialista eligiendo solo por una opción por cada criterio, según lo que considere apropiado sobre el cuestionario.

|               |            |          |              |              |
|---------------|------------|----------|--------------|--------------|
| 1. Deficiente | 2. Regular | 3. Buena | 4. Muy buena | 5. Excelente |
|---------------|------------|----------|--------------|--------------|

| Componentes | Indicadores        | Valoración cuantitativa                                          | Valoración |   |   |   |   |
|-------------|--------------------|------------------------------------------------------------------|------------|---|---|---|---|
|             |                    |                                                                  | 1          | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Forma       | 1. Redacción       | Esta redactado considerando elementos necesarios                 |            |   |   | X |   |
|             | 2. Claridad        | Esta formulado con el lenguaje correcto                          |            |   |   |   | X |
|             | 3. Objetividad     | Esta expresada en conducta observable                            |            |   |   | X |   |
| Contenido   | 4. Actualidad      | Esta con el avance de la ciencia y tecnología                    |            |   |   |   | X |
|             | 5. Suficiencia     | Evalúa las dimensiones de la variable en cantidad y calidad      |            |   |   |   | X |
|             | 6. Intencionalidad | Es adecuado para alcanzar los objetivos de la investigación      |            |   |   |   | X |
| Estructura  | 7. Organización    | Existe una expresión lógica y secuencial                         |            |   |   | X |   |
|             | 8. Consistencia    | Se basa en aspectos teóricos científicos de la investigación     |            |   |   |   | X |
|             | 9. Coherencia      | Existe coherencia entre las variables, indicadores y dimensiones |            |   |   |   | X |
|             | 10. Metodología    | La estrategia corresponde a la finalidad del diagnóstico         |            |   |   |   | X |

**4. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**  
La presente investigación cumple con la especialidad de investigación, así mismo se da opinión favorable para su aplicación.

**LUEGO DE REVISADO EL ESPECIALISTA**

Procede su Aplicación (X) Debe corregirse ( )

Abancay 18 de diciembre del 2025


  
**Roger Damiano Pareja**  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP: 277805**

Figura 112 — Validación por juicio de experto especialidad

**VALIDACIÓN DE LA ESTADISTICA**

**1. DATOS GENERALES**  
 Tesis titulada: Interacción suelo -pavimento rígido y flexible en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac-2024  
 Presentado por: Bach. Guido Roly Ayerve Tuero

**2. DATOS DEL EXPERTO**  
 Nombre y apellidos: Elmis Jonatan García Zare  
 Especialidad: Ingeniero estadístico  
 Cargo e institución donde labora: Docente Universitario - Universidad César Vallejo

**3. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**  
 Marque con una (X) en el recuadro correspondiente a la validación de la estadística eligiendo solo por una opción por cada criterio, según lo que considere apropiado sobre el instrumento

|               |            |          |              |              |
|---------------|------------|----------|--------------|--------------|
| 1. Deficiente | 2. Regular | 3. Buena | 4. Muy buena | 5. Excelente |
|---------------|------------|----------|--------------|--------------|

| Componentes | Indicadores        | Valoración cuantitativa                                          | Valoración |   |   |   |   |
|-------------|--------------------|------------------------------------------------------------------|------------|---|---|---|---|
|             |                    |                                                                  | 1          | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Forma       | 1. Redacción       | Esta redactado considerando elementos necesarios                 |            |   |   | X |   |
|             | 2. Claridad        | Esta formulado con el lenguaje correcto                          |            |   |   |   | X |
|             | 3. Objetividad     | Esta expresada en conducta observable                            |            |   |   | X |   |
| Contenido   | 4. Actualidad      | Esta con el avance de la ciencia y tecnología                    |            |   |   |   | X |
|             | 5. Suficiencia     | Evalúa las dimensiones de la variable en cantidad y calidad      |            |   |   | X |   |
|             | 6. Intencionalidad | Es adecuado para alcanzar los objetivos de la investigación      |            |   |   | X |   |
| Estructura  | 7. Organización    | Existe una expresión lógica y secuencial                         |            |   |   |   | X |
|             | 8. Consistencia    | Se basa en aspectos teóricos científicos de la investigación     |            |   |   |   | X |
|             | 9. Coherencia      | Existe coherencia entre las variables, indicadores y dimensiones |            |   |   |   | X |
|             | 10. Metodología    | La estrategia corresponde a la finalidad del diagnóstico         |            |   |   |   | X |

**4. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**  
 Se encontró coherencia en las fichas de registro presentadas respecto a lo que se pretende investigar. Procede su aplicación

**5. LUEGO DE REVISADO EL ESPECIALISTA**  
 Procede su Aplicación ( X ) Debe corregirse ( )

  
 -----  
**ELMIS JONATAN GARCÍA ZARE**  
 INGENIERO ESTADÍSTICO  
 DNI N.º 71234567

Abancay 18 de diciembre del 2025

Figura 113 — Validación por juicio de experto estadística

# VALIDACIÓN DE LA METODOLOGIA

## 1. DATOS GENERALES

Tesis titulada: Interacción suelo-pavimento rígido y flexible en suelo arcilloso de alta plasticidad en la ciudad de Abancay, Apurímac-2024  
Presentado por: Bach. Guido Roly Ayerve Tuero

## 2. DATOS DEL EXPERTO

Nombre y apellidos: Segundo Eloy Soto Abanto  
Especialidad: Metodología de la Investigación  
Cargo e institución donde labora: Docente - Universidad Tecnológica del Perú

## 3. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Marque con una (X) en el recuadro correspondiente a la validación de la estadística eligiendo solo por una opción por cada criterio, según lo que considere apropiado sobre el instrumento

|             |                    | 1. Deficiente    2. Regular    3. Buena    4. Muy buena    5. Excelente |            |   |   |   |   |
|-------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------|---|---|---|---|
| Componentes | Indicadores        | Valoración cuantitativa                                                 | Valoración |   |   |   |   |
|             |                    |                                                                         | 1          | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Forma       | 1. Redacción       | Esta redactado considerando elementos necesarios                        |            |   |   | X |   |
|             | 2. Claridad        | Esta formulado con el lenguaje correcto                                 |            |   |   |   | X |
|             | 3. Objetividad     | Esta expresada en conducta observable                                   |            |   |   | X |   |
| Contenido   | 4. Actualidad      | Esta con el avance de la ciencia y tecnología                           |            |   |   | X |   |
|             | 5. Suficiencia     | Evalúa las dimensiones de la variable en cantidad y calidad             |            |   |   | X |   |
|             | 6. Intencionalidad | Es adecuado para alcanzar los objetivos de la investigación             |            |   |   | X |   |
| Estructura  | 7. Organización    | Existe una expresión lógica y secuencial                                |            |   |   |   | X |
|             | 8. Consistencia    | Se basa en aspectos teóricos científicos de la investigación            |            |   |   |   | X |
|             | 9. Coherencia      | Existe coherencia entre las variables, indicadores y dimensiones        |            |   |   |   | X |
|             | 10. Metodología    | La estrategia corresponde a la finalidad del diagnóstico                |            |   |   | X |   |

## 4. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

Las fichas de registro presentadas para ser validadas son coherentes con lo que se pretende estudiar. Es importante detallar la norma técnica vinculada.

## 5. LUEGO DE REVISADO LA METODOLOGIA

Procede su Aplicación ( X )

Debe corregirse ( )

  
Ing. Segundo Eloy Soto Abanto  
CIP. 96754

Abancay 18 de diciembre del 2025

Figura 114 — Validación por juicio de experto metodología