DISEÑO DE PAVIMENTO
DP 23006

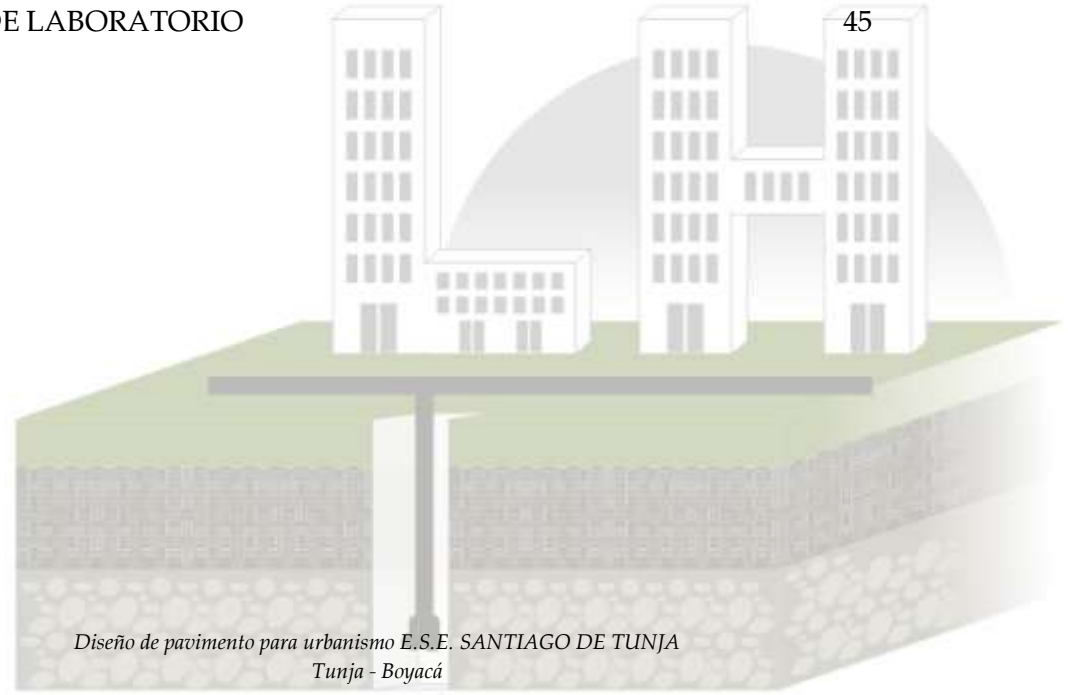
DISEÑO DE PAVIMENTO PARA URBANISMO EN LA EMPRESA SOCIAL DEL ESTADO (E.S.E.) SANTIAGO DE TUNJA
Tunja - Departamento de Boyacá



LÓPEZ HERMANOS GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS S.A.S
Avenida Norte No. 48-57 Tel: 740 3972-3108717384
E-MAIL: lopezhnos@lhltda.com
Tunja - Boyacá
2.023©

CONTENIDO

1 GENERALIDADES 4
1.1 LOCALIZACIÓN 5
1.2 GEOLOGÍA GENERAL DEL SECTOR 8
1.3 CLIMA 10
1.4 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO 11
2 ENSAYOS DE LABORATORIO 12
3 ANÁLISIS DE RESULTADOS 13
3.1 PERFIL ESTRATIGRÁFICO PROMEDIO 13
3.2 NIVEL DE REFERENCIA 13
3.3 NIVEL FREÁTICO 13
3.4 CAPACIDAD DE SOPORTE 14
3.5 ASENTAMIENTOS Y EXPANSIONES DE LA SUBRASANTE. 17
4 DISEÑO DE PAVIMENTO 19
4.1 PAVIMENTO FLEXIBLE 19
4.2 ESPECIFICACIONES DE CALIDAD DE LOS MATERIALES UTILIZADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PAVIMENTO. 23
5 RECOMENDACIONES GENERALES 28
6 ANEXOS 33
6.1 PERFILES ESTRATIGRÁFICOS Y DE RESISTENCIA 34
6.2 RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO 35
6.3 REGISTRO FOTOGRÁFICO 36
6.4 DOCUMENTOS ESPECIALISTA 39
6.5 MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD 43
6.6 ENSAYOS DE LABORATORIO 45



Diseño de pavimento para urbanismo E.S.E. SANTIAGO DE TUNJA
Tunja - Boyacá

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización de la zona de estudio y de los apiques de exploración realizados. Fuente: Google Earth. _____ *6*
Ilustración 2. Ubicación de los apiques en el plano. Fuente: Información preliminar suministrada por el cliente. _____ *7*
Ilustración 3. Geología del área de estudio. Fuente: Servicio Geológico Colombiano. Tomado de plancha 191 – Tunja. Escala 1:100.000 _____ *8*
Ilustración 4. Geomorfología de la ciudad de Tunja, localizando el lugar de estudio. 10
Ilustración 5. Climograma municipio de Tunja. Fuente: es.climate-data.org _____ *11*
Ilustración 6. Esquema drenaje _____ *29*

LISTA DE TABLAS

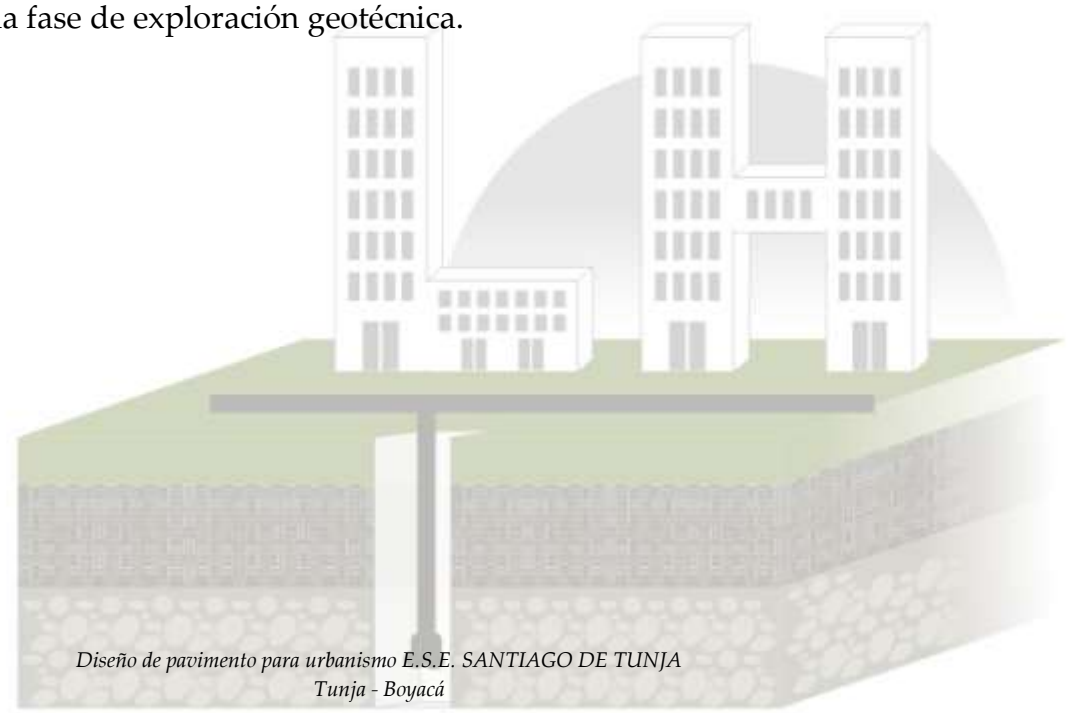
Tabla 1. Ubicación con coordenadas geográficas y planas de los apiques realizados. _ *5*
Tabla 2. Cantidad de exploración y ensayos ejecutados. _____ *12*
Tabla 3. CBR inalterado _____ *14*
Tabla 4. CBR medido con penetrómetro dinámico de cono. _____ *14*
Tabla 5. CBR medido con penetrómetro dinámico de cono. _____ *15*
Tabla 6. Correlación entre el índice de grupo y el CBR. _____ *15*
Tabla 7. Variación de la clasificación de la subrasante con el IG. _____ *16*
Tabla 8. CBR para diseño. _____ *16*
Tabla 9. CBR y módulo de reacción de diseño _____ *17*
Tabla 10. Clasificación del Tipo de Uso del Terreno Según La Capacidad de Soporte o CBR. 17
Tabla 11. Porcentaje de expansión CBR inalterado. _____ *18*
Tabla 12. Coeficientes estructurales recomendados AASTHO-93. _____ *20*
Tabla 13. SN requerido para diferentes volúmenes de tránsito. _____ *21*
Tabla 14. Modelo estructural diseño estructura. _____ *21*
Tabla 15. Espesores de diseño pavimento flexible. _____ *21*
Tabla 16. Propiedades geomecánicas del geotextil (Tabla 231-1 INV 231-13). ____ *23*
Tabla 17. Propiedades hidráulicas del geotextil (Tabla 231-2 INV 231-13). _____ *23*
Tabla 18. Gradación para Sub-Base Granular (SBG-50) _____ *24*
Tabla 19. Gradación para Base Granular tipo INV BG-38 _____ *25*
Tabla 20. Gradación para mezcla densa en caliente tipo MDC-19. _____ *26*
Tabla 21. Valores de diseño para mezcla MDC-2 para tránsito entre 500 mil y 5 millones de ejes de 8.2 ton. _____ *27*
Tabla 22. Temperaturas de compactación y mezclado promedio de cementos asfálticos. 27

1 GENERALIDADES

CONSORCIO TORRE HOSPITALARIA está planeando la pavimentación de una vía para urbanismo en el proyecto de construcción de torre hospitalaria y de apoyo en la E.S.E. SANTIAGO DE TUNJA localizado en la ciudad de Tunja, departamento de Boyacá.

Para esto contrató a LOPEZ HERMANOS GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRANEAS S.A.S. para realizar el presente estudio para determinar las características del subsuelo y el diseño de la estructura de pavimento adecuada de acuerdo con las condiciones naturales del terreno y los requerimientos propios del proyecto.

Para conocer: perfil estratigráfico del suelo, las propiedades índice y mecánicas, el valor relativo de soporte de suelo de fundación, las condiciones de humedad, presencia de nivel freático, para definir posteriormente el diseño del pavimento, CONSORCIO TORRE HOSPITALARIA solicitó la realización del trabajo de exploración y caracterización del suelo de la subrasante. Dicho propósito incluye el diseño de la estructura de pavimento adecuada acorde con las características del subsuelo encontradas en la fase de exploración geotécnica.



