

ANEXO I
ENSAYOS DE LABORATORIO
DE SUELOS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

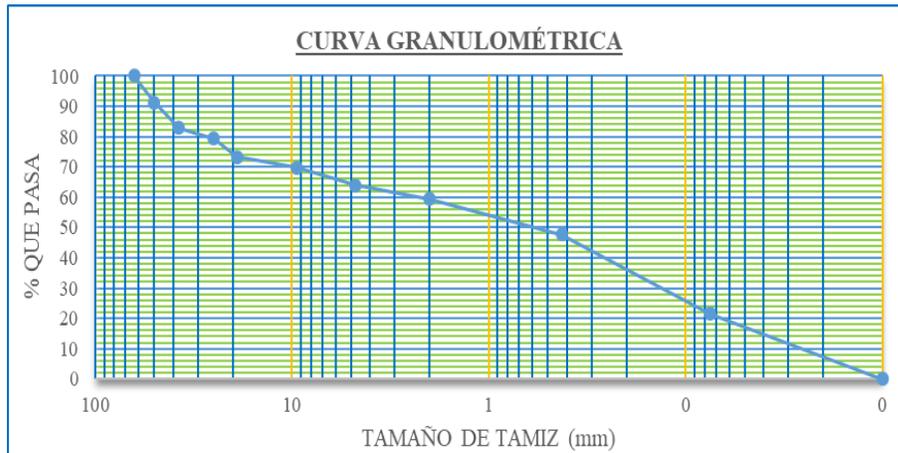
GRANULOMETRÍA DE LA SUBRASANTE

Proyecto: Comparación de pavimento unicapa como capa de rodadura respecto de otras alternativas
Procedencia: La Tablada - Turumayo
Estudiante: Javier Andrés Cuenca Morales
Progresiva: 1+500 m

Peso Total (g): **5000**

| Tamaño | Tamaño (mm) | Peso retenido (g) | Peso retenido acumulado (g) | % retenido | % que pasa |
|--------|-------------|-------------------|-----------------------------|------------|------------|
| 2 " | 63,5 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 1 ½ " | 50 | 432,80 | 432,80 | 8,66 | 91,34 |
| 1 " | 37,5 | 419,68 | 852,48 | 8,39 | 82,95 |
| ¾ " | 25 | 181,92 | 1034,40 | 3,64 | 79,31 |
| ½ " | 19 | 303,80 | 1338,20 | 6,076 | 73,24 |
| 3/8 " | 9,5 | 172,92 | 1511,12 | 3,46 | 69,78 |
| N° 4 | 4,75 | 297,36 | 1808,48 | 5,95 | 63,83 |
| N° 10 | 2 | 221,33 | 2029,81 | 4,43 | 59,40 |
| N°40 | 0,425 | 589,58 | 2619,39 | 11,79 | 47,61 |
| N° 200 | 0,075 | 1306,55 | 3925,94 | 26,13 | 21,48 |
| Base | 0,0 | 1074,06 | 5000,00 | 21,48 | 0,00 |

| D ₁₀ | D ₃₀ | D ₆₀ | Cu | Cc |
|-----------------|-----------------|-----------------|-------|------|
| 0,035 | 0,19 | 2,37 | 67,89 | 0,43 |



Univ. Javier Andrés Cuenca Morales
 Laboratorista

Ing. José R. Arce Avendaño
 Resp. de Lab. de Suelos

Nota: El laboratorio de suelos de la carrera de Ingeniería Civil no se hace responsable por los resultados obtenidos en esta investigación, es enteramente responsabilidad del investigado



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

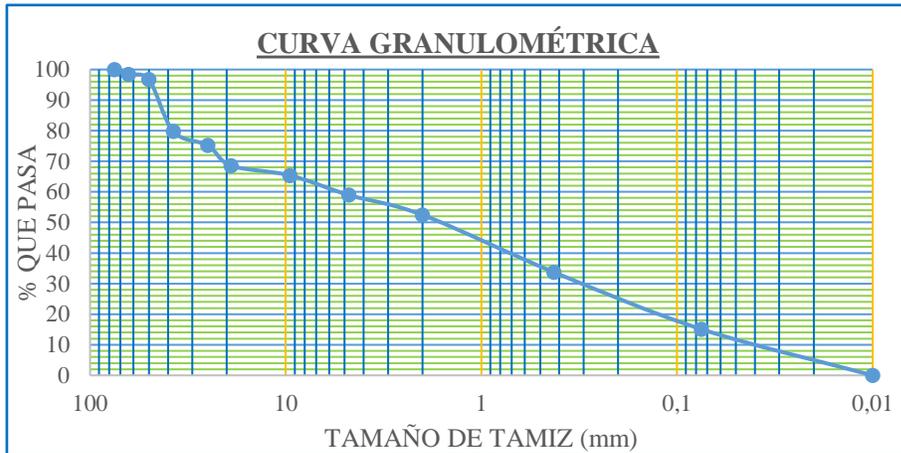
GRANULOMETRÍA DE LA SUBRASANTE

Proyecto: Comparación de pavimento unicapa como capa de rodadura respecto de otras alternativas
Procedencia: La Tablada - Turumayo
Estudiante: Javier Andrés Cuenca Morales
Progresiva: 2+500 m

Peso Total (g): **5000**

| Tamaño | Tamaño (mm) | Peso retenido (g) | Peso retenido acumulado (g) | % retenido | % que pasa |
|--------|-------------|-------------------|-----------------------------|------------|------------|
| 3 " | 75 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 2 " | 63,5 | 80,00 | 80,00 | 1,60 | 98,40 |
| 1 ½ " | 50 | 83,50 | 163,50 | 1,67 | 96,73 |
| 1 " | 37,5 | 849,30 | 1012,80 | 16,99 | 79,74 |
| ¾ " | 25 | 226,70 | 1239,50 | 4,53 | 75,21 |
| ½ " | 19 | 332,40 | 1571,90 | 6,65 | 68,56 |
| 3/8 " | 9,5 | 159,40 | 1731,30 | 3,19 | 65,37 |
| N° 4 | 4,75 | 321,10 | 2052,40 | 6,42 | 58,95 |
| N° 10 | 2 | 324,30 | 2376,70 | 6,49 | 52,47 |
| N°40 | 0,425 | 937,70 | 3314,40 | 18,75 | 33,71 |
| N° 200 | 0,075 | 931,20 | 4245,60 | 18,62 | 15,09 |
| Base | 0,0 | 754,4 | 5000,00 | 15,088 | 0,00 |

| D ₁₀ | D ₃₀ | D ₆₀ | Cu | Cc |
|-----------------|-----------------|-----------------|--------|------|
| 0,050 | 0,36 | 5,53 | 111,15 | 0,46 |



Univ. Javier Andrés Cuenca Morales
 Laboratorista

Ing. José R. Arce Avendaño
 Resp. de Lab. de Suelos

Nota: El laboratorio de suelos de la carrera de Ingeniería Civil no se hace responsable por los resultados obtenidos en esta investigación, es enteramente responsabilidad del investigador.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

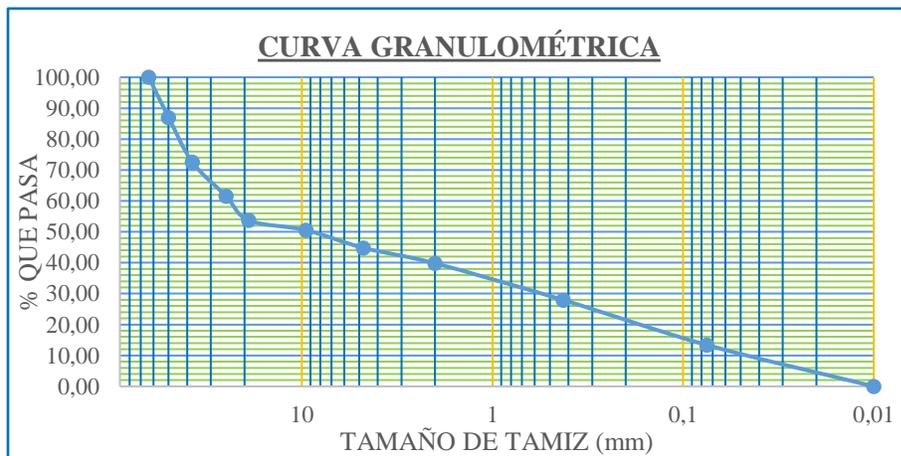
GRANULOMETRÍA DE LA SUBRASANTE

Proyecto: Comparación de pavimento unicapa como capa de rodadura respecto de otras alternativas
Procedencia: La Tablada - Turumayo
Estudiante: Javier Andrés Cuenca Morales
Progresiva: 5+500 m

Peso Total (g): **5000**

| Tamaño | Tamaño (mm) | Peso retenido (g) | Peso retenido acumulado (g) | % retenido | % que pasa |
|--------|-------------|-------------------|-----------------------------|------------|------------|
| 2 " | 63,5 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 1 ½ " | 50 | 649,30 | 649,30 | 12,99 | 87,014 |
| 1 " | 37,5 | 724,80 | 1374,10 | 14,50 | 72,52 |
| ¾ " | 25 | 546,60 | 1920,70 | 10,93 | 61,59 |
| ½ " | 19 | 394,00 | 2314,70 | 7,88 | 53,71 |
| 3/8 " | 9,5 | 159,00 | 2473,70 | 3,18 | 50,53 |
| Nº 4 | 4,75 | 286,20 | 2759,90 | 5,72 | 44,80 |
| Nº 10 | 2 | 249,90 | 3009,80 | 5,00 | 39,80 |
| Nº40 | 0,425 | 593,90 | 3603,70 | 11,88 | 27,93 |
| Nº 200 | 0,075 | 726,90 | 4330,60 | 14,54 | 13,39 |
| Base | 0,0 | 669,4 | 5000,00 | 13,39 | 0,00 |

| D ₁₀ | D ₃₀ | D ₆₀ | Cu | Cc |
|-----------------|-----------------|-----------------|--------|------|
| 0,056 | 0,70 | 23,79 | 424,71 | 0,37 |



Univ. Javier Andrés Cuenca Morales
 Laboratorista

Ing. José R. Arce Avendaño
 Resp. de Lab. de Suelos

Nota: El laboratorio de suelos de la carrera de Ingeniería Civil no se hace responsable por los resultados obtenidos en esta investigación, es enteramente responsabilidad del investigador.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

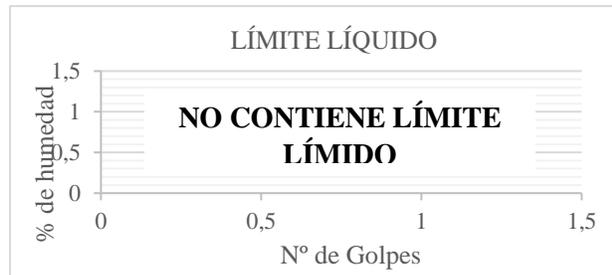
LÍMITES DE ATTERBERG

Proyecto: Comparación de pavimento unicapa como capa de rodadura respecto de otras alternativas
Procedencia: La Tablada - Turumayo
Estudiante: Javier Andrés Cuenca Morales

Determinación de límite líquido

| Límite líquido | |
|----------------------------|-----------------------------------|
| Cápsula N° | NO CONTIENE LÍMITE LÍQUIDO |
| N° de golpes | |
| Suelo húmedo + cápsula (g) | |
| Suelo seco + cápsula (g) | |
| Peso del agua (g) | |
| Peso de la cápsula (g) | |
| Peso suelo seco (g) | |
| Porcentaje de humedad (%) | |
| Límite líquido | |

| | |
|-----------------------|-----------|
| Límite líquido | 0 |
| Límite plástico | 0 |
| Índice de plasticidad | NP |
| Índice de grupo | NP |



Determinación de límite plástico

| Límite plástico | |
|----------------------------|------------------------------------|
| Cápsula N° | NO CONTIENE LÍMITE PLÁSTICO |
| Suelo húmedo + cápsula (g) | |
| Suelo seco + cápsula (g) | |
| Peso del agua (g) | |
| Peso de la cápsula (g) | |
| Peso suelo seco (g) | |
| Porcentaje de humedad (%) | |
| Límite plástico | |

.....
 Univ. Javier Andrés Cuenca Morales
 Laboratorista

.....
 Ing. José R. Arce Avendaño
 Resp. de Lab. de Suelos

Nota: El laboratorio de suelos de la carrera de Ingeniería Civil no se hace responsable por los resultados obtenidos en esta investigación, es enteramente responsabilidad del investigador.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

CLASIFICACIÓN DEL SUELO POR EL MÉTODO AASHTO

Proyecto: Comparación de pavimento unicapa como capa de rodadura respecto de otras alternativas
Procedencia: La Tablada - Turumayo
Estudiante: Javier Andrés Cuenca Morales

Tabla de clasificación método AASHTO

| Clasificación General | Material Granular | | | | | | | Material limo arcillosos | | | | |
|--|---------------------------------------|---------|---------------------------------------|---------|---------|---------|------------|--------------------------|---------|-------------------|---------|-------|
| | A-1 | | A-2 | | | | A-3 | A-4 | A-5 | A-6 | A-7 | |
| Grupos | A-1a | A-1b | A-2-4 | A-2-5 | A-2-6 | A-2-7 | | | | | A-7-5 | A-7-6 |
| Subgrupos | | | | | | | | | | | | |
| % pasante #10 | 50% máx | | | | | | | | | | | |
| #40 | 30% máx | 50% máx | | | | | 51% mín | | | | | |
| #200 | 15% máx | 25% máx | 35% máx | 35% máx | 35% máx | 35% máx | 10% máx | 36% mín | 36% mín | 36% mín | 36% mín | |
| Características del material que pasa por el tamiz #40 | | | | | | | | | | | | |
| LL | | | 40% máx | 41% mín | 40% máx | 41% mín | N.P. | 40% máx | 41% mín | 40% máx | 41% mín | |
| Ip | 6% máx | 6% máx | 10% máx | 10% máx | 11% mín | 11% mín | | 10% máx | 10% máx | 11% mín | 11% mín | |
| Ig | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 máx | 4 máx | 0 | 8 máx | 12 máx | 16 máx | 20 máx | |
| Tipo de material | Fragmentos pétreos de gravas y arenas | | Gravas y arenas, limosas y arcillosas | | | | Arena fina | Suelos limosos | | Suelos arcillosos | | |

| Detalle | Valor |
|-----------------------|-------|
| % Pasante tamiz #10 | 5,3 |
| % Pasante tamiz #40 | 14,14 |
| % Pasante tamiz #200 | 19,76 |
| Límite líquido | 0 |
| Índice de plasticidad | 0 |
| Índice de grupo | 0 |

| | |
|---|-----------------------------|
| Clasificación | A-2-4 ⁽⁰⁾ |
| Gravas y arenas, limosas y arcillosas. | |

Univ. Javier Andrés Cuenca Morales
 Laboratorista

Ing. José R. Arce Avendaño
 Resp. de Lab. de Suelos

Nota: El laboratorio de suelos de la carrera de Ingeniería Civil no se hace responsable por los resultados obtenidos en esta investigación, es enteramente responsabilidad del investigador.

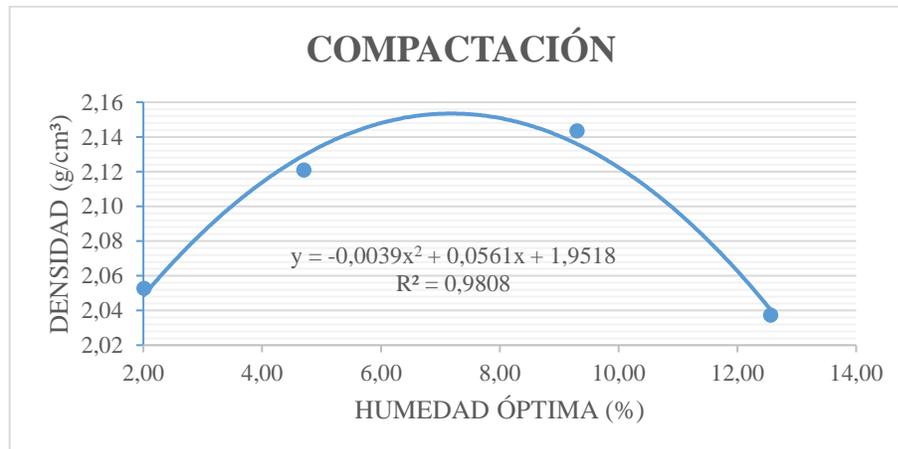


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

COMPACTACIÓN T-180 SUELO SUBRASANTE

Proyecto: Comparación de pavimento unicapa como capa de rodadura respecto de otras alternativas
Procedencia: La Tablada - Turumayo
Estudiante: Javier Andrés Cuenca Morales

| | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------|
| N° de ensayo | 1 | 2 | 3 | 4 |
| N° de capas | 5 | 5 | 5 | 5 |
| N° de golpes por capa | 56 | 56 | 56 | 56 |
| Peso suelo húmedo + molde (g) | 10708,8 | 10966,1 | 11214,6 | 11114 |
| Peso del molde (g) | 6453,5 | 6453,5 | 6453,5 | 6453,5 |
| Peso suelo húmedo (g) | 4255,3 | 4512,6 | 4761,1 | 4660,5 |
| Volumen del molde (cm ³) | 2032,22 | 2032,22 | 2032,22 | 2032,22 |
| Densidad del suelo húmedo (g/cm ³) | 2,09 | 2,22 | 2,34 | 2,29 |
| Cápsula N° | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Peso suelo húmedo + cápsula (g) | 74,52 | 79,44 | 83,96 | 77,43 |
| Peso suelo seco + cápsula (g) | 73,32 | 76,49 | 77,84 | 70,24 |
| Peso del agua (g) | 1,2 | 2,95 | 6,12 | 7,19 |
| Peso de la cápsula (g) | 13,53 | 13,7 | 12,04 | 13 |
| Peso de suelo seco (g) | 59,79 | 62,79 | 65,8 | 57,24 |
| Contenido de humedad (%) | 2,01 | 4,70 | 9,30 | 12,56 |
| Densidad suelo seco (g/cm ³) | 2,05 | 2,12 | 2,14 | 2,04 |



Univ. Javier Andrés Cuenca Morales
Laboratorista

Ing. José R. Arce Avendaño
Resp. de Lab. de Suelos

Nota: El laboratorio de suelos de la carrera de Ingeniería Civil no se hace responsable por los resultados obtenidos en esta investigación, es enteramente responsabilidad del investigador.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA AASHTO T - 193

Proyecto: Comparación de pavimento unicapa como capa de rodadura respecto de otras alternativas
Procedencia: La Tablada - Turumayo
Estudiante: Javier Andrés Cuenca Morales

| N° capas | 5 | | | 5 | | | 5 | | |
|--------------------------|------------------|----------|--------|------------------|----------|--------|------------------|---------|--------|
| | 12 | | | 25 | | | 56 | | |
| N° golpes por capa | 12 | | | 25 | | | 56 | | |
| Condición de la muestra | Antes de mojarse | D. de M | | Antes de mojarse | D. de M | | Antes de mojarse | D. de M | |
| Peso muestra húm.+ molde | 12005 | 12605 | | 11600 | 11750 | | 11665 | 11830 | |
| Peso molde | 8011,8 | 8011,8 | | 7228,6 | 7228,6 | | 7115,1 | 7115,1 | |
| Peso muestra húmeda | 3993,2 | 4593,2 | | 4371,4 | 4521,4 | | 4549,9 | 4714,9 | |
| Volumen de la muestra | 2322,67 | 2322,667 | | 2322,67 | 2322,667 | | 2322,67 | 2322,67 | |
| Densidad muestra húm. | 1,72 | 1,98 | | 1,88 | 1,95 | | 1,96 | 2,030 | |
| Muestra de humedad | Fondo | Superf. | Med. | Fondo | Superf. | Med. | Fondo | Superf. | Med. |
| Tara N° | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Peso muestra húm + tara | 111,53 | 113,04 | 108,28 | 133,44 | 82,41 | 130,26 | 131,87 | 98,31 | 121,77 |
| Peso muestra seca + tara | 100,44 | 101,82 | 96,55 | 123,58 | 75,77 | 118,35 | 122,15 | 91,28 | 111,65 |
| Peso del agua | 11,09 | 11,22 | 11,73 | 9,86 | 6,64 | 11,91 | 9,72 | 7,03 | 10,12 |
| Peso de tara | 13,81 | 13,97 | 12,23 | 13 | 12,99 | 11,95 | 12,57 | 12,72 | 12,43 |
| Peso de la muestra seca | 86,63 | 87,85 | 84,32 | 110,58 | 62,78 | 106,40 | 109,58 | 78,56 | 99,22 |
| Contenido humedad % | 12,80 | 12,77 | 13,91 | 8,92 | 10,58 | 11,19 | 8,87 | 8,95 | 10,20 |
| Promedio cont. Humedad | 12,79 | | 13,91 | 9,75 | | 11,19 | 8,91 | | 10,20 |
| Densidad muestra seca | 1,52 | | 1,74 | 1,71 | | 1,75 | 1,799 | | 1,84 |

| Hum. Ópt. % | Densidad máx. g/cm ³ |
|-------------|---------------------------------|
| 7,2 | 2,15 |

EXPANSIÓN

| Tiempo en días | Molde N° 1 | | | Molde N° 2 | | | Molde N° 3 | | |
|----------------|------------|-----------|-------|------------|-----------|-------|------------|-----------|-------|
| | Lect. | Expansión | | Lect. | Expansión | | Lect. | Expansión | |
| | Extens. mm | mm | % | Extens. mm | mm | % | Extens. mm | mm | % |
| 1 | 22,11 | 0 | 0,000 | 20,96 | 0,00 | 0,000 | 22,66 | 0,00 | 0,000 |
| 2 | 22,14 | 0,03 | 0,020 | 20,99 | 0,03 | 0,020 | 22,68 | 0,02 | 0,013 |
| 3 | 22,19 | 0,08 | 0,054 | 21,02 | 0,06 | 0,040 | 22,68 | 0,02 | 0,013 |
| 4 | 22,21 | 0,1 | 0,067 | 21,04 | 0,08 | 0,054 | 22,70 | 0,04 | 0,027 |

C.B.R.

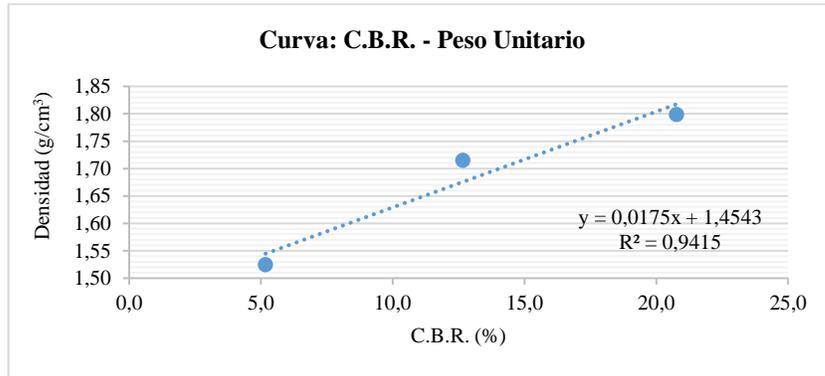
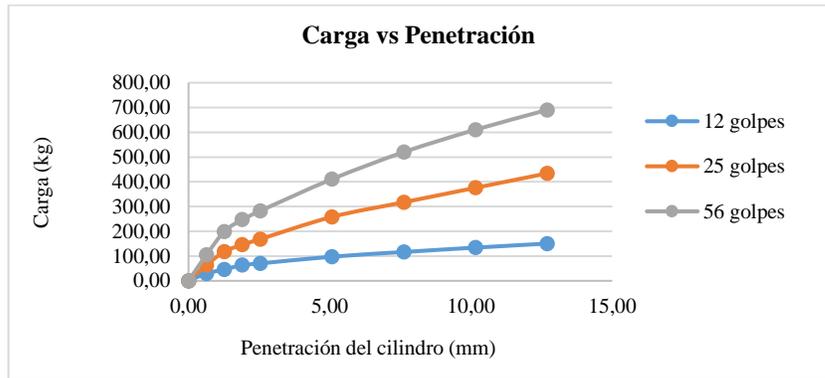
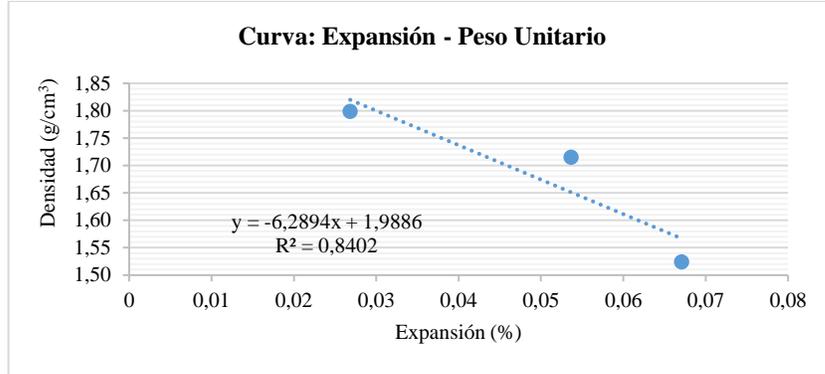
| Penetración | | Carga Normal | Molde N° 1 (12) | | | | Molde N° 2 (25) | | | | Molde N° 3 (56) | | | |
|-------------|-------|--------------|-----------------|--------------------|----------------|-----|-----------------|--------------------|----------------|------|-----------------|--------------------|----------------|------|
| | | | Carga ensayo | | C.B.R. correg. | | Carga ensayo | | C.B.R. correg. | | Carga ensayo | | C.B.R. correg. | |
| in | mm | kg | kg | kg/cm ² | kg | % | kg | kg/cm ² | kg | % | kg | kg/cm ² | kg | % |
| 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | | | 0,00 | 0,00 | | | 0,00 | 0,00 | | |
| 0,03 | 0,63 | | 29,65 | 1,53 | | | 63,57 | 3,28 | | | 104,28 | 5,39 | | |
| 0,05 | 1,27 | | 45,93 | 2,37 | | | 117,85 | 6,09 | | | 199,26 | 10,30 | | |
| 0,08 | 1,90 | | 63,57 | 3,28 | | | 145,87 | 7,54 | | | 247,10 | 12,77 | | |
| 0,10 | 2,54 | 1360 | 70,35 | 3,63 | | 5,2 | 168,36 | 8,70 | | 12,4 | 282,48 | 14,59 | | 20,8 |
| 0,20 | 5,08 | 2040 | 97,49 | 5,04 | | 4,8 | 258,28 | 13,34 | | 12,7 | 410,81 | 21,23 | | 20,1 |
| 0,30 | 7,62 | | 116,49 | 6,02 | | | 317,34 | 16,40 | | | 519,90 | 26,86 | | |
| 0,40 | 10,16 | | 134,13 | 6,93 | | | 375,66 | 19,41 | | | 610,36 | 31,54 | | |
| 0,50 | 12,70 | | 150,41 | 7,77 | | | 434,00 | 22,42 | | | 690,17 | 35,66 | | |

| C.B.R. % | Densidad g/cm ³ |
|----------|----------------------------|
| 5,2 | 1,52 |
| 12,7 | 1,71 |
| 20,8 | 1,80 |



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
 FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS

RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA AASHTO T - 193



| CBR 100% D.máx | CBR 95% D.máx |
|----------------|---------------|
| 39,75% | 37,77% |

Univ. Javier Andrés Cuenca Morales

Laboratorista

Ing. José R. Arce Avendaño

Resp. de Lab. de Suelos

Nota: El laboratorio de suelos de la carrera de Ingeniería Civil no se hace responsable por los resultados obtenidos en esta investigación, es enteramente responsabilidad del investigador