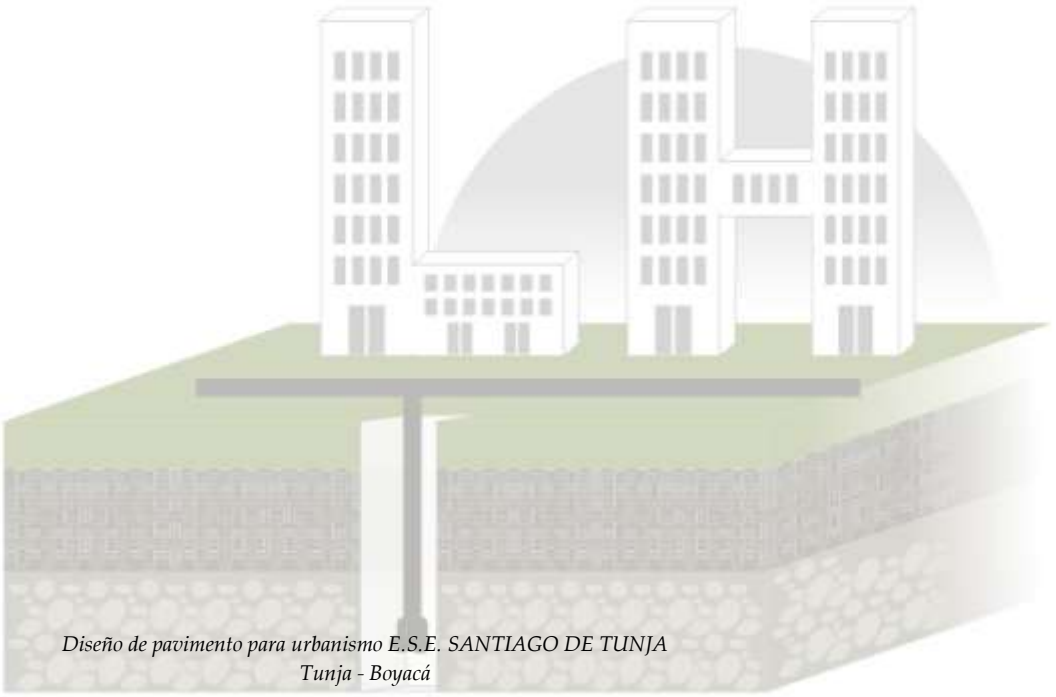
Diseño de pavimento para urbanismo E.S.E. SANTIAGO DE TUNJA
Tunja - Boyacá

1.1 *LOCALIZACIÓN*

El proyecto se localiza en la ciudad de Tunja (Boyacá). Se realizaron actividades de exploración geotécnica en 3 puntos localizados a lo largo de la vía proyectada. A continuación, se muestran las coordenadas referidas al MAGNA SIRGAS BOGOTA COLOMBIA de cada uno de los apiques ejecutados:

Nº de apique	*Coordenadas Geográficas*		*Coordenadas planas*		*Profundidad (m)*
	N	*W*	*Norte (m)*	*Este (m)*	
AP-1	*5°31'9.53"N*	*73°21'28.01"O*	*1102112,491*	*1079752,797*	*1.50*
AP-2	*5°31'8.70"N*	*73°21'28.20"O*	*1102103,268*	*1079746,959*	*1.50*

Tabla 1. Ubicación con coordenadas geográficas y planas de los apiques realizados.



Diseño de pavimento para urbanismo E.S.E. SANTIAGO DE TUNJA
Tunja - Boyacá



Ilustración 1. Localización de la zona de estudio y de los apiques de exploración realizados. Fuente: Google Earth.

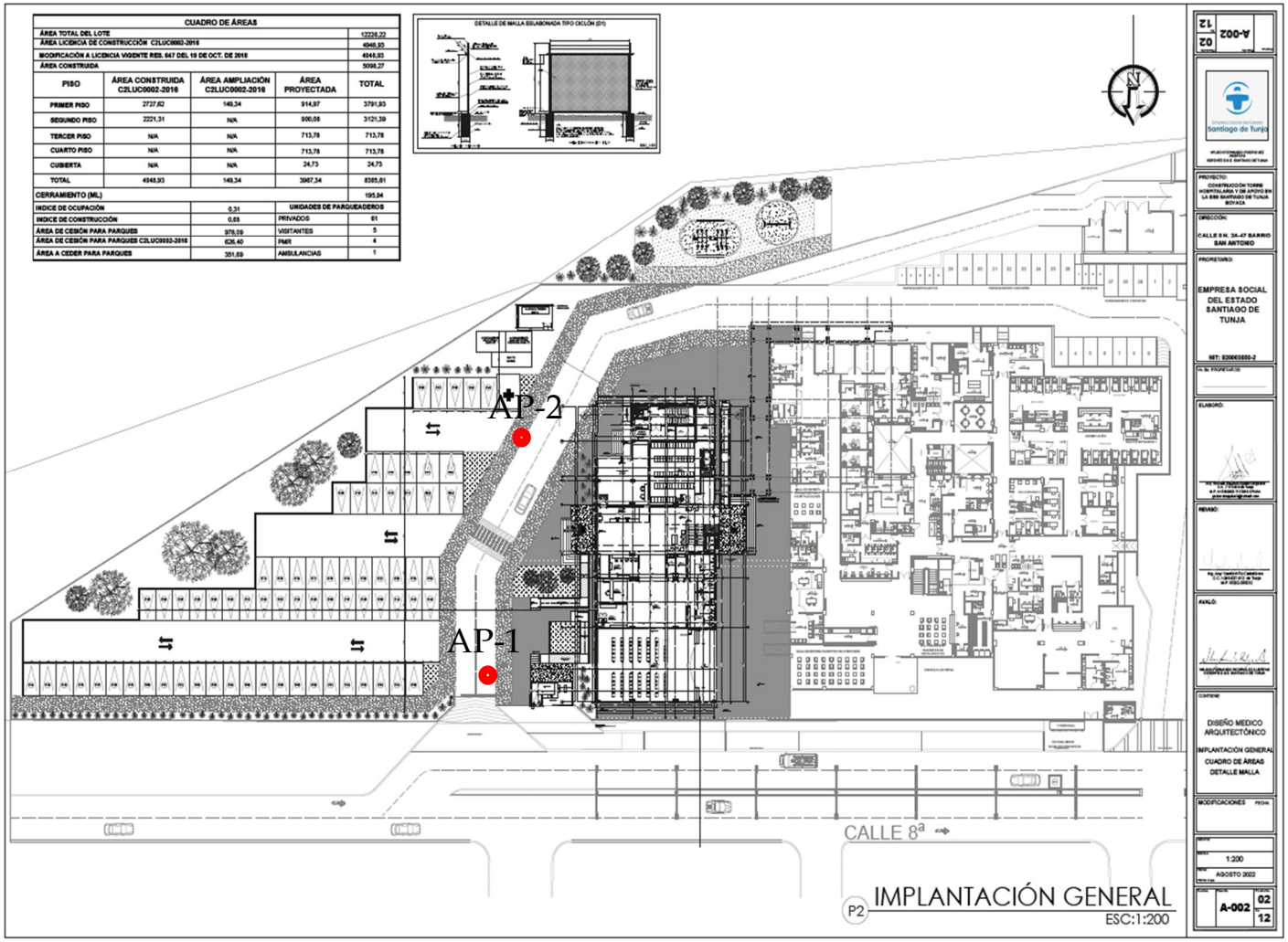


Ilustración 2. Ubicación de los apiques en el plano. Fuente: Información preliminar suministrada por el cliente.

1.2 *GEOLOGÍA GENERAL DEL SECTOR*

1.2.1 Tipo de suelos, rocas, formaciones:

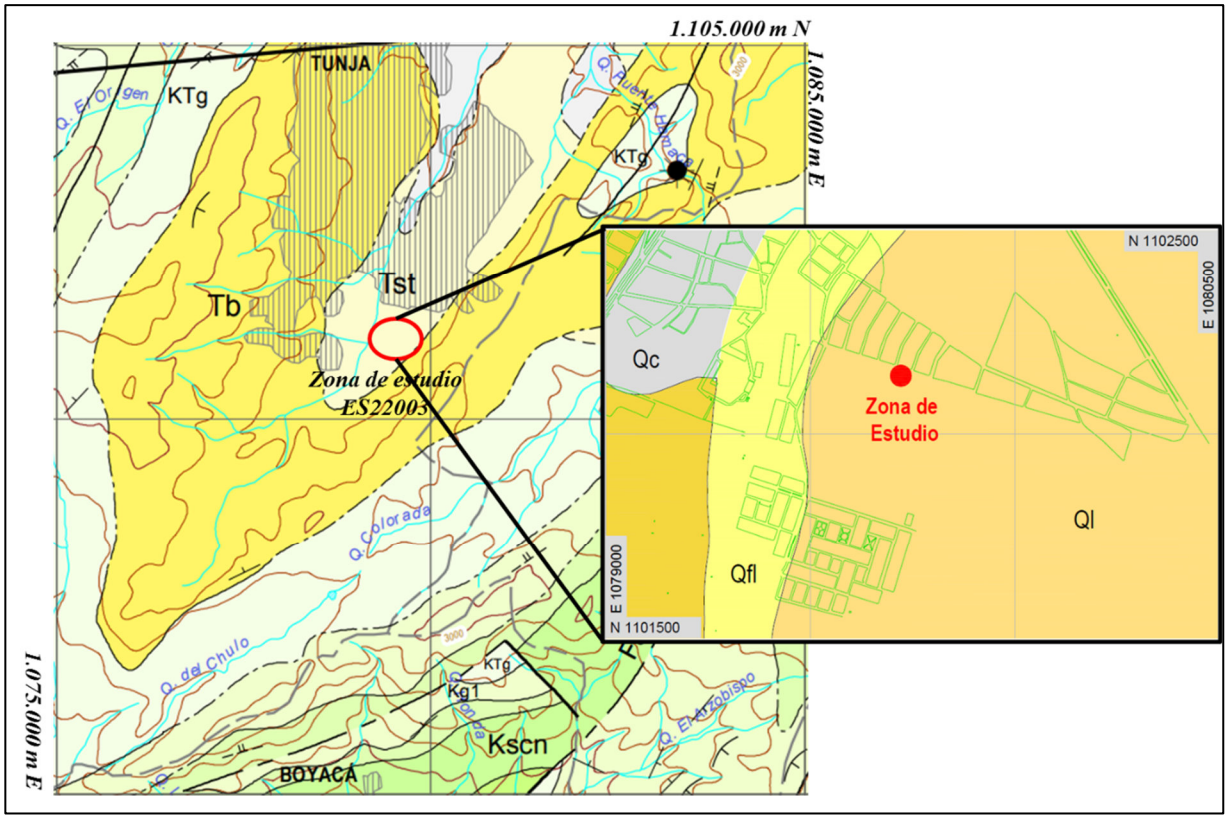


Ilustración 3. Geología del área de estudio. Fuente: Servicio Geológico Colombiano. Tomado de plancha 191 – Tunja. Escala 1:100.000

La zona de estudio se localiza sobre la formación Tilatá, está compuesta por una litología principalmente arcillo arenosa de color gris claro, rojizo a amarillento, dando de manera generalizada una morfología con pendientes leves, esto a su vez por su reciente formación y depositación, no han sufrido influencia tectónica que modifique considerablemente su estado de sedimentación.

Una de las estructuras que mayor influencia tiene en el área y en gran parte del municipio es el sinclinal de Tunja, los materiales poco consolidados como la formación Tilatá y los depósitos cuaternarios se encuentran en el núcleo del sinclinal, coincidiendo con que son las litologías más recientes y por lo tanto deben ubicarse en la zona central de la estructura.

El sinclinal de Tunja tiene una longitud aproximada de 12 Km y cuya dirección es suroeste-noreste, este pliegue deforma rocas de las formaciones más recientes de esta sección correspondiente a la formación Guaduas, formación Bogotá y formación Tilatá. Hacia el flanco occidental de este sinclinal se encuentra la sucesión dispuesta por el anticlinal de Motavita el cuál pliega rocas de la formación labor y Tierna y la formación guaduas, presenta dirección casi paralele al sinclinal de Tunja y se extiende por una longitud de 22 kilómetros aproximadamente. Hacia la parte oriental del municipio se observan varios contactos fallados de forma inversa, aunque de manera regional la falla que mayor cercanía presenta en la zona es la Falla de Chivatá, la cual es de tipo inverso y corta la formación Conejo (Cretácico) para ponerla en contacto con la formación Bogotá (Terciario).
El área de estudio presenta la modificación del terreno natural ya que en este se ubica el parqueadero de la entidad, adicionalmente presenta relleno de material granular.

Localmente se identifica como cuaternario Coluvial (Ql), originado por acumulación de depósitos de ladera provenientes de la formación Bogotá (Tb), caracterizado por suelos de horizontes arcillosos y limosos de color rojizo y gris claro, en los cuales se desarrolla de manera particular erosión laminar y en cárcavas, ocasionada por escurrimiento difuso sobre la ladera estructural del sinclinal de Tunja.

1.2.2 Geomorfología:

El área de estudio se ubica sobre la ladera estructural del sinclinal de Tunja hacia su parte oriental, presenta pendientes suaves con morfología alomada, característico de litología poco consolidada de la formación.



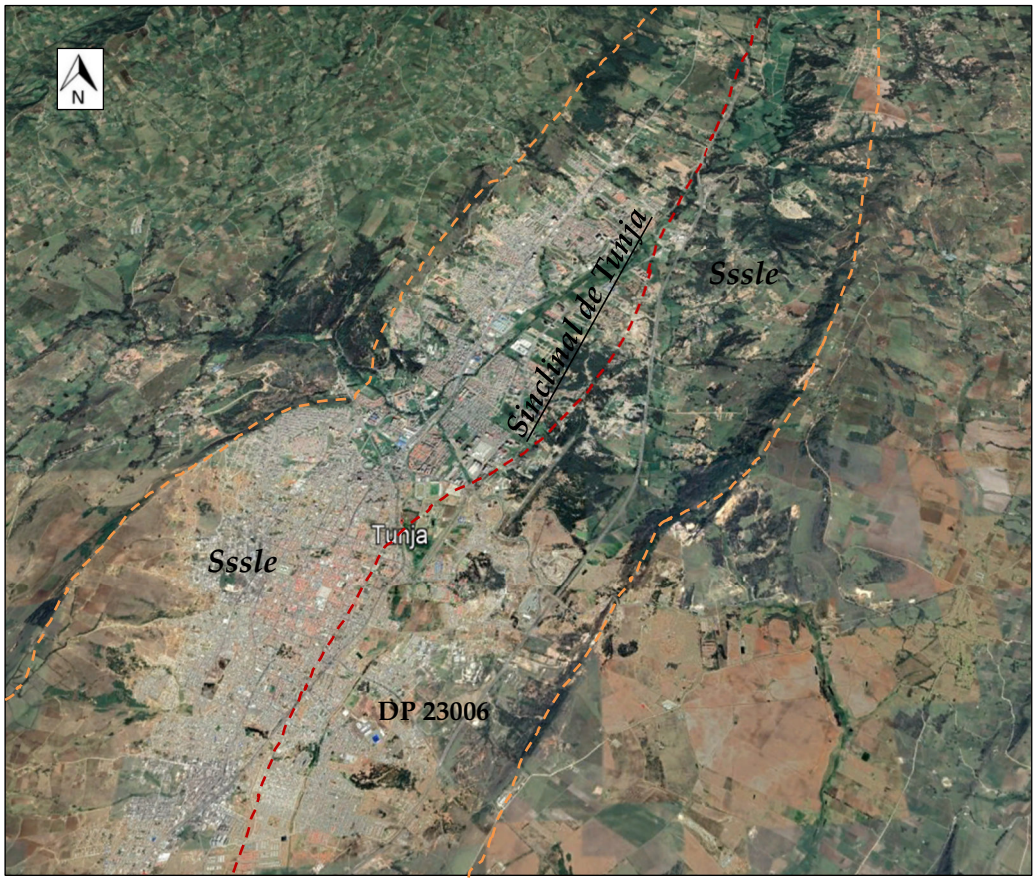


Ilustración 4. Geomorfología de la ciudad de Tunja, localizando el lugar de estudio.

1.3 *CLIMA*

Tunja es un municipio caracterizado por sus bajas temperaturas a lo largo del año, con un promedio de 12.8 °C. Las precipitaciones son de aproximadamente 2026 mm/año, siendo enero el mes con menos lluvia, y octubre el mes más lluvioso.

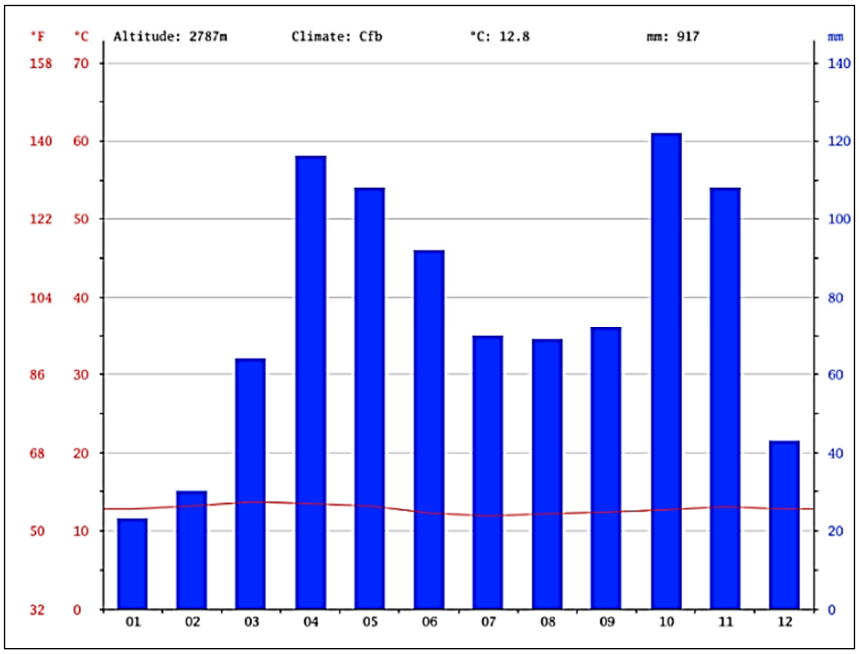


Ilustración 5. Climograma municipio de Tunja. Fuente: es.climate-data.org

1.4 *EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO*

Se realizaron dos (2) apiques para investigación del subsuelo; la exploración se hizo de acuerdo con los lineamientos de las normas INVIAS, registrando todos los hallazgos observados al momento de adelantar los correspondientes sondeos.

Las exploraciones se realizaron por el sistema de apique a cielo abierto con barrenado manual; el muestreo se realizó tomando el siguiente tipo de muestras:

- Muestras alteradas recuperadas del proceso de exploración.
- Muestras inalteradas en tubo de pared delgada.
- Muestras en molde para ensayos de CBR.

La información de campo se completó con mediciones de la resistencia a la penetración con cono dinámico penetrando entre 0.20 y 1.50 metros de profundidad la subrasante en los apiques.