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA AASHTO T - 193

Proyecto: Comparación de pavimento unicapa como capa de rodadura respecto de otras alternativas
Procedencia: La Tablada - Turumayo
Estudiante: Javier Andrés Cuenca Morales

| Nº capas | 5 | | | 5 | | | 5 | | |
|--------------------------|------------------|---------|---------|------------------|---------|---------|------------------|---------|---------|
| Nº golpes por capa | 12 | | | 25 | | | 56 | | |
| Condición de la muestra | Antes de mojarse | | D. de M | Antes de mojarse | | D. de M | Antes de mojarse | | D. de M |
| Peso muestra húm.+ molde | 11625 | | 11865 | 11680 | | 11900 | 11650 | | 11815 |
| Peso molde | 7265 | | 7265 | 7140 | | 7140 | 6970 | | 6970 |
| Peso muestra húmeda | 4360 | | 4600 | 4540 | | 4760 | 4680 | | 4845 |
| Volumen de la muestra | 2322,67 | | 2322,67 | 2322,67 | | 2322,67 | 2322,67 | | 2322,67 |
| Densidad muestra húm. | 1,88 | | 1,98 | 1,95 | | 2,049 | 2,015 | | 2,086 |
| Muestra de humedad | Fondo | Superf. | med | Fondo | Superf. | med | Fondo | Superf. | med |
| Tara Nº | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Peso muestra húm + tara | 130,26 | 105,57 | 130,26 | 120,24 | 121,51 | 124,22 | 131,71 | 130,47 | 157,13 |
| Peso muestra seca + tara | 118,98 | 96,91 | 126,78 | 110,56 | 110,77 | 114,46 | 119,55 | 118,030 | 146,26 |
| Peso del agua | 11,28 | 8,66 | 3,48 | 9,68 | 10,74 | 9,76 | 12,16 | 12,44 | 10,87 |
| Peso de tara | 18,91 | 19,28 | 18,22 | 18,68 | 17,55 | 17,31 | 19,22 | 17,26 | 20,23 |
| Peso de la muestra seca | 100,070 | 77,63 | 108,56 | 91,88 | 93,22 | 97,15 | 100,33 | 100,77 | 126,030 |
| Contenido humedad % | 11,27 | 11,16 | 3,21 | 10,54 | 11,52 | 10,046 | 12,12 | 12,34 | 8,62 |
| Promedio cont. Humedad | 11,21 | | 3,21 | 11,028 | | 10,046 | 12,23 | | 8,62 |
| Densidad muestra seca | 1,69 | | 1,92 | 1,76 | | 1,86 | 1,80 | | 1,92 |

| Hum. Ópt. % | Densidad máx. g/cm ³ |
|-------------|---------------------------------|
| 7,2 | 2,15 |

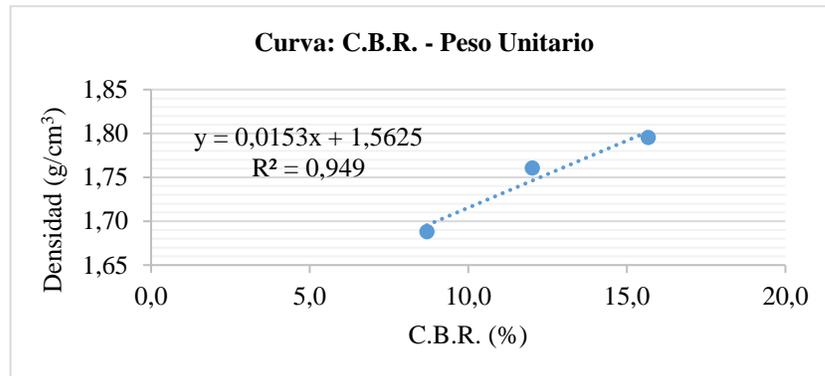
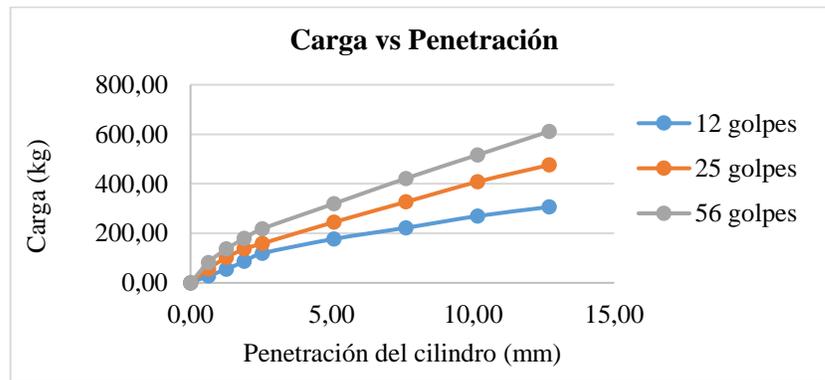
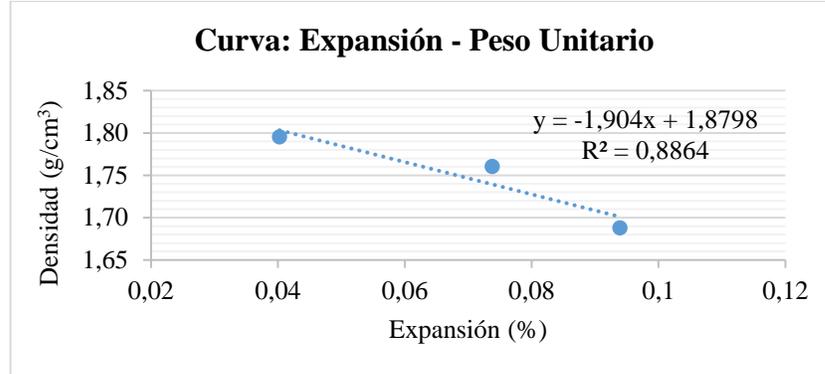
EXPANSIÓN

| Tiempo en días | Molde Nº 1 | | | Molde Nº 2 | | | Molde Nº 3 | | |
|----------------|------------|-----------|-------|------------|-----------|-------|------------|-----------|-------|
| | Lect. | Expansión | | Lect. | Expansión | | Lect. | Expansión | |
| | Extens. | mm | % | Extens. | mm | % | Extens. | mm | % |
| 1 | 19,25 | 0,00 | 0,000 | 16,73 | 0,00 | 0,000 | 21,32 | 0,00 | 0,000 |
| 2 | 19,31 | 0,06 | 0,040 | 16,77 | 0,04 | 0,027 | 21,34 | 0,02 | 0,013 |
| 3 | 19,35 | 0,10 | 0,067 | 16,80 | 0,07 | 0,047 | 21,34 | 0,02 | 0,013 |
| 4 | 19,39 | 0,14 | 0,094 | 16,84 | 0,11 | 0,074 | 21,38 | 0,06 | 0,040 |

C.B.R.

| Penetración | | Carga Normal | Molde Nº 1 (12) | | | | Molde Nº 2 (25) | | | | Molde Nº 3 (56) | | | |
|-------------|-------|--------------|-----------------|--------------------|----------------|-----|-----------------|--------------------|----------------|------|-----------------|--------------------|----------------|------|
| | | | Carga ensayo | | C.B.R. correg. | | Carga ensayo | | C.B.R. correg. | | Carga ensayo | | C.B.R. correg. | |
| in | mm | kg | kg | kg/cm ² | kg | % | kg | kg/cm ² | kg | % | kg | kg/cm ² | kg | % |
| 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | | | 0,00 | 0,00 | | | 0,00 | 0,00 | | |
| 0,03 | 0,63 | | 28,07 | 1,45 | | | 56,56 | 2,92 | | | 82,34 | 4,25 | | |
| 0,05 | 1,27 | | 55,21 | 2,85 | | | 102,70 | 5,31 | | | 136,62 | 7,06 | | |
| 0,08 | 1,90 | | 86,34 | 4,46 | | | 136,62 | 7,06 | | | 179,45 | 9,27 | | |
| 0,10 | 2,54 | 1360 | 119,00 | 6,15 | | 8,8 | 159,00 | 8,22 | | 11,7 | 218,03 | 11,27 | | 16,0 |
| 0,20 | 5,08 | 2040 | 177,33 | 9,16 | | 8,7 | 245,17 | 12,67 | | 12,0 | 319,80 | 16,52 | | 15,7 |
| 0,30 | 7,62 | | 222,10 | 11,48 | | | 326,59 | 16,87 | | | 421,57 | 21,78 | | |
| 0,40 | 10,16 | | 269,60 | 13,93 | | | 408,00 | 21,08 | | | 516,55 | 26,69 | | |
| 0,50 | 12,70 | | 306,23 | 15,82 | | | 475,84 | 24,59 | | | 611,53 | 31,60 | | |

| C.B.R. % | Densidad g/cm ³ |
|----------|----------------------------|
| 8,7 | 1,69 |
| 12,0 | 1,76 |
| 15,7 | 1,80 |



| CBR 100% D.máx | CBR 95% D.máx |
|----------------|---------------|
| 38,40% | 36,48% |

Univ. Javier Andrés Cuenca Morales
 Laboratorista

Ing. José R. Arce Avendaño
 Resp. de Lab. de Suelos

Nota: El laboratorio de suelos de la carrera de Ingeniería Civil no se hace responsable por los resultados obtenidos en esta investigación, es enteramente responsabilidad del investigador



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA AASHTO T - 193

Proyecto: Comparación de pavimento unicapa como capa de rodadura respecto de otras alternativas
Procedencia: La Tablada - Turumayo
Estudiante: Javier Andrés Cuenca Morales

| Nº capas | 5 | | | 5 | | | 5 | | |
|--------------------------|------------------|---------|--------|------------------|---------|--------|------------------|---------|--------|
| Nº golpes por capa | 12 | | | 25 | | | 56 | | |
| Condición de la muestra | Antes de mojarse | D. de M | | Antes de mojarse | D. de M | | Antes de mojarse | D. de M | |
| Peso muestra húm.+ molde | 11450 | 11690 | | 11960 | 12165 | | 12765 | 12915 | |
| Peso molde | 7070 | 7070 | | 7510 | 7510 | | 7970 | 7970 | |
| Peso muestra húmeda | 4380 | 4620 | | 4450 | 4655 | | 4795 | 4945 | |
| Volumen de la muestra | 2322,67 | 2322,67 | | 2322,67 | 2322,67 | | 2322,67 | 2322,67 | |
| Densidad muestra húm. | 1,89 | 1,99 | | 1,92 | 2,0042 | | 2,064 | 2,129 | |
| Muestra de humedad | Fondo | Superf. | med | Fondo | Superf. | med | Fondo | Superf. | med |
| Tara Nº | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Peso muestra húm + tara | 106,21 | 100 | 123,69 | 98,98 | 72,32 | 103,47 | 106,36 | 102,08 | 112,31 |
| Peso muestra seca + tara | 97,13 | 90,12 | 112,85 | 91,05 | 67,04 | 95,63 | 96,84 | 94,03 | 104,52 |
| Peso del agua | 9,08 | 9,88 | 10,84 | 7,93 | 5,28 | 7,84 | 9,52 | 8,1 | 7,79 |
| Peso de tara | 18,59 | 19,78 | 17,35 | 19,41 | 19,35 | 19,87 | 18,63 | 21,0 | 18,17 |
| Peso de la muestra seca | 78,54 | 70,34 | 95,5 | 71,64 | 47,69 | 75,76 | 78,21 | 73,0 | 86,35 |
| Contenido humedad % | 11,56 | 14,046 | 11,35 | 11,069 | 11,072 | 10,35 | 12,17 | 11,024 | 9,02 |
| Promedio cont. Humedad | 12,80 | | 11,35 | 11,07 | | 10,35 | 11,60 | | 9,02 |
| Densidad muestra seca | 1,67 | | 1,79 | 1,72 | | 1,82 | 1,85 | | 1,95 |

| Hum. Ópt. % | Densidad máx. g/cm ³ |
|-------------|---------------------------------|
| 7,2 | 2,15 |

EXPANSIÓN

| Tiempo en días | Molde Nº 1 | | | Molde Nº 2 | | | Molde Nº 3 | | |
|----------------|------------|-----------|-------|------------|-----------|-------|------------|-----------|-------|
| | Lect. | Expansión | | Lect. | Expansión | | Lect. | Expansión | |
| | Extens. | mm | % | Extens. | mm | % | Extens. | mm | % |
| 1 | 25,53 | 0 | 0,000 | 18,74 | 0 | 0,000 | 24,66 | 0 | 0,000 |
| 2 | 25,57 | 0,04 | 0,027 | 18,76 | 0,02 | 0,013 | 24,67 | 0,01 | 0,007 |
| 3 | 25,61 | 0,08 | 0,054 | 18,81 | 0,07 | 0,047 | 24,68 | 0,02 | 0,013 |
| 4 | 25,65 | 0,12 | 0,080 | 18,83 | 0,09 | 0,060 | 24,70 | 0,04 | 0,027 |

C.B.R.

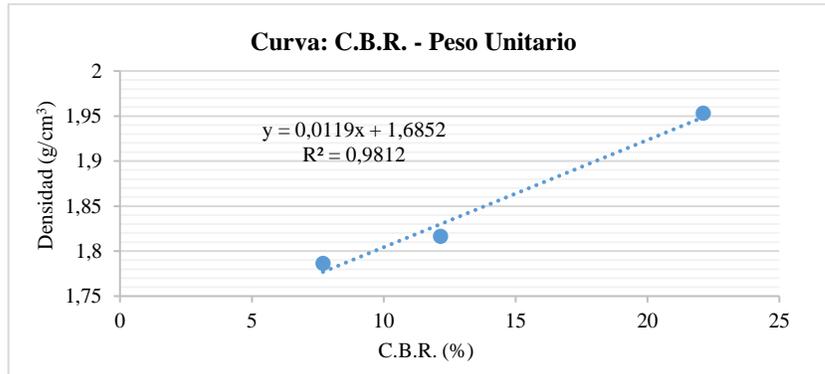
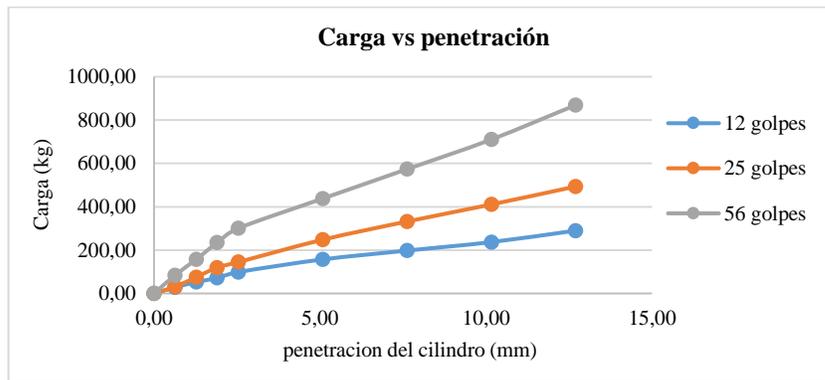
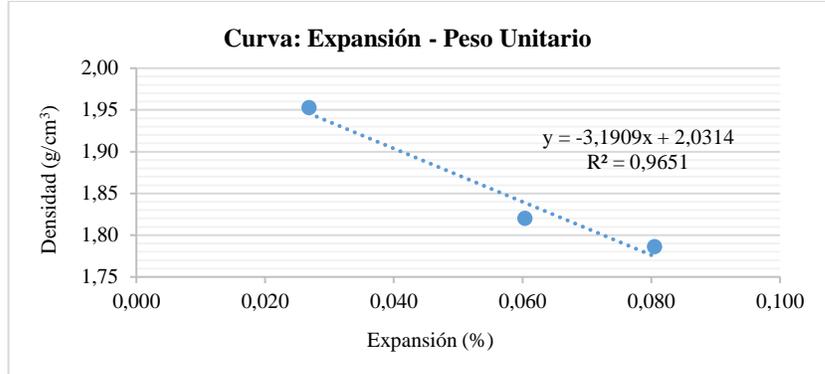
| Penetración | | Carga Normal | Molde Nº 1 (12) | | | | Molde Nº 2 (25) | | | | Molde Nº 3 (56) | | | |
|-------------|-------|--------------|-----------------|--------------------|----------------|-----|-----------------|--------------------|----------------|------|-----------------|--------------------|----------------|------|
| | | | Carga ensayo | | C.B.R. correg. | | Carga ensayo | | C.B.R. correg. | | Carga ensayo | | C.B.R. correg. | |
| in | mm | kg | kg | kg/cm ² | kg | % | kg | kg/cm ² | kg | % | kg | kg/cm ² | kg | % |
| 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | | | 0,00 | 0,00 | | | 0,00 | 0,00 | | |
| 0,03 | 0,63 | | 28,07 | 1,45 | | | 30,78 | 1,59 | | | 83,70 | 4,32 | | |
| 0,05 | 1,27 | | 52,49 | 2,71 | | | 75,35 | 3,48 | | | 156,97 | 8,11 | | |
| 0,08 | 1,90 | | 71,49 | 3,69 | | | 119,19 | 6,57 | | | 234,32 | 12,11 | | |
| 0,10 | 2,54 | 1360 | 98,63 | 5,10 | | 7,3 | 144,76 | 7,48 | | 10,6 | 300,80 | 15,54 | | 22,1 |
| 0,20 | 5,08 | 2040 | 156,97 | 8,11 | | 7,7 | 247,89 | 12,81 | | 12,2 | 437,85 | 22,62 | | 21,5 |
| 0,30 | 7,62 | | 197,68 | 10,21 | | | 332,01 | 17,15 | | | 573,54 | 29,63 | | |
| 0,40 | 10,16 | | 237,03 | 12,25 | | | 410,71 | 21,22 | | | 710,59 | 36,71 | | |
| 0,50 | 12,70 | | 289,95 | 14,98 | | | 493,48 | 25,50 | | | 869,35 | 44,92 | | |