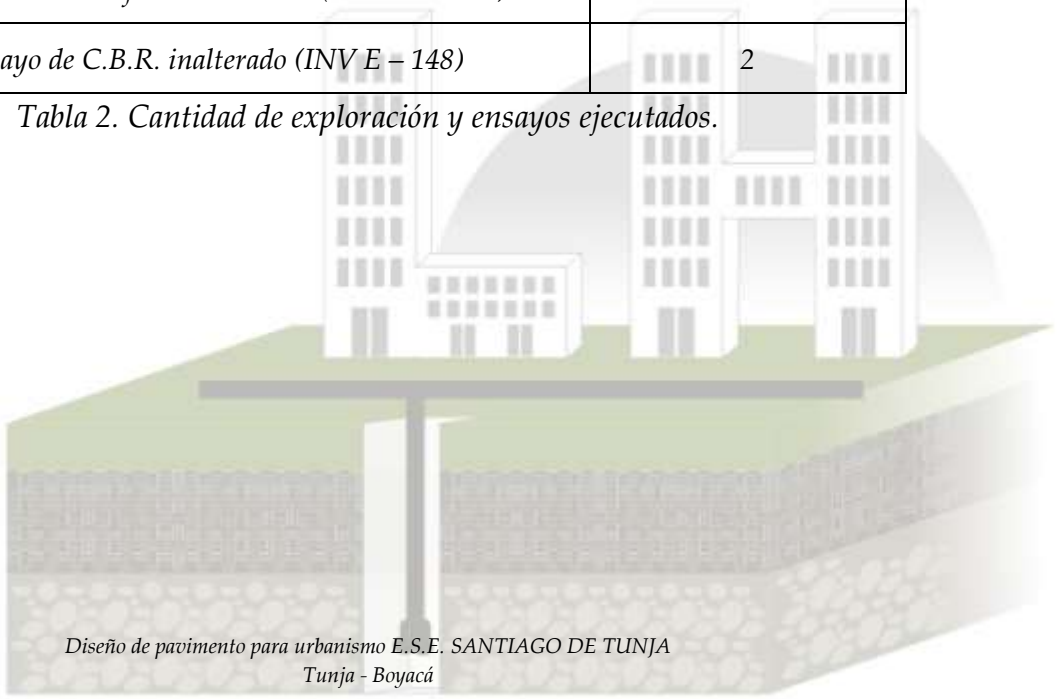
2 ENSAYOS DE LABORATORIO

Con los ensayos de laboratorio y campo se buscó determinar capacidad de soporte, resistencia al corte, propiedades índices y parámetros para caracterizar el tipo de material encontrado; a todas las muestras recuperadas se les realizaron ensayos de humedad natural, límites de Atterberg, lavado en tamiz 200, compresión inconfinada en suelos y ensayo de C.B.R. inalterado.

Los resultados de los citados ensayos de laboratorio se incluyen anexos al presente informe:

ENSAYOS	***CANTIDAD (m)***
Apiques realizados (metros perforados)	***3.00***
Muestras totales recuperadas	*6*
Humedad natural (INV E-122-13)	*6*
Límites de Atterberg (INV E-125-13 e INVE-126-13)	*4*
Lavado sobre tamiz No.200 (INV E-214-13)	*4*
Compresión inconfinada en suelos (INV E 152-13)	*2*
Ensayo de C.B.R. inalterado (INV E – 148)	*2*

Tabla 2. Cantidad de exploración y ensayos ejecutados.



3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 *Perfil estratigráfico promedio*

Con base en lo observado en la exploración de campo, y los resultados de los ensayos de laboratorio, se encontró el siguiente perfil estratigráfico:

- ✓ (0.00/0.10) **Superficie:** Conformada por material granular de relleno y arcilla.
- ✓ (0.10/0.7) **CL con arena:** Arcilla de baja plasticidad con arena color marrón rojizo con presencia de óxido, de plasticidad y potencial expansivo medio, La distribución granulométrica del material es aproximadamente 80% material fino, y 20% arena. Clasificación SUCS (CL con arena) AASTHO A-7-6.
- ✓ (0.70/1.50) **MH**: Limos de alta plasticidad de color marrón rojizo con gris, de consistencia dura, plasticidad variable de alta a muy alta y potencial expansivo de muy alto a medio. La distribución granulométrica del material corresponde a 90% material fino, 10% arena. Clasificación SUCS (MH) AASTHO A-7-5.

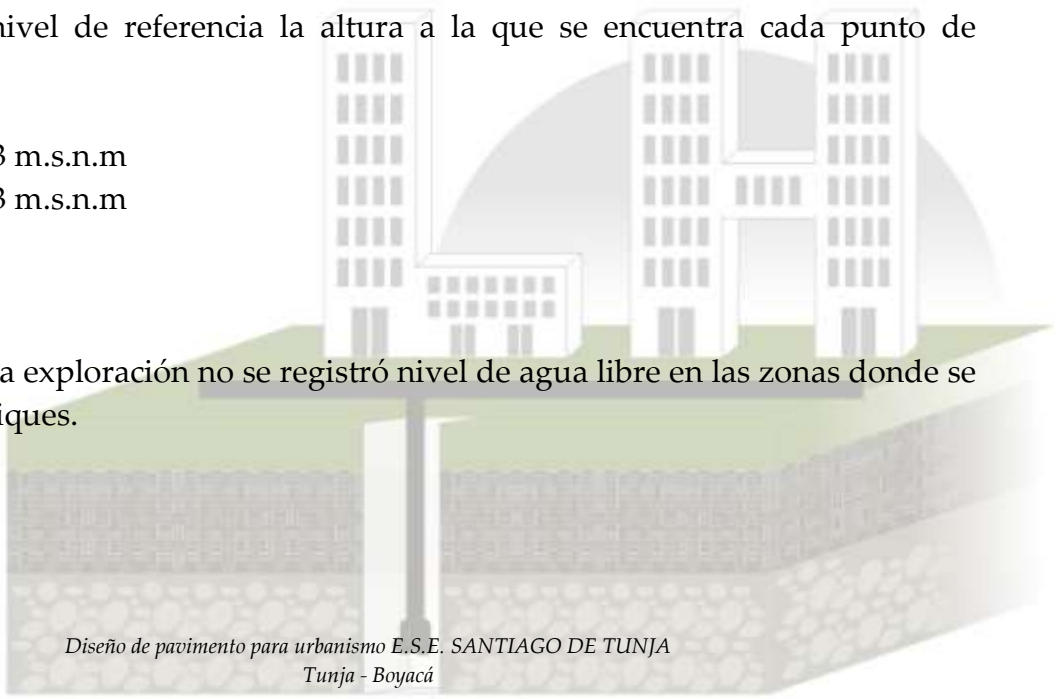
3.2 *Nivel de referencia*

Se toma como nivel de referencia la altura a la que se encuentra cada punto de exploración:

- AP-1: 2743 m.s.n.m
- AP-2: 2743 m.s.n.m

3.3 *Nivel freático*

Al momento de la exploración no se registró nivel de agua libre en las zonas donde se realizaron los apiques.



Diseño de pavimento para urbanismo E.S.E. SANTIAGO DE TUNJA
Tunja - Boyacá

3.4 *Capacidad de Soporte*

Los moldes recuperados se sometieron a ensayos de CBR en condición inalterada y sumergida durante cuatro días. Los resultados obtenidos son los siguientes para cada sector:

Apique	*Profundidad (m)*	*CBR INALTERADO*	*CBR SUMERGIDO*
AP-1	0.6 /0.8	4.4	3.5
AP-2	0.7/0.9	13.1	7.7

Tabla 3. CBR inalterado

En campo se realizaron pruebas de penetración dinámica de cono. Los resultados se correlacionaron con el índice de penetración para obtener el CBR a diferentes profundidades.

Apique	*Profundidad (m)*	*CBR MEDIDO CON PDC*
AP-1	0.80/1.51	4
AP-2	0.81/1.58	3

Tabla 4. CBR medido con penetrómetro dinámico de cono.



Tabla 172 - 2. Correlaciones entre el índice PDC (mm/golpe) y el CBR

AUTOR	CORRELACIÓN [A]	OBSERVACIONES
Kleyn y Van Heerden	$CBR = 428.5(PDC)^{-1.28}$	
TRL Overseas Road Note 8	$CBR = 302(PDC)^{-1.057}$	
Cuerpo de Ingenieros (USA)	$CBR = 292(PDC)^{-1.12}$	No aplica a suelos CL con CBR < 10, ni a suelos CH
	$CBR = 58.8(PDC)^{-2.0}$	Aplica a suelos CL con CBR < 10
	$CBR = 348.3(PDC)^{-1.0}$	Aplica a suelos CH
MOPT Colombia (1992)	$CBR = 567.0(PDC)^{-1.40}$	

[A] En las correlaciones, el término PDC significa "índice PDC"

Tabla 5. CBR medido con penetrómetro dinámico de cono.

El valor del CBR está correlacionado con las pruebas índices del suelo; a mayor contenido que pasa la malla 200 y mayor índice de plasticidad, la capacidad de soporte del suelo disminuye. Un parámetro que relaciona estas variables es el índice de grupo del sistema de clasificación de la AASHTO. La correlación entre el índice de grupo y el CBR se muestra en la siguiente tabla:

IG	CBR
< 1	> 15
1 – 4	15 - 10
4 – 15	10 – 5
15 – 25	5 – 3
25 – 40	3 – 1
> 40	< 1

Tabla 6. Correlación entre el índice de grupo y el CBR.

IG	CLASIFICACIÓN SUBRASANTE
0-1	EXCELENTE
1-2	BUENO
2-4	REGULAR
4-9	MALO
>9	MUY MALO

Tabla 7. Variación de la clasificación de la subrasante con el IG.

Los suelos que tienen índices de grupo mayores a 25 son suelos muy susceptibles a los cambios de humedad, y presentan baja capacidad de soporte cuando se encuentran en una condición de humedad superior a la humedad de equilibrio; estos suelos no se recomiendan como apoyo directo de la estructura del pavimento; los suelos con CBR menores a 1 son de muy baja capacidad de soporte y requieren de estabilización.
Con base en el índice de grupo, puede estimarse el CBR así:

$$CBR = 8.7 * \log \frac{35}{IG}$$

Con esta expresión se obtiene un valor de CBR de referencia. A continuación, se muestran los CBR obtenidos con base en el índice de grupo, que deben interpretarse como valores máximos esperados de CBR.

Muestra	*Índice de grupo*	*CBR estimado (AASHTO)*	*CBR estimado (IG)*
AP-1 (0.60/0.80)	**(34)**	4	1
AP-1 (1.00/1.50)	**(62)**	2	1
AP-2 (0.10/0.70)	**(15)**	7	3
AP-2 (0.70/0.90)	**(24)**	5	1

Tabla 8. CBR para diseño.

El comportamiento de la estructura de pavimento está condicionado principalmente la capa de suelo natural se toma el CBR sumergido, siendo el valor más crítico y al que podría llegar la subrasante.
Se tiene un CBR sumergido de:

Apique	*CBR SUMERGIDO (%)*
AP-1 (0.60/0.80)	3.5
AP-2 (0.70/0.90)	7.7

Diseño de pavimento para urbanismo E.S.E. SANTIAGO DE TUNJA
Tunja - Boyacá

El módulo de reacción de la subrasante, para el conjunto subrasante se calcula como:

$$k = 2{,}55 + 52{,}5(log\ CBR) \quad \text{(MPa/m)}$$

Se calculan los módulos de la subrasante:

Apique	*CBR*	*Módulo de reacción (MPa/m)*
AP-1 (0.60/0.80)	*3.5*	***31.11***
AP-2 (0.70/0.90)	***7.7***	***49.1***

Tabla 9. CBR y módulo de reacción de diseño

Para el conjunto de valores de CBR, obtenidos por las pruebas de laboratorio y estimaciones con pruebas índice, se estableció un CBR de diseño, para el percentil 40 más bajo, de 3%

- CBR diseño: 3%

El valor del CBR establece una clasificación y uso de los suelos para subbase o subrasante de pavimentos de carreteras. La siguiente tabla, propuesta en el Manual del Asfalto (Cap. 6), indica la clasificación del terreno según su relación de soporte; para el caso vía en estudio, se determinó que la subrasante tiene capacidad de soporte de ***pobre a regular.***

C.B.R.	CLASIFICACIÓN	USOS	U.S.C.S.
0-3	Muy pobre	sub.-Rasante	OH, CH, MH, OL
3-7	Pobre a regular	sub.-Rasante	OH, CH, MH, OL
7-20	Regular	sub.-Rasante, sub.-Base	OL , CL, ML, SC, SM, SP
20-50	Bueno	Base, sub.-Base	GM, GC, SW, SM, SP, GP
>50	Excelente	Base	GW, GM

Tabla 10. Clasificación del Tipo de Uso del Terreno Según La Capacidad de Soporte o CBR.

3.5 *Asentamientos y expansiones de la subrasante.*

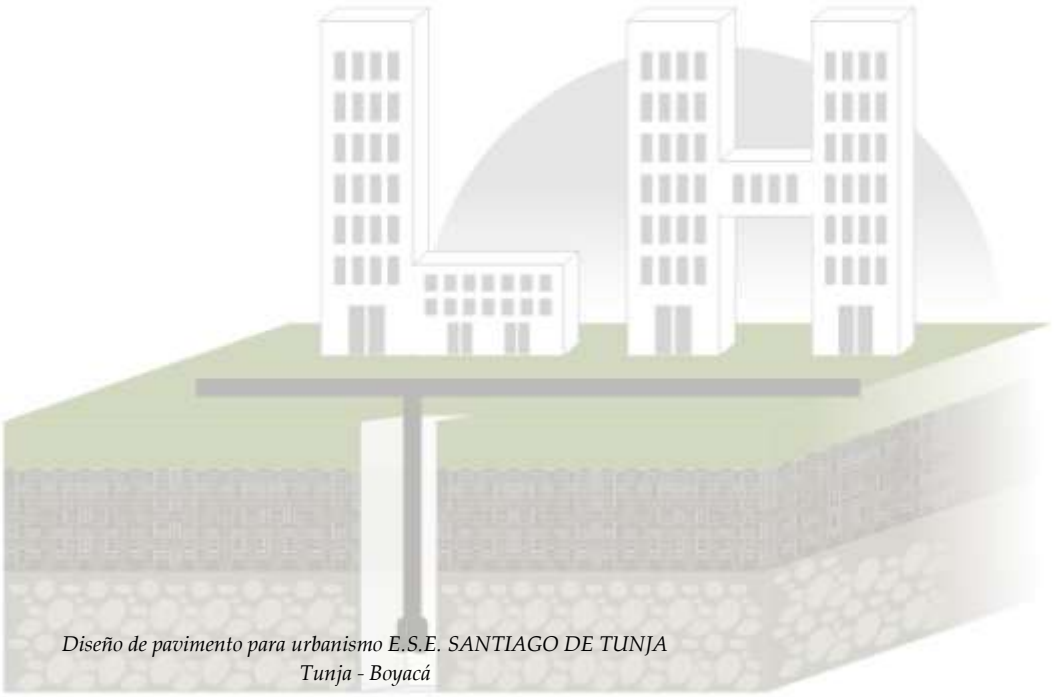
Con base en los resultados de las pruebas de laboratorio, se caracterizó el potencial de la subrasante, con base en la clasificación de suelos expansivos de la NSR-10:

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm^2	Límite líquido LL , en (%)	Límite de contracción en (%)	Índice de plasticidad, IP , en (%)
Muy alto	> 30	> 63	< 10	> 32
Alto	20 – 30	50 – 63	6 – 12	23 – 45
Medio	10 –20	39 – 50	8 – 18	12 –34
Bajo	< 10	< 39	> 13	< 20

Resultados de la prueba de expansión de la muestra luego de 4 días:

Muestra	*% expansión CBR inalterado*
AP1 (0.60 /0.80)	***0.46***
AP2 (0.70/0.90)	***0.15***

Tabla 11. Porcentaje de expansión CBR inalterado.



4 DISEÑO DE PAVIMENTO

4.1 *Pavimento flexible*

El diseño de la estructura de pavimento se realizó con base en la metodología AASHTO-93 para, donde se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

- **Transito:** Como tal no se cuenta con un estudio específico de tránsito; por las condiciones particulares de la vía se categoriza de bajo volumen de tráfico, con menos de un millón. ($1*10^6$) de ejes equivalentes de 8.2 toneladas, para un periodo de diseño de 10 años.
- **Subrasante:** La subrasante se definió en el numeral 4, con un CBR del 3%, y corresponde a una arcilla de alta plasticidad.
- **Subbase granular** (nuevo): La subbase granular tendrá un coeficiente estructural de 0.12, según la estimación de la AASHTO.
- **Base granular (nuevo)**: La subbase granular tendrá un coeficiente estructural, a_i de 0.14, según la estimación de la AASHTO. El espesor mínimo recomendado de esta capa por la AASHTO es de 15 cm, lo que se aplicará en el diseño.
- **Carpeta asfáltica (nuevo)**: La carpeta asfáltica tiene un coeficiente estructural a_i de 0.44. Aunque el espesor mínimo recomendado de la AASHTO para el volumen de tránsito estimado es de 7.5 cm, se espera que las vías sean utilizadas además como zona de parqueo; como en esta condición el concreto asfáltico es más sensible, se recomienda aplicar la recomendación del instituto del asfalto, y dejar un espesor de 10 cm de concreto asfáltico.
- **Coeficiente de drenaje**: Considerando que se construirán drenajes sobre la vía, la cual en su mayor parte presenta suaves pendientes, el drenaje se asumirá como eficiente durante su operación. Se asume un coeficiente de drenaje (m) de 1.0
- **Nivel de serviciabilidad**: El nivel de serviciabilidad inicial es de 4.2 para la estructura flexible, el nivel de serviciabilidad al final del periodo de diseño es de 2.1. La pérdida de serviciabilidad durante la operación de la vía es de 2.1.
- **Nivel de confianza**: Se asumió un nivel de confianza del 85% para todos los tramos. Para este porcentaje, el parámetro Z es de -1.04.

- **Error normal combinado**: El error combinado es de 0.45, según las recomendaciones de la AASHTO.

Tipo de capa		Clasificación climática por temperatura	a_i
Descripción de la Capa	Nomenclatura		
Mezcla asfáltica densa en caliente tipo 2	MDC-2	Frío	0.44
		Templado	0.41
		Cálido	0.37
Mezcla asfáltica densa en frío tipo 2	MDF-2	Frío	0.40
		Templado	0.37
		Cálido	0.34
Suelo estabilizado con emulsión asfáltica	BEE-3	Todas las categorías	0.14
Suelo estabilizado con cemento Portland	BEC	Todas las categorías	0.14
Base granular	BG	Todas las categorías	0.14
Subbase granular	SBG	Todas las categorías	0.12
Afirmado que cumple la especificación INV. Artículo 311	AFR-1	Todas las categorías	0.08
Afirmado que no cumple la especificación INV. Artículo 311	AFR-2	Todas las categorías	0.06

Tabla 12. Coeficientes estructurales recomendados AASTHO-93.

El número estructural requerido se calcula con la siguiente expresión:

$$Log\ N_{80kN} = Zr \times So + 9.36\,Log(SN+1) - 0.20 + \left[\frac{Log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}}\right] + 2.32\ Log\,M_r - 8.07$$

Mediante una hoja de cálculo se calcula el número estructural requerido, que es función del volumen de tránsito, la resistencia del suelo, el nivel de serviciabilidad y el de confianza.

El número estructural (SN) del pavimento se calcula como:

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$

Para el valor estimado de tránsito de ejes de 8.2 toneladas, se obtienen los siguientes números estructurales requeridos:

N 8.2 ton	SN
$1{,}0 * 10^6$	3,7

Tabla 13. SN requerido para diferentes volúmenes de tránsito.

Las estructuras recomendadas son las siguientes:

Capa	**Asfalto (1)**	**Base (2)**	**Sub base (3)**	**TOTALES**
Coeficiente estructural (a)	0,44	0,14	0,12	
coeficiente de drenaje (m)	1	1	1	
SN*	1,73	0,83	1,18	***3,7***
Espesor (in)	3,94	5,91	9,84	***19,7***
espesor (cm)	10	15	25	***50,0***

Tabla 14. Modelo estructural diseño estructura – Opción 1.

Carpeta asfáltica (cm)	10
Base Granular (cm)	15
Subbase granular (cm)	25
Geotextil de separación	
Subrasante natural	
Espesor mínimo estructura (cm)	***50***

Tabla 15. Espesores de diseño pavimento flexible, opción 1.

Capa	**Asfalto (1)**	**Base (2)**	**Sub base (3)**	**TOTALES**
Coeficiente estructural (a)	0,44	0,14	0,12	
coeficiente de drenaje (m)	1	1	1	
SN*	1,30	0,83	1,65	***3,8***
Espesor (in)	2,95	5,91	13,78	***22,6***
espesor (cm)	7,50	15	35	***57,5***

Tabla 16. Modelo estructural diseño estructura – Opción 1.

Carpeta asfáltica (cm)	7,5
Base Granular (cm)	15
Subbase granular (cm)	35
Geotextil de separación	
Subrasante natural	
Espesor mínimo estructura (cm)	***57,5***

Tabla 17. Espesores de diseño pavimento flexible, opción 1.

Las dos alternativas planteadas son válidas técnicamente, se diferencian en que la de 10 cm de concreto asfáltico deberá requerir de mantenimiento mucho más tarde, bajo las mismas condiciones de construcción, que la de 7.5 cm de espesor.

4.1.1 Mantenimiento y conservación.

La acción del clima y el tránsito deterioran inevitablemente la estructura del pavimento desde el mismo momento de la construcción, manifestándose en fisuras que con el tiempo incrementan su magnitud y severidad. Lo recomendable en estos casos es realizar un mantenimiento frecuente o rutinario, que permita mantener la vida útil de pavimento, entre las principales actividades recomendadas como mantenimiento rutinario tenemos:

- **Pavimento flexible:** Sello de fisuras y reparcheos.