| C.B.R. % | Densidad g/cm ³ |
|----------|----------------------------|
| 7,7 | 1,79 |
| 12,2 | 1,82 |
| 22,1 | 1,95 |



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA AASHTO T - 193



| CBR 100% D.máx | CBR 95% D.máx |
|-----------------------|----------------------|
| 39,06% | 37,11% |

Univ. Javier Andrés Cuenca Morales
 Laboratorista

Ing. José R. Arce Avendaño
 Resp. de Lab. de Suelos

Nota: El laboratorio de suelos de la carrera de Ingeniería Civil no se hace responsable por los resultados obtenidos en esta investigación, es enteramente responsabilidad del investigador

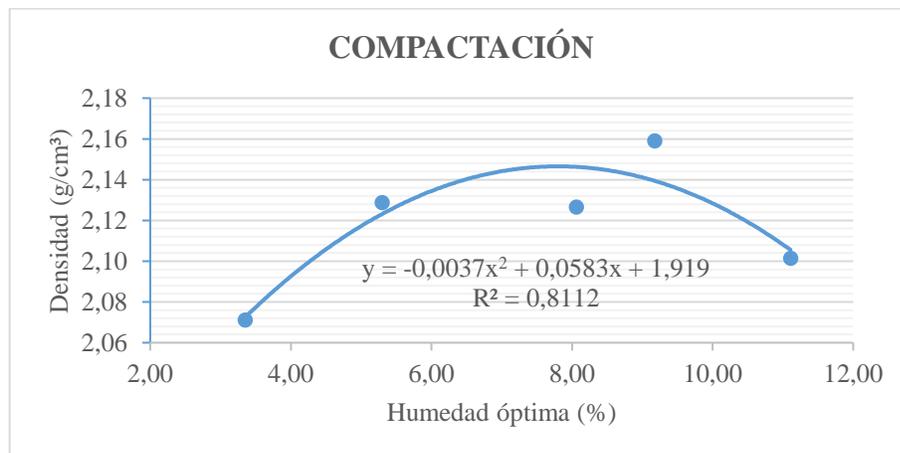


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

COMPACTACIÓN T-180 DE SUELO CON 16% DE CEMENTO

Proyecto: Comparación de pavimento unicapa como capa de rodadura respecto de otras alternativas
Procedencia: La Tablada - Turumayo
Estudiante: Javier Andrés Cuenca Morales

| | | | | | |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|
| N° de ensayo | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| N° de capas | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| N° de golpes por capa | 56 | 56 | 56 | 56 | 56 |
| Peso suelo húmedo + molde (g) | 10820 | 11025 | 11140 | 11260 | 11215 |
| Peso del molde (g) | 6470 | 6470 | 6470 | 6470 | 6470 |
| Peso suelo húmedo (g) | 4350 | 4555 | 4670 | 4790 | 4745 |
| Volumen del molde (cm³) | 2032,22 | 2032,22 | 2032,22 | 2032,22 | 2032,22 |
| Densidad del suelo húmedo (g/cm³) | 2,14 | 2,24 | 2,30 | 2,36 | 2,33 |
| Cápsula N° | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Peso suelo húmedo + cápsula (g) | 87,48 | 176,85 | 101,26 | 205,41 | 135,18 |
| Peso suelo seco + cápsula (g) | 85,02 | 168,84 | 94,66 | 189,63 | 122,94 |
| Peso del agua (g) | 2,46 | 8,01 | 6,6 | 15,78 | 12,24 |
| Peso de la cápsula (g) | 11,55 | 17,6 | 12,77 | 17,62 | 12,75 |
| Peso de suelo seco (g) | 73,47 | 151,24 | 81,89 | 172,01 | 110,19 |
| Contenido de humedad (%) | 3,35 | 5,30 | 8,06 | 9,17 | 11,11 |
| Densidad suelo seco (g/cm³) | 2,07 | 2,13 | 2,13 | 2,16 | 2,10 |



| | |
|---|------|
| Densidad máxima (g/cm³) | 2,15 |
| Humedad óptima (%) | 7,90 |

Univ. Javier Andrés Cuenca Morales
 Laboratorista

Ing. José R. Arce Avendaño
 Resp. de Lab. de Suelos

Nota: El laboratorio de suelos de la carrera de Ingeniería Civil no se hace responsable por los resultados obtenidos en esta investigación, es enteramente responsabilidad del investigador

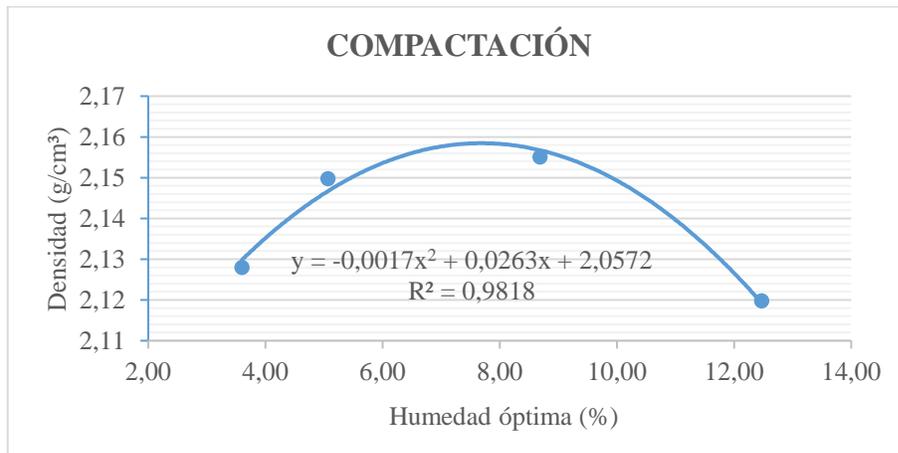


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

COMPACTACIÓN T-180 DE SUELO CON 16% DE CEMENTO

Proyecto: Comparación de pavimento unicapa como capa de rodadura respecto de otras alternativas
Procedencia: La Tablada - Turumayo
Estudiante: Javier Andrés Cuenca Morales

| | | | | |
|---|---------|---------|---------|---------|
| N° de ensayo | 1 | 2 | 3 | 4 |
| N° de capas | 5 | 5 | 5 | 5 |
| N° de golpes por capa | 56 | 56 | 56 | 56 |
| Peso suelo húmedo + molde (g) | 10950 | 11060 | 11230 | 11315 |
| Peso del molde (g) | 6470 | 6470 | 6470 | 6470 |
| Peso suelo húmedo (g) | 4480 | 4590 | 4760 | 4845 |
| Volumen del molde (cm³) | 2032,22 | 2032,22 | 2032,22 | 2032,22 |
| Densidad del suelo húmedo (g/cm³) | 2,20 | 2,26 | 2,34 | 2,38 |
| Cápsula N° | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Peso suelo húmedo + cápsula (g) | 152,94 | 166,26 | 164,71 | 145,28 |
| Peso suelo seco + cápsula (g) | 148,26 | 159,17 | 153,05 | 131,25 |
| Peso del agua (g) | 4,68 | 7,09 | 11,66 | 14,03 |
| Peso de la cápsula (g) | 18,1 | 19,21 | 18,85 | 18,72 |
| Peso de suelo seco (g) | 130,16 | 139,96 | 134,2 | 112,53 |
| Contenido de humedad (%) | 3,60 | 5,07 | 8,69 | 12,47 |
| Densidad suelo seco (g/cm³) | 2,13 | 2,15 | 2,16 | 2,12 |



| | |
|---|------|
| Densidad máxima (g/cm³) | 2,16 |
| Humedad óptima (%) | 7,70 |

.....
 Univ. Javier Andrés Cuenca Morales
 Laboratorista

.....
 Ing. José R. Arce Avendaño
 Resp. de Lab. de Suelos

Nota: El laboratorio de suelos de la carrera de Ingeniería Civil no se hace responsable por los resultados obtenidos en esta investigación, es enteramente responsabilidad del investigador

<

ANEXO II
ENSAYOS DE LABORATORIO
DE HORMIGONES



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE HORMIGONES

FINURA DEL CEMENTO

| Tamaño | Tamaño (mm) | Peso retenido (g) | Peso retenido acumulado (g) | % retenido | % que pasa |
|--------------|-------------|-------------------|-----------------------------|---------------|------------|
| Nº40 | 0,43 | 0,080 | 0,080 | 0,16 | 99,84 |
| Nº 200 | 0,075 | 1,63 | 1,71 | 3,26 | 96,580 |
| Base | 0,00 | 48,29 | 50,00 | 96,580 | 0,00 |
| Total | | 50,00 | | 100,00 | |

Ecuación de Finura del cemento:

$$F = \left(\frac{Pr}{50} \right) * 100$$

Donde:

F = Finura del cemento expresado como porcentaje en peso, del residuo que no pasa el tamiz Nº 200.

Pr = Peso del residuo que no pasa el tamiz Nº 200 en gramos.

| | |
|------|--------|
| Pr = | 1,63 g |
| F = | 3,26 % |

Univ. Javier Andrés Cuenca Morales

Laboratorista

Ing. Moisés Díaz Ayarde

Resp. de Lab. de Hormigones y Resist. Mat.

Nota: El laboratorio de suelos de la carrera de Ingeniería Civil no se hace responsable por los resultados obtenidos en esta investigación, es enteramente responsabilidad del investigador.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE HORMIGONES

DENSIDAD DEL CEMENTO

| Datos | Cantidad | Unidad |
|--|----------|--------|
| Masa del picnómetro vacío (m_p) = | 126,2 | g |
| Masa del picnómetro + cemento (m_{p+c}) = | 212,2 | g |
| Masa del picnómetro + cemento + gasolina (m_{p+c+g}) = | 557,6 | g |
| Masa del picnómetro + 500 ml de gasolina (m_{p+g}) = | 495,2 | g |

Masa del cemento (m_c):

$$m_c = m_{p+c} - m_p$$

| | |
|---------|----------------|
| $m_c =$ | 86,00 g |
|---------|----------------|

Masa de la gasolina (m_g):

$$m_g = (m_{p+g} - m_p) - (m_{p+c+g} - m_{p+c})$$

| | |
|---------|----------------|
| $m_g =$ | 23,60 g |
|---------|----------------|

Densidad de la gasolina (ρ_g):

$$\rho_g = \frac{(m_{p+g} - m_p)}{500 \text{ cm}^3}$$

| | |
|------------|------------------------------|
| $\rho_g =$ | 0,74 g/cm³ |
|------------|------------------------------|

Volumen líquido desplazado (volumen del cemento) (V_c):

$$V_c = \frac{m_g}{\rho_g}$$

| | |
|---------|-----------------------------|
| $V_c =$ | 31,98 cm³ |
|---------|-----------------------------|

Densidad del cemento (ρ_c):

$$\rho_c = \frac{m_c}{V_c}$$

| | |
|------------|------------------------------|
| $\rho_c =$ | 2,69 g/cm³ |
|------------|------------------------------|

Tabla de valores obtenidos:

| Detalle | Cantidad | Unidad |
|--|----------|-------------------|
| Masa del cemento (m_c) = | 86,00 | g |
| Masa de la gasolina desplazada (m_g) = | 23,60 | g |
| Densidad de la gasolina (ρ_g) = | 0,74 | g/cm ³ |
| Volumen líquido desplazado (V_c) = | 31,98 | cm ³ |
| Densidad del cemento (ρ_c) = | 2,69 | g/cm ³ |

.....
 Univ. Javier Andrés Cuenca Morales
 Laboratorista

.....
 Ing. Moisés Díaz Ayarde
 Resp. de Lab. de Hormigones y Resist. Mat.

Nota: El laboratorio de suelos de la carrera de Ingeniería Civil no se hace responsable por los resultados obtenidos en esta investigación, es enteramente responsabilidad del investigador



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE HORMIGONES

ENSAYO DE ROTURA DE VIGAS A FLEXIÓN

| N° | Edad (días) | Altura (mm) | Ancho (mm) | Largo (mm) | Carga (KN) | Esfuerzo (MPa) |
|----------------------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|----------------|
| 1 | 28 | 150 | 150 | 600 | 8,9 | 1,58 |
| 2 | 28 | 150 | 150 | 600 | 8,8 | 1,56 |
| 3 | 28 | 150 | 150 | 600 | 9,2 | 1,64 |
| 4 | 28 | 150 | 150 | 600 | 8,6 | 1,53 |
| 5 | 28 | 150 | 150 | 600 | 9,5 | 1,69 |
| Esfuerzo promedio = | | | | | | 1,60 |

.....
Univ. Javier Andrés Cuenca Morales
Laboratorista

.....
Ing. Moisés Díaz Ayarde
Resp. de Lab. de Hormigones y Resist. Mat.