La entidad responsable del mantenimiento deberá realizar estas actividades frecuentemente, de acuerdo con el deterioro que presente. Al ejecutar las labores de mantenimiento periódico se aumentan los periodos necesarios de intervención o rehabilitación de la vía, lo cual se refleja en menores costos finales.



4.2 *Especificaciones de calidad de los materiales utilizados para la construcción del pavimento.*

4.2.1 La Subrasante

La subrasante natural está constituida por arcillas de plasticidad alta a media, clasificada por el sistema AASHTO en el grupo A-7. El material es susceptible a la pérdida de capacidad de soporte por aumento del contenido de humedad y saturación.

4.2.2 Geotextil para separación de la subrasante (INV 231-13)

Se recomienda instalar un geotextil entre la subrasante natural la subbase granular para evitar la migración de finos. El geotextil tendrá las siguientes características:

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO ASTM	GEOTEXTILES TEJIDOS	GEOTEXTILES NO TEJIDOS
Elongación	D 4632	< 50 %	≥ 50 %
Resistencia a la tensión Grab, valor mínimo (N)	D 4632	1100	700
Resistencia de la costura a la tensión Grab, valor mínimo (N)	D 4632	990	630
Resistencia a la penetración con pistón de 50 mm de diámetro, valor mínimo (N)	D 6241	2200	1375
Resistencia al rasgado trapezoidal , valor mínimo (N) (Nota 1)	D 4533	400	250

Tabla 18. Propiedades geomecánicas del geotextil (Tabla 231-1 INV 231-13).

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO ASTM	VMPR
Permitividad, valor mínimo (s^{-1}). *(Nota 1)*	D 4491	0.02
Tamaño de abertura aparente (TAA), valor máximo (mm). *(Nota 2)*	D 4751	0.60
Estabilidad ultravioleta después de 500 h de exposición, valor mínimo (%)	D 4355	50

Nota 1. La permitividad del geotextil deberá ser mayor que la permitividad del suelo ($\psi_g > \psi_s$).

Nota 2: El valor del tamaño de abertura aparente (TAA) representa el valor máximo promedio por rollo.

Tabla 19. Propiedades hidráulicas del geotextil (Tabla 231-2 INV 231-13).

Como referencia comercial, el geotextil de separación requerido es un ***PAVCO NT2500***, o su equivalente de otra marca.

Nota: Esta referencia solo es ilustrativa y no implica que deba comprarse de alguna marca en específico.

4.2.3 Sub-Base Granular (INV 320-22).

Es el material que sirve como soporte de la base granular para trasmitir esfuerzos y controlar los movimientos de la subrasante. La subbase tendrá al menos la siguiente calidad:

- Tamaño Máximo = 2 pulgadas
- Índice de Plasticidad < 6 %
- Equivalente de arena > 25%
- CBR de Laboratorio > 30 %
- Compactación en obra > 95 % del ensayo próctor modificado
- Fracción que pasa el tamiz 200 < 15%
- Desgaste en la máquina de los ángeles < 50%

TAMIZ	% QUE PASA	
2″	100	100
1 ½″	70	95
1″	60	90
½″	45	75
3/8″	40	70
N° 4	25	55
N° 10	15	40
N° 40	6	25
N° 200	2	15

Tabla 20. Gradación para Sub-Base Granular (SBG-50)

El material para subbase debe extenderse, nivelarse con motoniveladora, humedecerse hasta que alcance la humedad óptima o muy cerca de ella y luego compactarse con equipo tipo compactador de llanta y/o de rueda metálica hasta alcanzar la densidad de diseño. El material debe protegerse de cambios drásticos de humedad y del tránsito de

vehículos. Se recomienda no utilizar vibro-compactador para evitar el daño de las viviendas vecinas a la vía.

4.2.4 Base Granular INV 330-22.

Es el material de préstamo (gravo-arenoso) necesario para transmitir adecuadamente a la sub-base y sub-rasante los esfuerzos impuestos por el tráfico; en caso de usar esta alternativa, se recomienda conformarla con material gravo-arenoso de buena calidad compactado mínimo al 98% del ensayo próctor modificado; la base tendrá al menos la siguiente calidad:

Tamaño Máximo = 1 ½ pulgadas

- Índice de Plasticidad < 3 %
- Equivalente de arena >30%
- CBR de Laboratorio > 80 %
- Compactación en obra ≈ 100 % del ensayo próctor modificado
- Fracción que pasa el tamiz 200 < 15%
- Desgaste en la máquina de los ángeles < 40%
- Gradación. Ver tabla 4

TAMIZ	% QUE PASA	
	Mínimo	Máximo
1 ½ ¨	100	100
1¨	70	100
¾″	60	90
⅜″	45	75
No. 4	30	60
No. 10	20	45
No. 40	10	30
No. 200	5	15

Tabla 21. Gradación para Base Granular tipo INV BG-38

El material para base debe extenderse, nivelarse con motoniveladora, humedecerse hasta que alcance la humedad óptima o muy cerca de ella y luego compactarse con equipo tipo compactador de llanta y/o de rueda metálica hasta alcanzar la densidad de diseño. El material debe protegerse de cambios drásticos de humedad y del tránsito de

vehículos. Si entre la colocación de la base y la capa superior transcurre un largo periodo de tiempo de debe proteger la primera con una capa de riego de liga protegido con arena esparcida manualmente. Para el caso de utilizar una capa de mezcla asfáltica en la rodadura (pavimento flexible) es necesario ejecutar un riego de imprimación con emulsión asfáltica de CRL-0 o CRL-1 o asfalto líquido tipo MC-70. Se recomienda no utilizar vibro-compactador para evitar el daño de las viviendas vecinas a la vía.

4.2.5 Mezcla densa en caliente INV 450-22

Consiste en una mezcla de un cemento asfáltico, llenante mineral, agregado fino, intermedios, y agregados gruesos mezclados en una planta en caliente. La mezcla proporciona una alta estabilidad y una flexibilidad apropiada a las cargas que se esperan.

Los agregados deberán cumplir con los siguientes requisitos mínimos:

- Sus partículas deberán ser duras y limpias
- El equivalente de arena deberá ser cuando menos de 50 %
- Las pérdidas en la prueba de solidez en sulfato de sodio no podrán exceder de 12 %.
- No debe tener plasticidad (LP=NP)
- El desgaste en la máquina de los ángeles debe ser menor a 35%.
- Debe contener como mínimo 75% de partículas fracturadas mecánicamente
- Los índices de aplanamiento y alargamiento deben ser menores al 35%
- La cantidad de arena natural, en peso, no podrá ser mayor del 25%

La mezcla de agregados debe ajustarse a la siguiente gradación:

TAMIZ	% PASA
¾	100
½	80-95
3/8	70-88
4	49-65
10	29-45
40	14-25
80	8-17
200	4-8

Tabla 22. Gradación para mezcla densa en caliente tipo MDC-19.

El cemento asfáltico será de penetración 60-70 u 80-100 con índice de penetración entre –1 a 1. La mezcla deberá hacerse en planta de acuerdo con un diseño especificado y siguiendo alguna metodología reconocida. En nuestro medio es común utilizar el procedimiento de Marshall, la cual debe ajustarse a los siguientes valores:

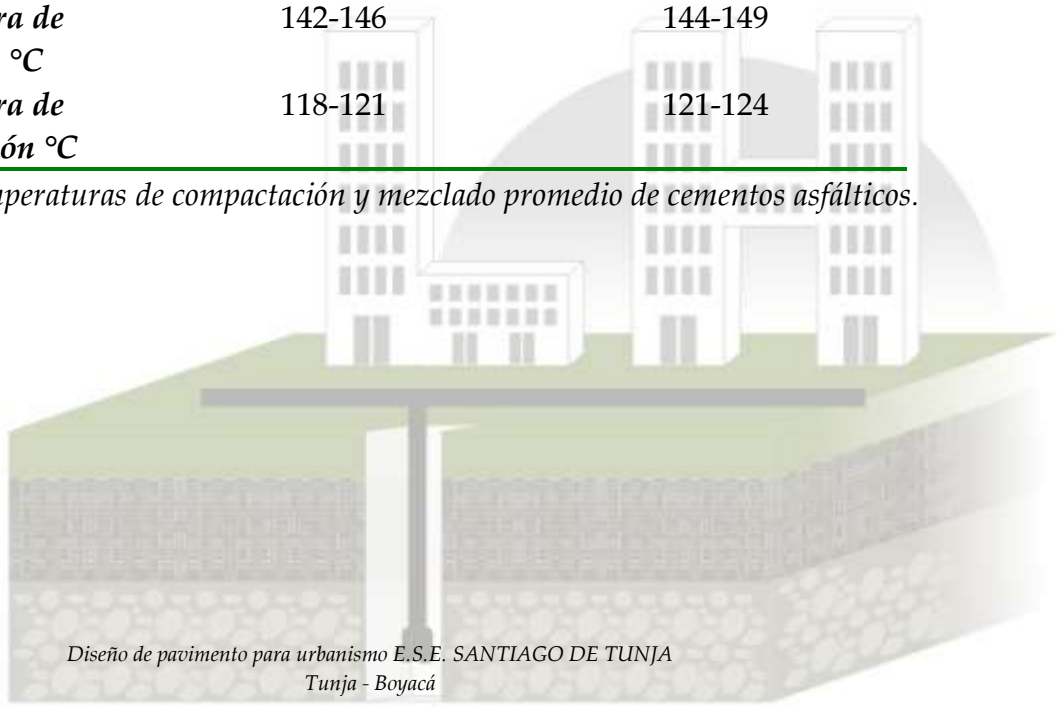
CARACTERÍSTICAS	VALOR
Compactación golpes/cara	75
Estabilidad mínima	750 kg
Flujo	2-4 mm
Vacíos con aire	3-5 %
Vacíos llenos de asfalto	65-78
Vacíos mínimos en agregado mineral	15%

Tabla 23. Valores de diseño para mezcla MDC-2 para tránsito entre 500 mil y 5 millones de ejes de 8.2 ton.

La mezcla asfáltica deberá mezclarse y compactarse a las temperaturas ideales al tipo de cemento asfáltico que se utilice, la cual corresponderá aproximadamente a las siguientes temperaturas para los cementos asfálticos colombianos en condiciones normales:

	Barrancabermeja	Apiay
Temperatura de Mezclado °C	142-146	144-149
Temperatura de Compactación °C	118-121	121-124

Tabla 24. Temperaturas de compactación y mezclado promedio de cementos asfálticos.



Diseño de pavimento para urbanismo E.S.E. SANTIAGO DE TUNJA
Tunja - Boyacá

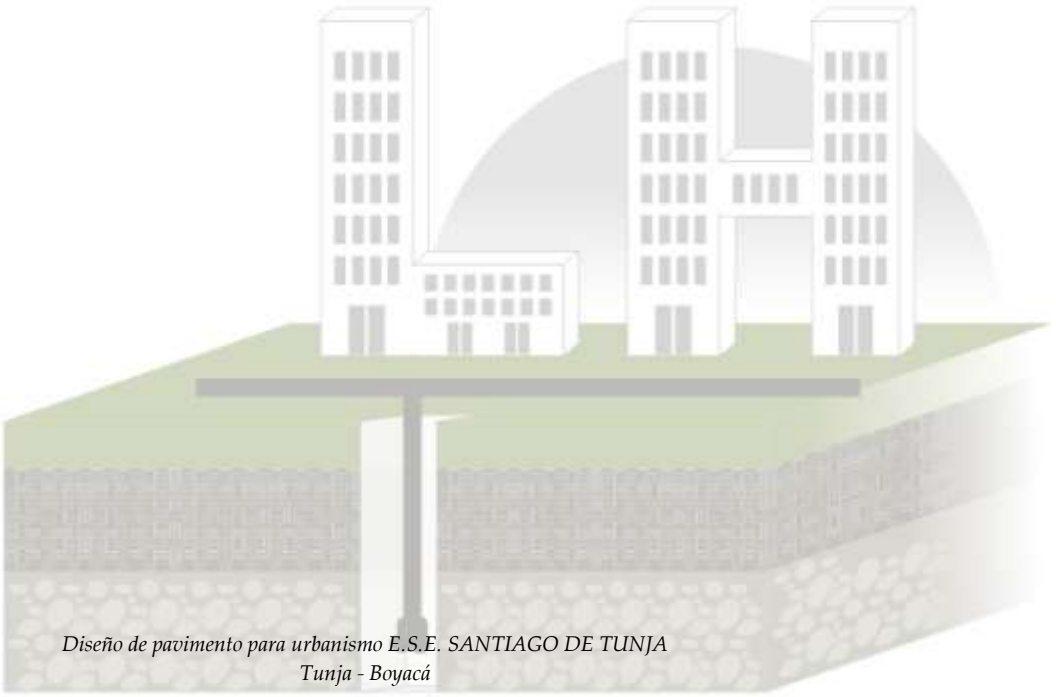
5 RECOMENDACIONES GENERALES

La comprobación de la calidad de los materiales que harán parte de la construcción debe ser hecha en laboratorio mediante la aplicación de ensayos normalizados y aprobados.

Deberá efectuarse un control de compactación en toda el área a pavimentar y a cada una de las capas granulares existentes y proyectadas, ello para evitar que se presenten asentamientos permanentes.

Los espesores de pavimento están definidos para las condiciones futuras esperadas de tránsito. Sin embargo, se recomienda que se realicen controles de magnitudes de carga, para evitar que se excedan los de pesos máximos reglamentarios, ya que, de no cumplirse con este criterio, redundará en un deterioro prematuro del pavimento.

Se recomienda construir sendos drenes tipo francés (grava envuelta por geotextiles) de un ancho mínimo de 0.60 m y una altura mínima 0.60 m, esto con el objetivo de proteger la estructura de pavimento de infiltraciones a la subrasante. Los filtros irán distribuidos en las áreas a pavimentar, y estarán interconectados con el diseño hidráulico del proyecto.



Diseño de pavimento para urbanismo E.S.E. SANTIAGO DE TUNJA
Tunja - Boyacá

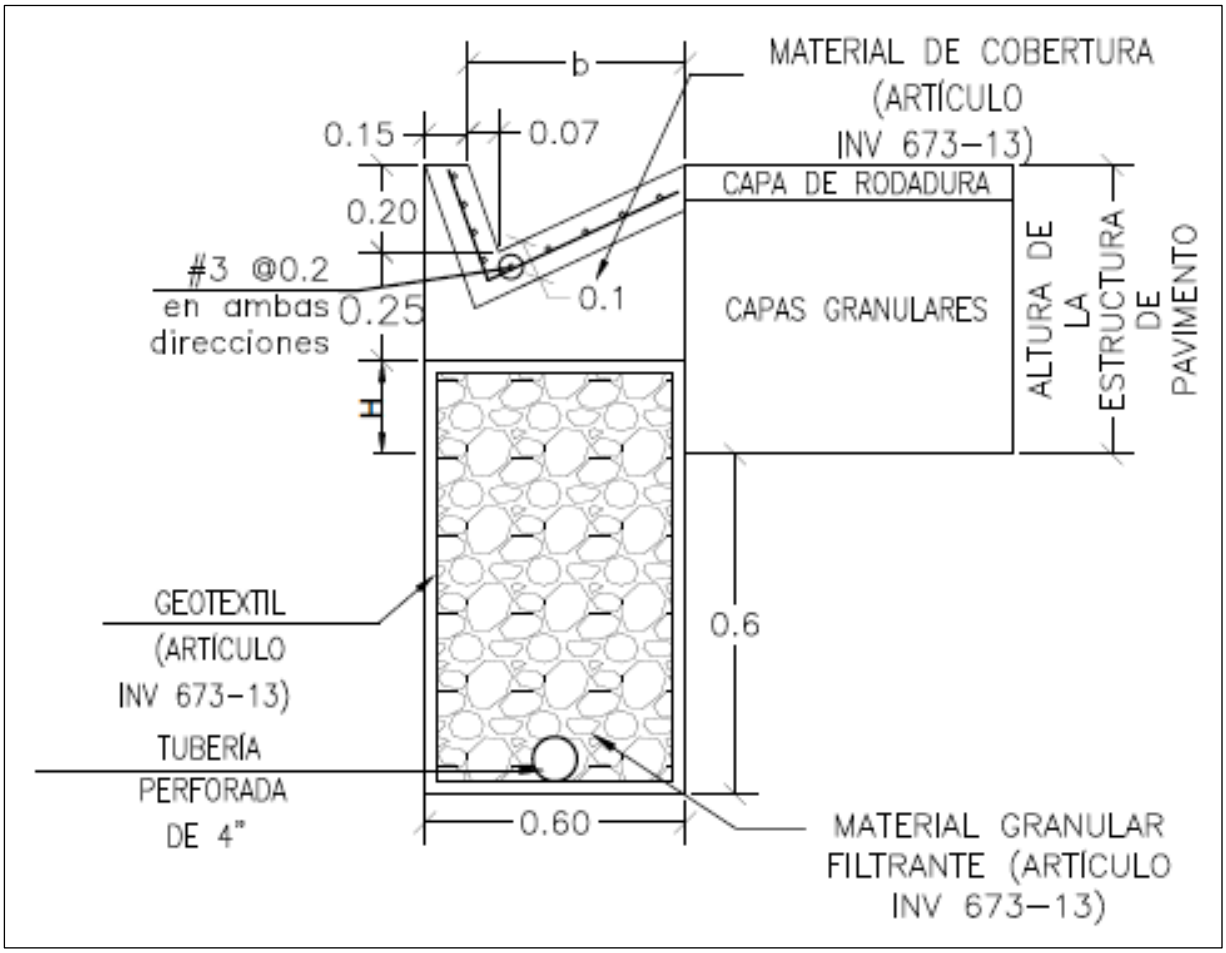
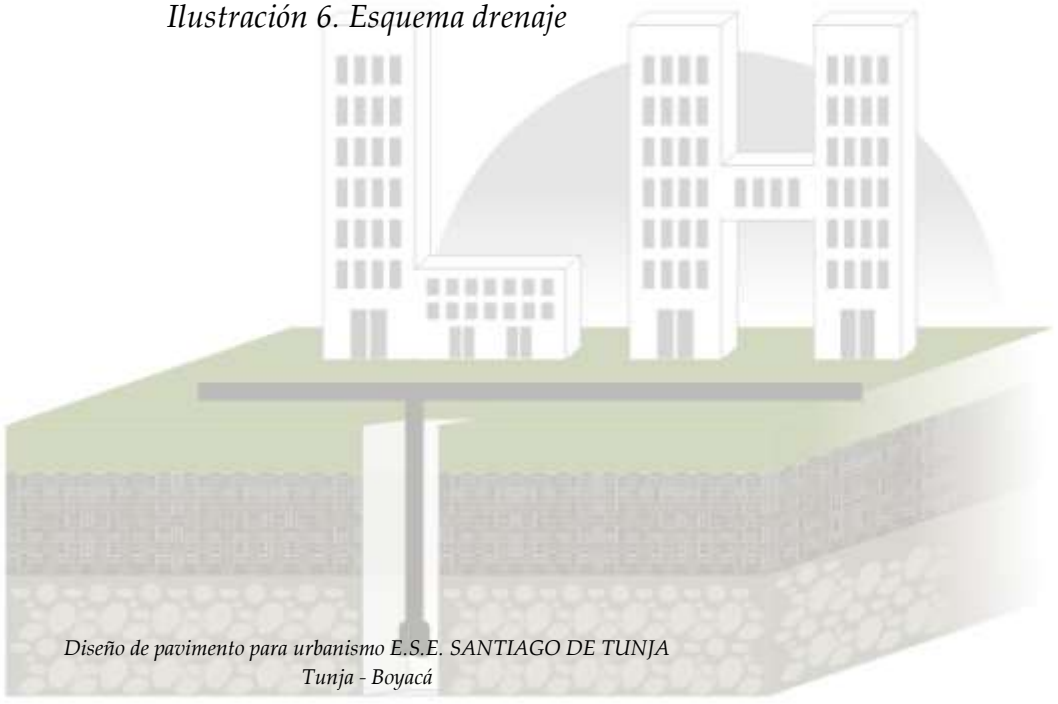