Nota: El laboratorio de suelos de la carrera de Ingeniería Civil no se hace responsable por los resultados obtenidos en esta investigación, es enteramente responsabilidad del investigador



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE HORMIGONES

ENSAYO DE ROTURA DE PROBETAS A COMPRESIÓN

| Nº | Edad (días) | Altura (mm) | Diámetro (mm) | Área (mm ²) | Carga (KN) | Esfuerzo (MPa) |
|----------------------------|-------------|-------------|---------------|-------------------------|------------|----------------|
| 1 | 28 | 300 | 150 | 17.671 | 216,1 | 12,2 |
| 2 | 28 | 300 | 150 | 17.671 | 203,8 | 11,5 |
| 3 | 28 | 300 | 150 | 17.671 | 239,7 | 13,6 |
| 4 | 28 | 300 | 150 | 17.671 | 254,9 | 14,4 |
| 5 | 28 | 300 | 150 | 17.671 | 203,9 | 11,5 |
| 6 | 28 | 300 | 150 | 17.671 | 192,6 | 10,9 |
| 7 | 28 | 300 | 150 | 17.671 | 167,5 | 9,5 |
| 8 | 28 | 300 | 150 | 17.671 | 284,3 | 16,1 |
| 9 | 28 | 300 | 150 | 17.671 | 209,2 | 11,8 |
| 10 | 28 | 300 | 150 | 17.671 | 230,4 | 13 |
| 11 | 28 | 300 | 150 | 17.671 | 217,5 | 12,3 |
| 12 | 28 | 300 | 150 | 17.671 | 234,6 | 13,3 |
| 13 | 28 | 300 | 150 | 17.671 | 208,2 | 11,8 |
| 14 | 28 | 300 | 150 | 17.671 | 183,9 | 10,4 |
| 15 | 28 | 300 | 150 | 17.671 | 177,2 | 10 |
| Esfuerzo promedio = | | | | | | 12,15 |

.....
Univ. Javier Andrés Cuenca Morales

Laboratorista

.....
Ing. Moisés Díaz Ayarde

Resp. de Lab. de Hormigones y Resist. Mat.

Nota: El laboratorio de suelos de la carrera de Ingeniería Civil no se hace responsable por los resultados obtenidos en esta investigación, es enteramente responsabilidad del investigador

ANEXO III
VOLUMEN DE TRÁFICO Y
CÁLCULO DE EJES

Volumen de tráfico en el camino "La Tablada - Turumayo"

| VOLUMEN DE TRÁFICO CAMINO TABLADA - TURUMAYO | | | | | | | | |
|--|-----------|------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|--------------------|--------------------|
| Acceso | | Carril de ida | | | | | | |
| Tiempo: 24 horas de 7:00 p.m. a 7:00 p.m. | | Jueves a Viernes | Viernes a Sábado | Sábado a Domingo | Domingo a Lunes | Lunes a Martes | Martes a Miércoles | Miércoles a Jueves |
| Tipo de vehículo | Automóvil | 10 | 8 | 12 | 7 | 6 | 8 | 11 |
| | Camioneta | 9 | 6 | 7 | 5 | 7 | 9 | 8 |
| | B2 | 5 | 4 | 5 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| | B3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | C2 | 2 | 2 | 0 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| | C3 | 1 | 2 | 0 | 3 | 2 | 1 | 1 |
| Acceso | | Carril de vuelta | | | | | | |
| Tiempo: 24 horas de 7:00 p.m. a 7:00 p.m. | | Jueves a Viernes | Viernes a Sábado | Sábado a Domingo | Domingo a Lunes | Lunes a Martes | Martes a Miércoles | Miércoles a Jueves |
| Tipo de vehículo | Automóvil | 12 | 11 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| | Camioneta | 4 | 9 | 4 | 12 | 8 | 4 | 6 |
| | B2 | 7 | 6 | 3 | 7 | 6 | 7 | 5 |
| | B3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | C2 | 2 | 2 | 0 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| | C3 | 1 | 2 | 0 | 3 | 2 | 1 | 1 |
| Total de vehículos por día ida y vuelta | | | | | | | | |
| Tiempo: 24 horas de 7:00 p.m. a 7:00 p.m. | | Jueves a Viernes | Viernes a Sábado | Sábado a Domingo | Domingo a Lunes | Lunes a Martes | Martes a Miércoles | Miércoles a Jueves |
| Total vehículos diarios | Automóvil | 22 | 19 | 21 | 17 | 17 | 20 | 24 |
| | Camioneta | 13 | 15 | 11 | 17 | 15 | 13 | 14 |
| | B2 | 12 | 10 | 8 | 11 | 9 | 11 | 9 |
| | B3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | C2 | 4 | 4 | 0 | 4 | 2 | 2 | 4 |
| | C3 | 2 | 4 | 0 | 6 | 4 | 2 | 2 |
| Promedio diario total | | | | | | | | |
| Promedio vehículos diarios | Automóvil | 20 | | | | | | |
| | Camioneta | 14 | | | | | | |
| | B2 | 10 | | | | | | |
| | B3 | 5 | | | | | | |
| | C2 | 3 | | | | | | |
| | C3 | 3 | | | | | | |
| Total promedio vehículos diarios | | 55 | | | | | | |

Cálculo de ejes equivalentes para pavimento flexible

El número de reiteraciones de ejes equivalentes esperados en un pavimento flexible durante un periodo de diseño determinado se lo puede calcular con la siguiente ecuación:

$$ESALs = W_{18} = TPDA * FCE * 365 \left(\frac{días}{año} \right) * Fca * Fb * Fd * Fc$$

Donde:

W_{18} = Número de reiteraciones de ejes equivalentes.

TPDA = Tránsito promedio diario anual de vehículos.

FCE = Factor de carga equivalente.

Fca = Factor de crecimiento acumulado.

Fb = Factor de presión.

Fd = Factor dirección.

Fc = Factor de carril.

El periodo de diseño del pavimento será de **n = 10 años**.

Según el INE: La tasa de crecimiento anual es de **r = 4%**.

Para el factor de presión se asumirá el valor de **Fb = 1**.

El carril de diseño tendrá una sola calzada, dos sentidos y dos carriles

Determinamos el factor de direccional y factor de carril de acuerdo al diseño utilizando la siguiente tabla:

Tabla 1. Factores de distribución y de carril para el carril de diseño.

| Número de calzadas | Número de sentidos | Número de carriles por sentido | Factor direccional (Fd) | Factor de carril (Fc) |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 1 calzada | 1 | 1 | 1,00 | 1,00 |
| | 1 | 2 | 1,00 | 0,80 |
| | 1 | 3 | 1,00 | 0,60 |
| | 1 | 4 | 1,00 | 0,50 |
| | 2 | 1 | 0,50 | 1,00 |
| | 2 | 2 | 0,50 | 0,80 |
| 2 calzadas con separación central | 2 | 1 | 0,50 | 1,00 |
| | 2 | 2 | 0,50 | 0,80 |
| | 2 | 3 | 0,50 | 0,60 |
| | 2 | 4 | 0,50 | 0,50 |

Fuente: Manual de “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos”, en base a guía AASHTO – 1993.

Según el carril de diseño el factor dirección tendrá el valor de **Fd = 0,50**.

Según el carril de diseño el factor de carril tendrá el valor de **Fc = 1,00**.

Para poder conocer el número de repeticiones de carga se realizó el estudio del volumen promedio diario de vehículos en el tramo de diseño por 24 horas diarias durante una semana el cual fue de **T_o = 55 Veh. / día**.

Se calcula la demanda proyectada para el periodo de diseño deseado con la siguiente ecuación:

$$TPDA = T_o(1 + r)^{(n-1)}$$

Donde:

TPDA = Tránsito proyectado al año en vehículo por día.

To = Tránsito actual (año base) en vehículo por día.

n = Año futuro de proyección.

r = Tasa anual de crecimiento de tránsito.

$$TPDA = 55 * (1 + 0,04)^{(10-1)} = 78 Veh./día$$

$$TPDA = 78 Veh./día$$

La demanda proyectada para un periodo de diseño de 10 años será de 78 vehículos por día.

Se determina el factor de crecimiento acumulado con la siguiente ecuación:

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

$$Fca = \frac{(1 + 0,04)^{10} - 1}{0,04} ; Fca = 12,0061$$

Se debe determinar el factor de carga equivalente según el tipo de eje utilizando la siguiente tabla:

Tabla 2. Factor de carga equivalente (FCE) para pavimentos afirmados, pavimentos flexibles y semirrígidos según tipo de eje.

| Tipo de vehículo | Tipo de eje | Peso en tonelada por eje |
|------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| Automóvil + Camioneta | Eje simple de ruedas simples | 1 |
| | Eje simple de ruedas simples | 1 |
| B2 | Eje simple de ruedas simples | 7 |
| | Eje simple de ruedas dobles | 10 |
| B3 | Eje simple de ruedas simples | 7 |
| | Eje tándem (1 eje de ruedas dobles) | 15 |
| C2 | Eje simple de ruedas simples | 7 |
| | Eje simple de ruedas dobles | 10 |
| C3 | Eje simple de ruedas simples | 7 |
| | Eje tándem (2 ejes de ruedas dobles) | 16 |

Fuente: Manual de “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos”, en base a guía AASHTO – 1993.

Según el censo realizado en Perú que se encuentra registrado en el manual de “suelos, geología, geotecnia y pavimento”, se puede identificar el peso promedio por cada eje de los distintos tipos de vehículos.

Tabla 3. Carga de eje según tipo de vehículo y tipo de eje.

| Tipo de vehículo | Tipo de eje | Peso en tonelada por eje |
|------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| Automóvil + Camioneta | Eje simple de ruedas simples | 1 |
| | Eje simple de ruedas simples | 1 |
| B2 | Eje simple de ruedas simples | 7 |
| | Eje simple de ruedas dobles | 10 |
| B3 | Eje simple de ruedas simples | 7 |
| | Eje tándem (1 eje de ruedas dobles) | 15 |
| C2 | Eje simple de ruedas simples | 7 |
| | Eje simple de ruedas dobles | 10 |
| C3 | Eje simple de ruedas simples | 7 |
| | Eje tándem (2 ejes de ruedas dobles) | 16 |

Fuente: Elaboración propia en base a Manual de “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

Remplazando el peso en toneladas por eje en la ecuación del factor de carga equivalente correspondiente a cada tipo de eje obtenemos los siguientes valores:

Tabla 4. Determinación del factor de equivalencia de carga.

| Tipo de vehículo | Tipo de eje | Peso en tonelada por eje | Número de ejes | Factor de equivalencia de carga |
|------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|----------------|---------------------------------|
| Automóvil + Camioneta | Eje simple de ruedas simples | 1 | 49 | 0,00044 |
| | Eje simple de ruedas simples | 1 | 49 | 0,00044 |
| B2 | Eje simple de ruedas simples | 7 | 14 | 1,27 |
| | Eje simple de ruedas dobles | 10 | 14 | 2,26 |
| B3 | Eje simple de ruedas simples | 7 | 7 | 1,27 |
| | Eje tándem (1 eje de ruedas dobles) | 15 | 7 | 1,77 |
| C2 | Eje simple de ruedas simples | 7 | 4 | 1,27 |
| | Eje simple de ruedas dobles | 10 | 4 | 2,26 |
| C3 | Eje simple de ruedas simples | 7 | 4 | 1,27 |
| | Eje tándem (2 ejes de ruedas dobles) | 16 | 4 | 2,13 |

Fuente: Elaboración propia.

Se debe multiplicar el número de ejes por su factor de equivalencia de carga correspondiente y sumar los resultados:

Tabla 5. Sumatoria del número de ejes multiplicado por su factor de carga equivalente respectivo.

| Tipo de vehículo | Tipo de eje | Número de ejes | Factor de equivalencia de carga (FCE) | TPDA x FCE |
|---|--------------------------------------|----------------|---------------------------------------|--------------|
| Automóvil + Camioneta | Eje simple de ruedas simples | 49 | 0,00053 | 0,026 |
| | Eje simple de ruedas simples | 49 | 0,00053 | 0,026 |
| B2 | Eje simple de ruedas simples | 14 | 1,27 | 17,72 |
| | Eje simple de ruedas dobles | 14 | 2,21 | 30,97 |
| B3 | Eje simple de ruedas simples | 7 | 1,27 | 8,86 |
| | Eje tándem (1 eje de ruedas dobles) | 7 | 1,055 | 7,39 |
| C2 | Eje simple de ruedas simples | 4 | 1,27 | 5,061 |
| | Eje simple de ruedas dobles | 4 | 2,21 | 8,85 |
| C3 | Eje simple de ruedas simples | 4 | 1,27 | 5,061 |
| | Eje tándem (2 ejes de ruedas dobles) | 4 | 1,26 | 5,042 |
| Σ (TPDA x FCE) = | | | | 88,99 |

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se determinó los ejes equivalentes reemplazando todos nuestros datos en la ecuación propuesta:

$$ESALs = W_{18} = \Sigma(TPDA * FCE) * 365 * Fca * Fb * Fd * Fc$$

$$ESALs = W_{18} = 88,99 * 365 * 12,0061 * 1 * 0,5 * 1 = 194.983$$

$$ESALs = W_{18} = 194.983$$

$$ESALs = W_{18} = 1,95 \times 10^5$$

El número de ejes equivalentes esperados (W_{18}) calculados para el periodo de diseño propuesto de 10 años de un pavimento flexible tendrá un valor de $1,95 \times 10^5$.

Cálculo de ejes equivalentes para pavimento rígido

El número de reiteraciones de ejes equivalentes esperados en un pavimento rígido durante un periodo de diseño determinado se lo puede calcular con la siguiente ecuación:

$$ESALs = W_{18} = TPDA * FCE * 365 \left(\frac{días}{año} \right) * Fca * Fb * Fd * Fc$$

Donde:

W_{18} = Número de reiteraciones de ejes equivalentes.

TPDA = Tránsito promedio diario anual de vehículos.

FCE = Factor de carga equivalente.

Fca = Factor de crecimiento acumulado.

Fb = Factor de presión.

Fd = Factor dirección.

Fc = Factor de carril.

El periodo de diseño del pavimento será de **n = 10 años**.

Según el INE: La tasa de crecimiento anual es de **r = 4%**.

Para el factor de presión se asumirá el valor de **Fb = 1**.

El carril de diseño tendrá una sola calzada, dos sentidos y dos carriles.

Determinamos el factor de direccional y factor de carril de acuerdo al diseño utilizando la siguiente tabla:

Tabla 1. Factores de distribución y de carril para el carril de diseño.

| Número de calzadas | Número de sentidos | Número de carriles por sentido | Factor direccional (Fd) | Factor de carril (Fc) |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 1 calzada | 1 | 1 | 1,00 | 1,00 |
| | 1 | 2 | 1,00 | 0,80 |
| | 1 | 3 | 1,00 | 0,60 |
| | 1 | 4 | 1,00 | 0,50 |
| | 2 | 1 | 0,50 | 1,00 |
| | 2 | 2 | 0,50 | 0,80 |
| 2 calzadas con separación central | 2 | 1 | 0,50 | 1,00 |
| | 2 | 2 | 0,50 | 0,80 |
| | 2 | 3 | 0,50 | 0,60 |
| | 2 | 4 | 0,50 | 0,50 |

Fuente: Manual de “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos”, en base a guía AASHTO – 1993.

Según el carril de diseño el factor dirección tendrá el valor de **Fd = 0,50**.

Según el carril de diseño el factor de carril tendrá el valor de **Fc = 1,00**.

Para poder conocer el número de repeticiones de carga se realizó el estudio del volumen promedio diario de vehículos en el tramo de diseño por 24 horas diarias durante una semana el cual fue de **T_o = 55 Veh. / día**.

Se calcula la demanda proyectada para el periodo de diseño deseado con la siguiente ecuación:

$$TPDA = T_o(1 + r)^{(n-1)}$$

Donde:

TPDA = Tránsito proyectado al año en vehículo por día.

T_o = Tránsito actual (año base) en vehículo por día.

n = Año futuro de proyección.

r = Tasa anual de crecimiento de tránsito.

Tabla 2. Tránsito proyectado al año en vehículo por día.

| | Automóvil | Camioneta | B2 | B3 | C2 | C3 | Total |
|-----------------|-----------|-----------|----|----|----|----|-------|
| IMD 2023 | 20 | 14 | 10 | 5 | 3 | 3 | 55 |
| IMD 2033 | 29 | 20 | 14 | 7 | 4 | 4 | 78 |

Fuente: Elaboración propia.

La demanda proyectada para un periodo de diseño de 10 años será de: 29 automóviles, 20 camionetas, 14 vehículos B2, 7 vehículos B3, 4 vehículos C2, 4 vehículos C3, sumando un total de 78 vehículos por día.

Se determina el factor de crecimiento acumulado con la siguiente ecuación:

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

$$Fca = \frac{(1 + 0,04)^{10} - 1}{0,04} = 12,0061 \quad ; \quad Fca = 12,0061$$

Se debe determinar el factor de carga equivalente según el tipo de eje utilizando la siguiente tabla:

Tabla 3. Factor de carga equivalente (FCE) para pavimentos rígidos según tipo de eje.

| Tipo de eje | Factor de carga equivalente |
|--|-------------------------------|
| Eje simple de ruedas simples | FCE = [P/6,6] ^{4,1} |
| Eje simple de ruedas dobles | FCE = [P/8,2] ^{4,1} |
| Eje tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) | FCE = [P/13,0] ^{4,1} |
| Eje tandem (2 ejes ruedas dobles) | FCE = [P/13,3] ^{4,1} |
| Eje tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) | FCE = [P/16,6] ^{4,0} |
| Eje tridem (3 ejes de ruedas doble) | FCE = [P/17,5] ^{4,0} |
| P = Peso real por eje en toneladas | |

Fuente: Manual de “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos”, en base a guía AASHTO

Según el censo realizado en Perú que se encuentra registrado en el manual de “suelos, geología, geotecnia y pavimento”, se puede identificar el peso promedio por cada eje de los distintos tipos de vehículos:

Tabla 4. Carga de eje según tipo de vehículo y tipo de eje.

| Tipo de vehículo | Tipo de eje | Peso en tonelada por eje |
|------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| Automóvil + camioneta | Eje simple de ruedas simples | 1 |
| | Eje simple de ruedas simples | 1 |
| B2 | Eje simple de ruedas simples | 7 |
| | Eje simple de ruedas dobles | 10 |
| B3 | Eje simple de ruedas simples | 7 |
| | Eje tándem (1 eje de ruedas dobles) | 15 |
| C2 | Eje simple de ruedas simples | 7 |
| | Eje simple ruedas dobles | 10 |
| C3 | Eje simple de ruedas simples | 7 |
| | Eje tándem (2 ejes de ruedas dobles) | 16 |

Fuente: Elaboración propia en base a Manual de “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos”

Remplazando el peso en toneladas por eje en la ecuación del factor de carga equivalente correspondiente a cada tipo de eje obtenemos los siguientes valores:

Tabla 5. Determinación del factor de equivalencia de carga.

| Tipo de vehículo | Peso en tonelada por eje | Número de ejes | Factor de equivalencia de carga |
|-----------------------|--------------------------|----------------|---------------------------------|
| Automóvil + camioneta | 1 | 49 | 0,00044 |
| | 1 | 49 | 0,00044 |
| B2 | 7 | 14 | 1,27 |
| | 10 | 14 | 2,26 |
| B3 | 7 | 7 | 1,27 |
| | 15 | 7 | 1,77 |
| C2 | 7 | 4 | 1,27 |
| | 10 | 4 | 2,26 |
| C3 | 7 | 4 | 1,27 |
| | 16 | 4 | 2,13 |

Fuente: Elaboración propia.

Se debe sumar el número de ejes y el factor equivalente según el peso de cada eje con el cual obtenemos la siguiente tabla:

Tabla 6. Acumulación de número de ejes y factor equivalente.

| Peso en tonelada por eje | Número de ejes | Factor de equivalencia de carga |
|--------------------------|----------------|---------------------------------|
| Eje simple | | |
| 1 | 98 | 0,043 |
| 7 | 29 | 36,91 |
| 10 | 18 | 40,61 |
| Eje tándem | | |
| 15 | 7 | 12,41 |
| 16 | 4 | 8,53 |

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se determinarán los ejes equivalentes utilizando la ecuación propuesta:

$$ESALs = W_{18} = TPDA * FCE * 365 \left(\frac{\text{días}}{\text{año}} \right) * Fca * Fb * Fd * Fc$$

Tabla 7. Número total de ejes equivalentes individuales.

| Ejes equivalentes individuales | | | | | | | |
|---------------------------------------|------------------------|-----------|-----------|-------------------|------------|-----------------------|------------------------------|
| Peso en tonelada por eje | Tiempo 365 días | Fd | Fc | TPDA x FCE | Fca | W₁₈ | W₁₈ |
| Eje simple | | | | | | | |
| 1 | 365 | 0,5 | 1 | 0,043 | 12,0061 | 94 | 9,4 x 10 ¹ |
| 7 | 365 | 0,5 | 1 | 36,91 | 12,0061 | 566.152 | 5,66 x 10 ⁵ |
| 10 | 365 | 0,5 | 1 | 40,61 | 12,0061 | 889.818 | 8,90 x 10 ⁵ |
| Eje tandem | | | | | | | |
| 15 | 365 | 0,5 | 1 | 12,41 | 12,0061 | 407.799 | 4,08 x 10 ⁵ |
| 16 | 365 | 0,5 | 1 | 8,53 | 12,0061 | 299.189 | 2,99 x 10 ⁵ |
| W₁₈ Total = | | | | | | 2.163.052 | 2,16 x 10⁶ |

Fuente: Elaboración propia.

El número de ejes equivalentes esperados (W₁₈) calculados para el periodo de diseño propuesto de 10 años de un pavimento rígido tendrá un valor de **W₁₈ = 2,16 x 10⁶**.

Cálculo de ejes equivalentes para el afirmado

El número de reiteraciones de ejes equivalentes esperados en afirmado durante un periodo de diseño determinado se lo puede calcular con la siguiente ecuación:

$$ESALs = W_{18} = TPDA * FCE * 365 \left(\frac{\text{días}}{\text{año}} \right) * Fca * Fb * Fd * Fc$$

Donde:

W_{18} = Número de reiteraciones de ejes equivalentes.

TPDA = Tránsito promedio diario anual de vehículos.

FCE = Factor de carga equivalente.

Fca = Factor de crecimiento acumulado.

Fb = Factor de presión.

Fd = Factor dirección.

Fc = Factor de carril.

El periodo de diseño del pavimento será de **n = 5 años**.

Según el INE: La tasa de crecimiento anual es de **r = 4%**.

Para el factor de presión se asumirá el valor de **Fb = 1**.

El carril de diseño tendrá una sola calzada, dos sentidos y dos carriles

Determinamos el factor de direccional y factor de carril de acuerdo al diseño utilizando la siguiente tabla:

Tabla 1. Factores de distribución y de carril para el carril de diseño.

| Número de calzadas | Número de sentidos | Número de carriles por sentido | Factor direccional (Fd) | Factor de carril (Fc) |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 1 calzada | 1 | 1 | 1,00 | 1,00 |
| | 1 | 2 | 1,00 | 0,80 |
| | 1 | 3 | 1,00 | 0,60 |
| | 1 | 4 | 1,00 | 0,50 |
| | 2 | 1 | 0,50 | 1,00 |
| | 2 | 2 | 0,50 | 0,80 |
| 2 calzadas con separación central | 2 | 1 | 0,50 | 1,00 |
| | 2 | 2 | 0,50 | 0,80 |
| | 2 | 3 | 0,50 | 0,60 |
| | 2 | 4 | 0,50 | 0,50 |

Fuente: Manual de “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos”, en base a guía AASHTO – 1993.

Según el carril de diseño el factor dirección tendrá el valor de **Fd = 0,50**.

Según el carril de diseño el factor de carril tendrá el valor de **Fc = 1,00**.

Para poder conocer el número de repeticiones de carga se realizó el estudio del volumen promedio diario de vehículos en el tramo de diseño por 24 horas diarias durante una semana el cual fue de **T_o = 55 Veh. / día**.

Se calcula la demanda proyectada para el periodo de diseño deseado con la siguiente ecuación:

$$TPDA = T_o(1 + r)^{(n-1)}$$

Donde:

TPDA = Tránsito proyectado al año en vehículo por día.

T_o = Tránsito actual (año base) en vehículo por día.

n = Año futuro de proyección.

r = Tasa anual de crecimiento de tránsito.

$$TPDA = 55 * (1 + 0,04)^{(5-1)} = 67 \text{ Veh./día}$$

$$TPDA = 67 \text{ Veh./día}$$

La demanda proyectada para un periodo de diseño de 5 años será de 67 vehículos por día.

Se determina el factor de crecimiento acumulado con la siguiente ecuación:

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

$$Fca = \frac{(1 + 0,04)^5 - 1}{0,04} ; \quad Fca = 5,42$$

Se debe determinar el factor de carga equivalente según el tipo de eje utilizando la siguiente tabla:

Tabla 2. Factor de carga equivalente (FCE) para pavimentos afirmados, pavimentos flexibles y semirrígidos según tipo de eje.

| Tipo de vehículo | Tipo de eje | Peso en tonelada por eje |
|-----------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| Automóvil + Camioneta | Eje simple de ruedas simples | 1 |
| | Eje simple de ruedas simples | 1 |
| B2 | Eje simple de ruedas simples | 7 |
| | Eje simple de ruedas dobles | 10 |
| B3 | Eje simple de ruedas simples | 7 |
| | Eje tándem (1 eje de ruedas dobles) | 15 |
| C2 | Eje simple de ruedas simples | 7 |
| | Eje simple de ruedas dobles | 10 |
| C3 | Eje simple de ruedas simples | 7 |
| | Eje tándem (2 ejes de ruedas dobles) | 16 |

Fuente: Manual de “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos”, en base a guía AASHTO – 1993.

Según el censo realizado en Perú que se encuentra registrado en el manual de “suelos, geología, geotecnia y pavimento”, se puede identificar el peso promedio por cada eje de los distintos tipos de vehículos.

Tabla 3. Carga de eje según tipo de vehículo y tipo de eje.

| Tipo de vehículo | Tipo de eje | Peso en tonelada por eje |
|------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| Automóvil + Camioneta | Eje simple de ruedas simples | 1 |
| | Eje simple de ruedas simples | 1 |
| B2 | Eje simple de ruedas simples | 7 |
| | Eje simple de ruedas dobles | 10 |
| B3 | Eje simple de ruedas simples | 7 |
| | Eje tándem (1 eje de ruedas dobles) | 15 |
| C2 | Eje simple de ruedas simples | 7 |
| | Eje simple de ruedas dobles | 10 |
| C3 | Eje simple de ruedas simples | 7 |
| | Eje tándem (2 ejes de ruedas dobles) | 16 |

Fuente: Elaboración propia en base a Manual de “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

Remplazando el peso en toneladas por eje en la ecuación del factor de carga equivalente correspondiente a cada tipo de eje obtenemos los siguientes valores:

Tabla 4. Determinación del factor de equivalencia de carga.

| Tipo de vehículo | Tipo de eje | Peso en tonelada por eje | Número de ejes | Factor de equivalencia de carga |
|------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|----------------|---------------------------------|
| Automóvil + Camioneta | Eje simple de ruedas simples | 1 | 41 | 0,00053 |
| | Eje simple de ruedas simples | 1 | 41 | 0,00053 |
| B2 | Eje simple de ruedas simples | 7 | 12 | 1,27 |
| | Eje simple de ruedas dobles | 10 | 12 | 2,21 |
| B3 | Eje simple de ruedas simples | 7 | 6 | 1,27 |
| | Eje tándem (1 eje de ruedas dobles) | 15 | 6 | 1,055 |
| C2 | Eje simple de ruedas simples | 7 | 4 | 1,27 |
| | Eje simple de ruedas dobles | 10 | 4 | 2,21 |
| C3 | Eje simple de ruedas simples | 7 | 4 | 1,27 |
| | Eje tándem (2 ejes de ruedas dobles) | 16 | 4 | 1,26 |

Fuente: Elaboración propia.

Se debe multiplicar el número de ejes por su factor de equivalencia de carga correspondiente y sumar los resultados:

Tabla 5. Sumatoria del número de ejes multiplicado por su factor de carga equivalente respectivo.

| Tipo de vehículo | Tipo de eje | Número de ejes | Factor de equivalencia de carga (FCE) | TPDA x FCE |
|---|--------------------------------------|----------------|---------------------------------------|--------------|
| Automóvil + Camioneta | Eje simple de ruedas simples | 41 | 0,00053 | 0,022 |
| | Eje simple de ruedas simples | 41 | 0,00053 | 0,022 |
| B2 | Eje simple de ruedas simples | 12 | 1,27 | 15,18 |
| | Eje simple de ruedas dobles | 12 | 2,21 | 26,54 |
| B3 | Eje simple de ruedas simples | 6 | 1,27 | 7,59 |
| | Eje tándem (1 eje de ruedas dobles) | 6 | 1,055 | 6,33 |
| C2 | Eje simple de ruedas simples | 4 | 1,27 | 5,061 |
| | Eje simple de ruedas dobles | 4 | 2,21 | 8,85 |
| C3 | Eje simple de ruedas simples | 4 | 1,27 | 5,061 |
| | Eje tándem (2 ejes de ruedas dobles) | 4 | 1,26 | 5,042 |
| Σ (TPDA x FCE) = | | | | 79,70 |

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se determinó los ejes equivalentes reemplazando todos nuestros datos en la ecuación propuesta:

$$ESALs = W_{18} = \Sigma(TPDA * FCE) * 365 * Fca * Fb * Fd * Fc$$

$$ESALs = W_{18} = 79,70 * 365 * 5,42 * 1 * 0,5 * 1 = 78.787$$

$$ESALs = W_{18} = 78.787$$

$$ESALs = W_{18} = 7,88x 10^4$$

El número de ejes equivalentes esperados (W_{18}) calculados para el periodo de diseño propuesto de 5 años de un afirmado tendrá un valor de $7,88 \times 10^4$.

ANEXO IV

PRECIPITACIONES DIARIAS Y

COEFICIENTE DE DRENAJE

Datos estadísticos días de precipitaciones

Datos de la estación hidrometeorológica.-

Nombre de la estación hidrometeorológica: Estación "Tarija, aeropuerto".
Coordenadas geográficas latitud: -21,549238°
Coordenadas geográficas longitud: -64,707591°
Altura (m.s.n.m.): 1875

| Año | N° días de precipitación | % días en un año |
|---|---------------------------------|-------------------------|
| 2012 | 41 | 11,23 |
| 2013 | 36 | 9,86 |
| 2014 | 39 | 10,68 |
| 2015 | 41 | 11,23 |
| 2016 | 34 | 9,32 |
| 2017 | 36 | 9,86 |
| 2018 | 53 | 14,52 |
| 2019 | 43 | 11,78 |
| 2020 | 42 | 11,51 |
| 2021 | 37 | 10,14 |
| 2022 | 30 | 8,22 |
| N° días de precipitación: | | 40 |
| % días de precipitación en un año: | | 10,96% |

Precipitaciones diarias por año

| Datos recolectados el año 2012 | | | |
|--------------------------------|-------|-----|---------------------|
| N° de días | Fecha | | Altura de agua (mm) |
| | Mes | Día | |
| 1 | 1 | 1 | 5,20 |
| 2 | 1 | 5 | 16,20 |
| 3 | 1 | 6 | 37,40 |
| 4 | 1 | 11 | 17,40 |
| 5 | 1 | 14 | 4,60 |
| 6 | 1 | 16 | 3,20 |
| 7 | 1 | 19 | 3,20 |
| 8 | 1 | 21 | 3,20 |
| 9 | 1 | 24 | 18,20 |
| 10 | 1 | 31 | 41,40 |
| 11 | 2 | 1 | 8,20 |
| 12 | 2 | 2 | 26,40 |
| 13 | 2 | 3 | 7,40 |
| 14 | 2 | 8 | 13,60 |
| 15 | 2 | 9 | 17,20 |
| 16 | 2 | 20 | 15,20 |
| 17 | 2 | 22 | 8,50 |
| 18 | 2 | 23 | 8,80 |
| 19 | 2 | 24 | 19,60 |
| 20 | 3 | 6 | 36,50 |
| 21 | 3 | 13 | 14,10 |
| 22 | 3 | 22 | 16,20 |
| 23 | 3 | 26 | 19,40 |
| 24 | 3 | 27 | 2,80 |
| 25 | 4 | 9 | 8,20 |
| 26 | 4 | 11 | 16,40 |
| 27 | 4 | 12 | 2,70 |
| 28 | 4 | 21 | 2,10 |
| 29 | 10 | 8 | 7,70 |
| 30 | 10 | 21 | 3,80 |
| 31 | 10 | 31 | 9,60 |
| 32 | 11 | 1 | 2,20 |
| 33 | 11 | 4 | 25,90 |
| 34 | 11 | 18 | 20,30 |
| 35 | 11 | 22 | 20,30 |
| 36 | 11 | 29 | 6,30 |
| 37 | 12 | 16 | 2,60 |
| 38 | 12 | 18 | 5,00 |
| 39 | 12 | 20 | 30,90 |
| 40 | 12 | 21 | 4,00 |
| 41 | 12 | 25 | 9,80 |

| Datos recolectados el año 2013 | | | |
|--------------------------------|-------|-----|---------------------|
| N° de días | Fecha | | Altura de agua (mm) |
| | Mes | Día | |
| 1 | 1 | 1 | 9,90 |
| 2 | 1 | 6 | 3,80 |
| 3 | 1 | 13 | 29,20 |
| 4 | 1 | 14 | 5,40 |
| 5 | 1 | 15 | 5,90 |
| 6 | 1 | 17 | 23,30 |
| 7 | 1 | 18 | 14,30 |
| 8 | 1 | 19 | 18,00 |
| 9 | 1 | 20 | 6,00 |
| 10 | 1 | 21 | 2,10 |
| 11 | 1 | 23 | 19,30 |
| 12 | 1 | 31 | 23,60 |
| 13 | 2 | 1 | 8,30 |
| 14 | 2 | 2 | 4,20 |
| 15 | 2 | 3 | 17,80 |
| 16 | 2 | 5 | 11,80 |
| 17 | 2 | 6 | 7,40 |
| 18 | 2 | 13 | 19,30 |
| 19 | 2 | 17 | 13,10 |
| 20 | 2 | 18 | 14,30 |
| 21 | 2 | 25 | 3,30 |
| 22 | 8 | 24 | 7,20 |
| 23 | 10 | 13 | 11,80 |
| 24 | 10 | 14 | 4,20 |
| 25 | 10 | 31 | 3,00 |
| 26 | 11 | 1 | 10,80 |
| 27 | 11 | 19 | 4,40 |
| 28 | 11 | 22 | 20,20 |
| 29 | 11 | 28 | 2,30 |
| 30 | 11 | 29 | 5,80 |
| 31 | 12 | 6 | 3,00 |
| 32 | 12 | 7 | 11,40 |
| 33 | 12 | 9 | 24,10 |
| 34 | 12 | 10 | 3,30 |
| 35 | 12 | 12 | 14,60 |
| 36 | 12 | 15 | 8,60 |

| Datos recolectados el año 2014 | | | |
|--------------------------------|-------|-----|---------------------|
| N° de días | Fecha | | Altura de agua (mm) |
| | Mes | Día | |
| 1 | 1 | 1 | 9,2 |
| 2 | 1 | 2 | 3,8 |
| 3 | 1 | 8 | 13,2 |
| 4 | 1 | 17 | 4 |
| 5 | 1 | 24 | 67,3 |
| 6 | 1 | 26 | 2,7 |
| 7 | 1 | 29 | 9 |
| 8 | 1 | 30 | 18,5 |
| 9 | 1 | 31 | 4,5 |
| 10 | 2 | 1 | 9,9 |
| 11 | 2 | 2 | 11,1 |
| 12 | 2 | 3 | 15,1 |
| 13 | 2 | 6 | 9,7 |
| 14 | 2 | 10 | 10,2 |
| 15 | 2 | 12 | 15 |
| 16 | 2 | 13 | 2,3 |
| 17 | 2 | 25 | 2,3 |
| 18 | 3 | 2 | 10,1 |
| 19 | 3 | 7 | 10,1 |
| 20 | 3 | 18 | 14,8 |
| 21 | 3 | 25 | 21,5 |
| 22 | 4 | 4 | 7,4 |
| 23 | 6 | 27 | 2,1 |
| 24 | 9 | 6 | 5 |
| 25 | 9 | 12 | 3 |
| 26 | 10 | 3 | 8,5 |
| 27 | 10 | 17 | 18,5 |
| 28 | 10 | 19 | 13,5 |
| 29 | 10 | 21 | 4,7 |
| 30 | 10 | 23 | 8,4 |
| 31 | 10 | 24 | 3,2 |
| 32 | 10 | 31 | 28,7 |
| 33 | 11 | 11 | 24,3 |
| 34 | 11 | 12 | 6,1 |
| 35 | 11 | 26 | 4 |
| 36 | 12 | 10 | 11,8 |
| 37 | 12 | 17 | 3,2 |
| 38 | 12 | 27 | 24,2 |
| 39 | 12 | 28 | 8,3 |

| Datos recolectados el año 2015 | | | |
|--------------------------------|-------|-----|---------------------|
| N° de días | Fecha | | Altura de agua (mm) |
| | Mes | Día | |
| 1 | 1 | 1 | 14,80 |
| 2 | 1 | 6 | 31,80 |
| 3 | 1 | 7 | 14,10 |
| 4 | 1 | 10 | 5,70 |
| 5 | 1 | 11 | 17,90 |
| 6 | 1 | 13 | 39,90 |
| 7 | 1 | 14 | 18,20 |
| 8 | 1 | 15 | 5,30 |
| 9 | 1 | 18 | 18,80 |
| 10 | 1 | 19 | 5,20 |
| 11 | 1 | 20 | 7,20 |
| 12 | 1 | 28 | 25,70 |
| 13 | 1 | 29 | 25,60 |
| 14 | 2 | 5 | 49,60 |
| 15 | 2 | 8 | 58,80 |
| 16 | 2 | 10 | 15,10 |
| 17 | 2 | 12 | 40,00 |
| 18 | 2 | 15 | 25,50 |
| 19 | 2 | 27 | 15,30 |
| 20 | 3 | 3 | 27,80 |
| 21 | 3 | 7 | 12,20 |
| 22 | 3 | 8 | 4,50 |
| 23 | 3 | 10 | 2,50 |
| 24 | 3 | 20 | 29,80 |
| 25 | 4 | 11 | 10,60 |
| 26 | 4 | 17 | 6,70 |
| 27 | 10 | 2 | 15,80 |
| 28 | 10 | 22 | 8,20 |
| 29 | 10 | 24 | 4,30 |
| 30 | 10 | 26 | 9,40 |
| 31 | 10 | 30 | 3,00 |
| 32 | 11 | 10 | 19,20 |
| 33 | 11 | 14 | 15,40 |
| 34 | 11 | 25 | 9,60 |
| 35 | 12 | 4 | 22,00 |
| 36 | 12 | 5 | 11,30 |
| 37 | 12 | 9 | 2,40 |
| 38 | 12 | 18 | 50,60 |
| 39 | 12 | 24 | 9,60 |
| 40 | 12 | 28 | 10,70 |
| 41 | 12 | 31 | 4,70 |

| Datos recolectados el año 2016 | | | |
|--------------------------------|-------|-----|---------------------|
| N° de días | Fecha | | Altura de agua (mm) |
| | Mes | Día | |
| 1 | 1 | 2 | 5,30 |
| 2 | 1 | 5 | 29,70 |
| 3 | 1 | 12 | 9,40 |
| 4 | 1 | 13 | 11,60 |
| 5 | 1 | 17 | 26,80 |
| 6 | 1 | 18 | 3,30 |
| 7 | 1 | 26 | 3,20 |
| 8 | 1 | 29 | 15,20 |
| 9 | 1 | 30 | 24,70 |
| 10 | 2 | 8 | 15,20 |
| 11 | 2 | 9 | 4,60 |
| 12 | 2 | 13 | 35,60 |
| 13 | 2 | 19 | 2,90 |
| 14 | 2 | 22 | 11,80 |
| 15 | 2 | 23 | 5,60 |
| 16 | 2 | 27 | 6,00 |
| 17 | 3 | 1 | 6,80 |
| 18 | 8 | 6 | 7,00 |
| 19 | 8 | 7 | 2,80 |
| 20 | 9 | 23 | 2,30 |
| 21 | 10 | 2 | 13,40 |
| 22 | 11 | 7 | 12,20 |
| 23 | 11 | 10 | 12,20 |
| 24 | 11 | 11 | 10,80 |
| 25 | 11 | 14 | 3,00 |
| 26 | 11 | 21 | 4,90 |
| 27 | 11 | 27 | 3,80 |
| 28 | 11 | 28 | 11,00 |
| 29 | 12 | 8 | 6,60 |
| 30 | 12 | 13 | 8,30 |
| 31 | 12 | 19 | 15,10 |
| 32 | 12 | 26 | 14,00 |
| 33 | 12 | 27 | 15,50 |
| 34 | 12 | 30 | 2,30 |

| Datos recolectados el año 2017 | | | |
|--------------------------------|-------|-----|---------------------|
| N° de días | Fecha | | Altura de agua (mm) |
| | Mes | Día | |
| 1 | 1 | 4 | 4 |
| 2 | 1 | 5 | 10,8 |
| 3 | 1 | 7 | 4,9 |
| 4 | 1 | 10 | 16,9 |
| 5 | 1 | 15 | 25,2 |
| 6 | 1 | 23 | 18,7 |
| 7 | 1 | 31 | 15,7 |
| 8 | 2 | 2 | 5,3 |
| 9 | 2 | 3 | 15,2 |
| 10 | 2 | 6 | 26,7 |
| 11 | 2 | 11 | 23,6 |
| 12 | 2 | 12 | 2,6 |
| 13 | 2 | 19 | 7,8 |
| 14 | 2 | 24 | 2,1 |
| 15 | 3 | 1 | 3,1 |
| 16 | 3 | 3 | 10,2 |
| 17 | 3 | 10 | 13,7 |
| 18 | 3 | 13 | 3,4 |
| 19 | 3 | 16 | 57,3 |
| 20 | 3 | 22 | 9,4 |
| 21 | 3 | 23 | 14,8 |
| 22 | 3 | 24 | 17,8 |
| 23 | 4 | 1 | 13,3 |
| 24 | 4 | 17 | 2,4 |
| 25 | 9 | 5 | 9,3 |
| 26 | 9 | 28 | 11,7 |
| 27 | 10 | 7 | 4,2 |
| 28 | 11 | 15 | 2,2 |
| 29 | 11 | 26 | 2,6 |
| 30 | 11 | 30 | 8,2 |
| 31 | 12 | 1 | 3,2 |
| 32 | 12 | 4 | 11,5 |
| 33 | 12 | 18 | 13,4 |
| 34 | 12 | 22 | 47,2 |
| 35 | 12 | 24 | 25,7 |
| 36 | 12 | 28 | 2,9 |

| Datos recolectados el año 2018 | | | |
|--------------------------------|-------|-----|---------------------|
| N° de días | Fecha | | Altura de agua (mm) |
| | Mes | Día | |
| 1 | 1 | 1 | 2,80 |
| 2 | 1 | 7 | 9,20 |
| 3 | 1 | 8 | 4,20 |
| 4 | 1 | 12 | 5,20 |
| 5 | 1 | 13 | 4,40 |
| 6 | 1 | 14 | 42,90 |
| 7 | 1 | 19 | 4,10 |
| 8 | 1 | 21 | 33,00 |
| 9 | 1 | 25 | 15,30 |
| 10 | 1 | 26 | 18,20 |
| 11 | 1 | 27 | 16,80 |
| 12 | 1 | 28 | 3,50 |
| 13 | 1 | 29 | 21,90 |
| 14 | 1 | 31 | 9,80 |
| 15 | 2 | 1 | 6,30 |
| 16 | 2 | 4 | 2,70 |
| 17 | 2 | 7 | 3,00 |
| 18 | 2 | 8 | 3,80 |
| 19 | 2 | 11 | 9,30 |
| 20 | 2 | 12 | 7,20 |
| 21 | 2 | 13 | 3,10 |
| 22 | 2 | 17 | 17,80 |
| 23 | 2 | 25 | 10,40 |
| 24 | 3 | 3 | 5,60 |
| 25 | 3 | 6 | 10,30 |
| 26 | 3 | 16 | 4,50 |
| 27 | 3 | 25 | 13,20 |
| 28 | 4 | 13 | 6,50 |
| 29 | 5 | 6 | 5,80 |
| 30 | 9 | 25 | 19,20 |
| 31 | 9 | 29 | 2,80 |
| 32 | 10 | 10 | 9,40 |
| 33 | 10 | 19 | 13,80 |
| 34 | 10 | 20 | 7,30 |
| 35 | 10 | 23 | 32,60 |
| 36 | 10 | 24 | 3,00 |
| 37 | 10 | 26 | 2,50 |
| 38 | 11 | 5 | 2,50 |
| 39 | 11 | 6 | 56,20 |
| 40 | 11 | 7 | 22,20 |
| 41 | 11 | 19 | 9,20 |
| 42 | 11 | 28 | 4,80 |
| 43 | 12 | 1 | 12,20 |
| 44 | 12 | 2 | 5,80 |
| 45 | 12 | 7 | 2,20 |
| 46 | 12 | 15 | 5,80 |
| 47 | 12 | 17 | 47,90 |
| 48 | 12 | 18 | 3,60 |
| 49 | 12 | 19 | 18,60 |
| 50 | 12 | 22 | 9,20 |
| 51 | 12 | 24 | 6,20 |
| 52 | 12 | 29 | 13,70 |
| 53 | 12 | 31 | 8,40 |

| Datos recolectados el año 2019 | | | |
|--------------------------------|-------|-----|---------------------|
| N° de días | Fecha | | Altura de agua (mm) |
| | Mes | Día | |
| 1 | 1 | 3 | 12,00 |
| 2 | 1 | 4 | 8,00 |
| 3 | 1 | 5 | 10,90 |
| 4 | 1 | 7 | 7,60 |
| 5 | 1 | 11 | 5,40 |
| 6 | 1 | 15 | 40,10 |
| 7 | 1 | 18 | 21,80 |
| 8 | 1 | 27 | 4,40 |
| 9 | 1 | 28 | 2,10 |
| 10 | 1 | 29 | 2,30 |
| 11 | 1 | 31 | 10,20 |
| 12 | 2 | 2 | 47,30 |
| 13 | 2 | 3 | 7,20 |
| 14 | 2 | 11 | 13,30 |
| 15 | 2 | 12 | 26,20 |
| 16 | 2 | 13 | 4,90 |
| 17 | 2 | 26 | 9,50 |
| 18 | 2 | 27 | 5,20 |
| 19 | 3 | 6 | 8,40 |
| 20 | 3 | 9 | 29,70 |
| 21 | 3 | 14 | 2,10 |
| 22 | 3 | 17 | 2,60 |
| 23 | 3 | 20 | 3,10 |
| 24 | 3 | 21 | 3,80 |
| 25 | 3 | 26 | 5,50 |
| 26 | 4 | 1 | 55,00 |
| 27 | 4 | 5 | 5,40 |
| 28 | 4 | 6 | 3,90 |
| 29 | 7 | 24 | 5,40 |
| 30 | 7 | 25 | 11,10 |
| 31 | 10 | 2 | 7,50 |
| 32 | 10 | 5 | 12,40 |
| 33 | 10 | 31 | 29,90 |
| 34 | 11 | 5 | 2,90 |
| 35 | 11 | 10 | 12,30 |
| 36 | 11 | 13 | 14,60 |
| 37 | 11 | 23 | 11,60 |
| 38 | 11 | 27 | 15,20 |
| 39 | 12 | 1 | 4,00 |
| 40 | 12 | 9 | 4,70 |
| 41 | 12 | 13 | 12,80 |
| 42 | 12 | 21 | 3,40 |
| 43 | 12 | 30 | 32,20 |

| Datos recolectados el año 2020 | | | |
|--------------------------------|-------|-----|---------------------|
| N° de días | Fecha | | Altura de agua (mm) |
| | Mes | Día | |
| 1 | 1 | 3 | 7,2 |
| 2 | 1 | 6 | 87,2 |
| 3 | 1 | 13 | 3,3 |
| 4 | 1 | 15 | 2,6 |
| 5 | 1 | 16 | 4 |
| 6 | 1 | 17 | 36 |
| 7 | 1 | 22 | 9,8 |
| 8 | 1 | 28 | 16,6 |
| 9 | 1 | 29 | 2,3 |
| 10 | 1 | 30 | 3,8 |
| 11 | 2 | 3 | 12,2 |
| 12 | 2 | 8 | 9 |
| 13 | 2 | 19 | 15 |
| 14 | 2 | 24 | 2,1 |
| 15 | 2 | 26 | 8,4 |
| 16 | 2 | 29 | 8 |
| 17 | 3 | 16 | 26,7 |
| 18 | 3 | 19 | 7,4 |
| 19 | 3 | 20 | 2,1 |
| 20 | 9 | 14 | 14,2 |
| 21 | 10 | 15 | 9,8 |
| 22 | 10 | 17 | 2,9 |
| 23 | 10 | 23 | 5 |
| 24 | 10 | 24 | 32,3 |
| 25 | 10 | 25 | 9,2 |
| 26 | 10 | 29 | 4,1 |
| 27 | 11 | 8 | 14,2 |
| 28 | 11 | 9 | 5,7 |
| 29 | 11 | 12 | 10,3 |
| 30 | 11 | 18 | 3,3 |
| 31 | 11 | 27 | 8,9 |
| 32 | 11 | 30 | 5 |
| 33 | 12 | 1 | 22,3 |
| 34 | 12 | 3 | 5,6 |
| 35 | 12 | 5 | 8,2 |
| 36 | 12 | 9 | 13,2 |
| 37 | 12 | 17 | 4,8 |
| 38 | 12 | 24 | 3,2 |
| 39 | 12 | 25 | 5,4 |
| 40 | 12 | 26 | 13,2 |
| 41 | 12 | 30 | 23,7 |
| 42 | 12 | 31 | 7,9 |

| Datos recolectados el año 2021 | | | |
|--------------------------------|-------|-----|---------------------|
| N° de días | Fecha | | Altura de agua (mm) |
| | Mes | Día | |
| 1 | 1 | 4 | 25,40 |
| 2 | 1 | 6 | 8,40 |
| 3 | 1 | 7 | 12,20 |
| 4 | 1 | 9 | 6,80 |
| 5 | 1 | 25 | 16,10 |
| 6 | 1 | 26 | 3,90 |
| 7 | 1 | 27 | 4,30 |
| 8 | 2 | 3 | 14,20 |
| 9 | 2 | 9 | 6,40 |
| 10 | 2 | 10 | 3,60 |
| 11 | 2 | 11 | 7,40 |
| 12 | 2 | 12 | 10,90 |
| 13 | 2 | 15 | 20,60 |
| 14 | 2 | 20 | 10,20 |
| 15 | 2 | 27 | 2,30 |
| 16 | 3 | 4 | 13,20 |
| 17 | 3 | 5 | 15,80 |
| 18 | 3 | 16 | 2,80 |
| 19 | 3 | 17 | 2,20 |
| 20 | 3 | 18 | 2,10 |
| 21 | 3 | 21 | 13,90 |
| 22 | 3 | 27 | 5,80 |
| 23 | 4 | 6 | 11,20 |
| 24 | 4 | 25 | 3,20 |
| 25 | 9 | 21 | 6,20 |
| 26 | 9 | 22 | 4,10 |
| 27 | 11 | 1 | 14,80 |
| 28 | 11 | 2 | 7,40 |
| 29 | 11 | 5 | 4,90 |
| 30 | 11 | 11 | 5,30 |
| 31 | 11 | 24 | 68,40 |
| 32 | 11 | 26 | 6,60 |
| 33 | 12 | 11 | 10,10 |
| 34 | 12 | 21 | 6,10 |
| 35 | 12 | 23 | 13,70 |
| 36 | 12 | 24 | 3,10 |
| 37 | 12 | 25 | 5,40 |

| Datos recolectados el año 2022 | | | |
|--------------------------------|-------|-----|---------------------|
| N° de días | Fecha | | Altura de agua (mm) |
| | Mes | Día | |
| 1 | 1 | 5 | 42,90 |
| 2 | 1 | 6 | 4,30 |
| 3 | 1 | 11 | 6,00 |
| 4 | 1 | 18 | 22,70 |
| 5 | 1 | 19 | 9,20 |
| 6 | 1 | 24 | 11,20 |
| 7 | 1 | 25 | 3,00 |
| 8 | 1 | 27 | 38,40 |
| 9 | 1 | 28 | 9,20 |
| 10 | 1 | 31 | 39,20 |
| 11 | 2 | 1 | 2,20 |
| 12 | 2 | 5 | 20,70 |
| 13 | 2 | 10 | 13,00 |
| 14 | 2 | 11 | 12,00 |
| 15 | 2 | 12 | 10,80 |
| 16 | 2 | 22 | 13,00 |
| 17 | 3 | 1 | 16,90 |
| 18 | 3 | 8 | 6,50 |
| 19 | 3 | 11 | 4,00 |
| 20 | 3 | 12 | 4,50 |
| 21 | 3 | 25 | 2,20 |
| 22 | 4 | 8 | 22,20 |
| 23 | 12 | 1 | 16,10 |
| 24 | 12 | 2 | 5,70 |
| 25 | 12 | 9 | 75,80 |
| 26 | 12 | 10 | 16,60 |
| 27 | 12 | 12 | 4,80 |
| 28 | 12 | 21 | 12,80 |
| 29 | 12 | 22 | 18,40 |
| 30 | 12 | 24 | 14,30 |

Cálculo del coeficiente de drenaje de la capa base (m2) y capa subbase (m3)

Utilizando el valor del tiempo en que tarda en ser evacuada el agua de la capa base y capa subbase el cual tendrá una duración de 1 día y siguiendo recomendaciones de la guía AASHTO, podemos determinar la calidad de drenaje, interpretando la siguiente tabla:

Tabla 1. Calidad de drenaje

| Calidad del drenaje | |
|----------------------------|--|
| Calidad de drenaje | Tiempo en que tarda el agua en ser evacuada |
| Excelente | 2 horas |
| Bueno | 1 día |
| Mediano | 1 semana |
| Malo | 1 mes |
| Muy malo | El agua no evacúa |

Fuente: Guía AASHTO para el diseño de estructuras de pavimento (1993).

Debido a que el tiempo en que tarda el agua en ser evacuada tiene una duración de un día interpretando en la tabla anterior determinamos que:

Calidad de drenaje = Bueno

Con la calidad de drenaje obtenida la cual es “Buena” y con el porcentaje de tiempo en el que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación el cual tiene un valor de 10,96% obtenida utilizando los valores de precipitación diarias por año, datos obtenidos de los registros del servicio nacional de meteorología e hidrología (SENAMHI), determinaremos los coeficientes de drenaje de la capa base (m2) y de la capa subbase (m3) interpretando la siguiente tabla:

Tabla 2. Coeficiente de drenaje

| Calidad del drenaje | % del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación. | | | |
|---------------------|---|-------------|-------------|-------------|
| | Menor a 1% | 1% - 5% | 5% - 25% | Mayor a 25% |
| Excelente | 1,40 - 1,35 | 1,35 - 1,30 | 1,30 - 1,20 | 1,20 |
| Bueno | 1,35 - 1,25 | 1,25 - 1,15 | 1,15 - 1,00 | 1,00 |
| Regular | 1,25 - 1,15 | 1,15 - 1,05 | 1,05 - 0,80 | 0,80 |
| Pobre | 1,15 - 1,05 | 1,05 - 0,8 | 0,80 - 0,60 | 0,60 |
| Muy pobre | 1,05 - 0,95 | 0,95 - 0,75 | 0,75 - 0,40 | 0,40 |

Fuente: Guía AASHTO para el diseño de estructuras de pavimento (1993).

Realizamos una interpolación:

$$m = m_0 + \frac{m_1 - m_0}{x_1 - x_0} * (x - x_0)$$

| % de tiempo de exposición a humedad | | Coeficiente de drenaje | |
|-------------------------------------|--------|------------------------|------|
| x₀ = | 5,00% | m₀ = | 1,15 |
| x = | 10,96% | m = | ??? |
| x₁ = | 25,00% | m₁ = | 1,00 |
| m = | | 1,11 | |

Debido a que la capa base y subbase presentan las mismas características de calidad de drenaje y se encuentran expuestas a la misma exposición a humedad estos tendrán el coeficiente de drenaje de la capa base (m₂) y el coeficiente de drenaje de la capa subbase (m₃) serán iguales los cuales tendrán un valor de:

$$m_2 = m_3 = 1,11$$