Ilustración 6. Esquema drenaje



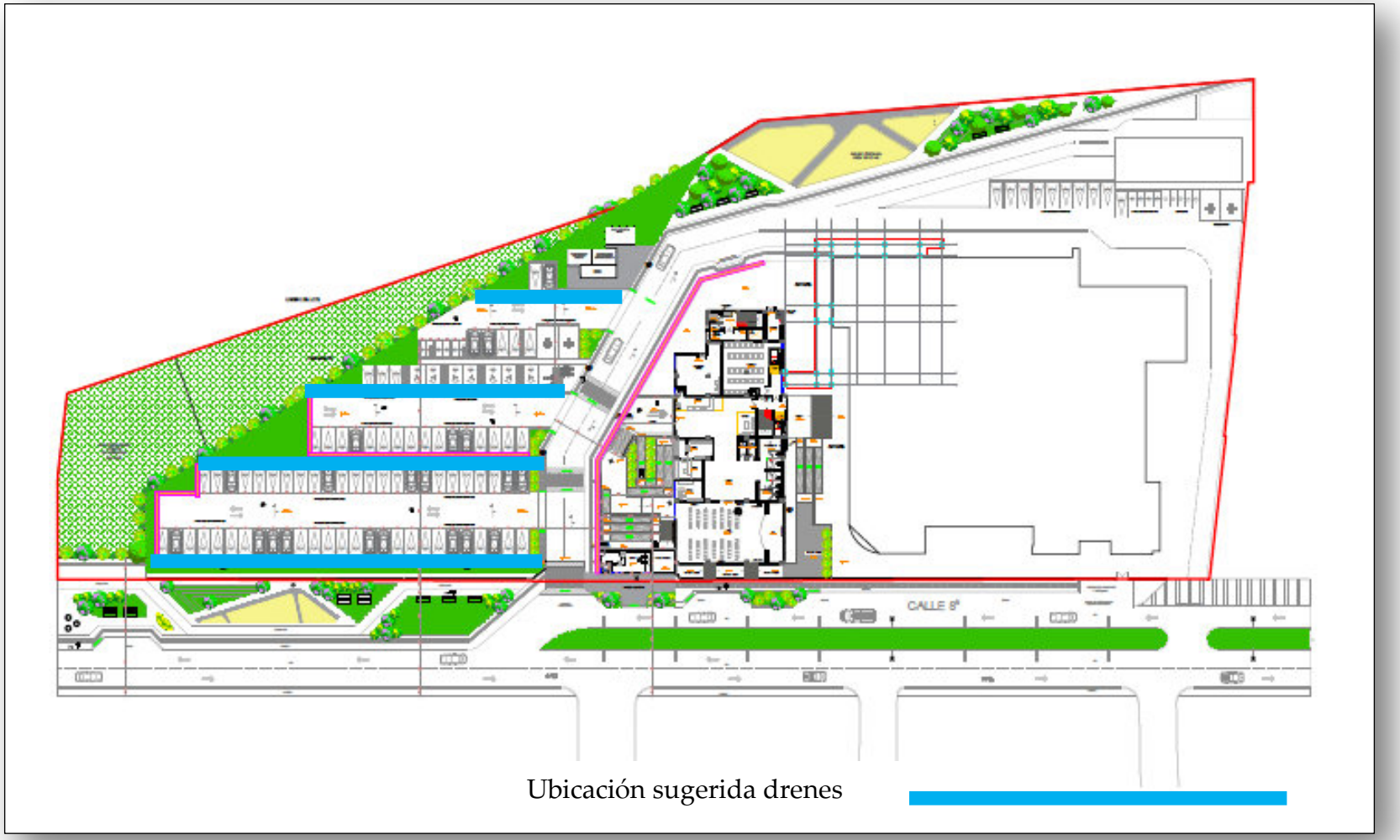


Ilustración 7 Localización sugerida de los drenes tipo francés

Los resultados y recomendaciones del presente estudio son consecuencia lógica de observaciones y mediciones en campo y laboratorio, las cuales tienen como soporte fundamental la investigación en dos (2) sitios concretos; tales resultados muestran un suelo natural homogéneo en estratigrafía y en capacidad de carga. Mediante la interpretación de los resultados de laboratorio y de acuerdo a las condiciones particulares de tráfico se llegó a dos (2) alternativas de diseño del tramo; con tal alternativa se obtendrán pavimentos de calidad confiable para soportar en buenas condiciones de servicio el tráfico que circule durante el periodo de tiempo para el cual se diseñó; lo anterior ocurrirá siempre y cuando los materiales con que se construyan sean los adecuados, que el sistema de construcción se ejecute de forma controlada, que se construyan los sistemas de drenaje y que la fundación de la estructura de pavimento no quede sobre suelos inestables por algún fenómeno de tipo geológico y/o hidrológico lo cual está por fuera del alcance del presente informe. En el caso que se encuentren suelos con características diferentes a las anunciadas en este documento, deberá realizarse estudios complementarios en aquellos puntos en divergencia.

Para supervisión técnica del proyecto y/o retroalimentación que requiera del proyecto y de lo contenido en el presente informe por favor comunicarse al 3108717384 y/o al correo electrónico lhltda@lhltda.com, indicando con claridad el nombre del proyecto, cliente, código de estudio – Número registrado en la portada del presente informe precedido por la sigla **DP** -, breve descripción de la solicitud (dudas, observaciones , cambios y/o visita técnica de supervisión). Tenga en cuenta que disponemos de medios presenciales y virtuales para la atención de sus inquietudes (Reunión presencial, videoconferencia y/o visita técnica en obra).

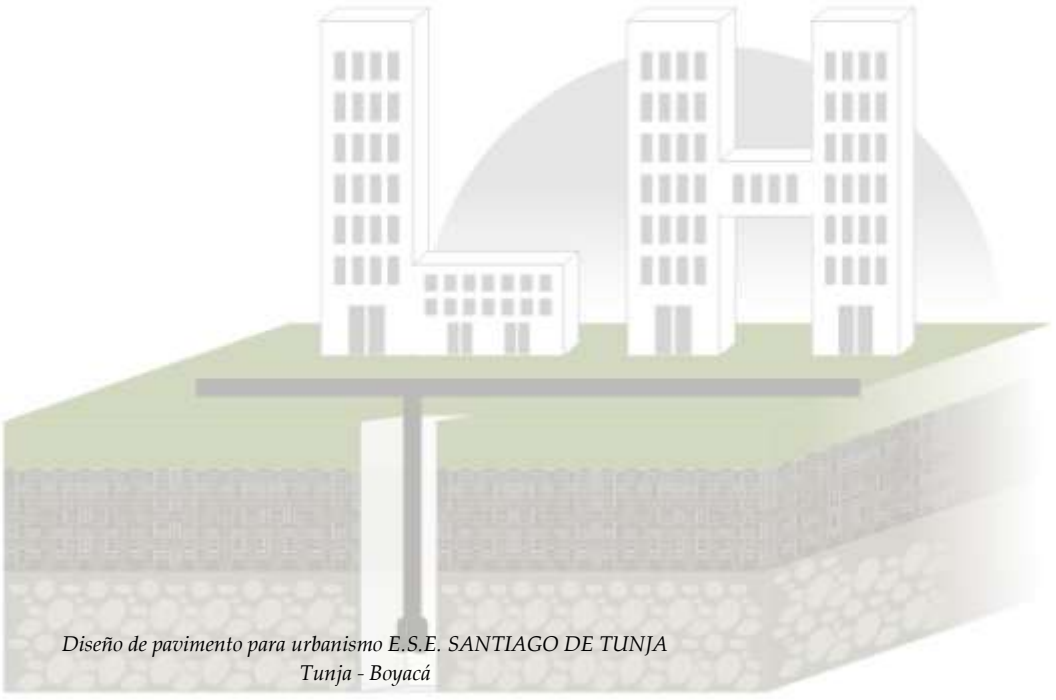
LÓPEZ HNOS GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS



Ing. Libardo Adolfo López Ramírez
Especialista en ingeniera de pavimentos
T.P 1520-2091715

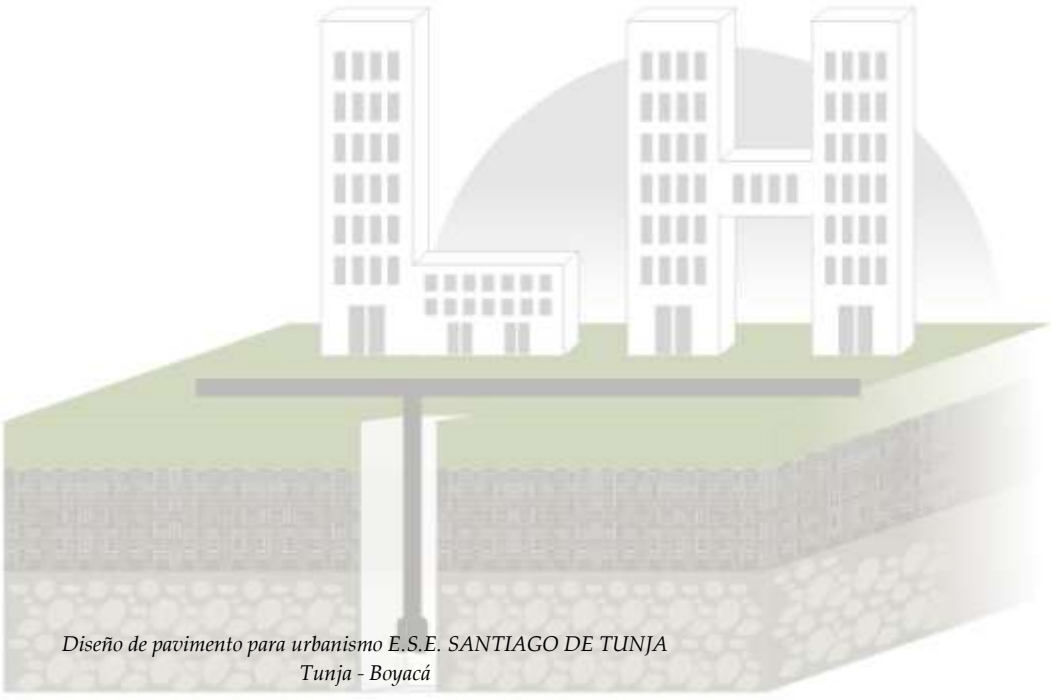
Tunja, 7 de septiembre de 2023

CONTROL DE VERSIONES			
VERSIÓN	**ESTUDIO**	**DESCRIPCIÓN**	**FECHA**
1	DP 23006	Elaboración de informe para revisión inicial	Septiembre 2023
2	DP 23006	Se incluyen 2 alternativas y se ajustan las recomendaciones de geotextil de separación y localización de subdrebaje	Septiembre 2023



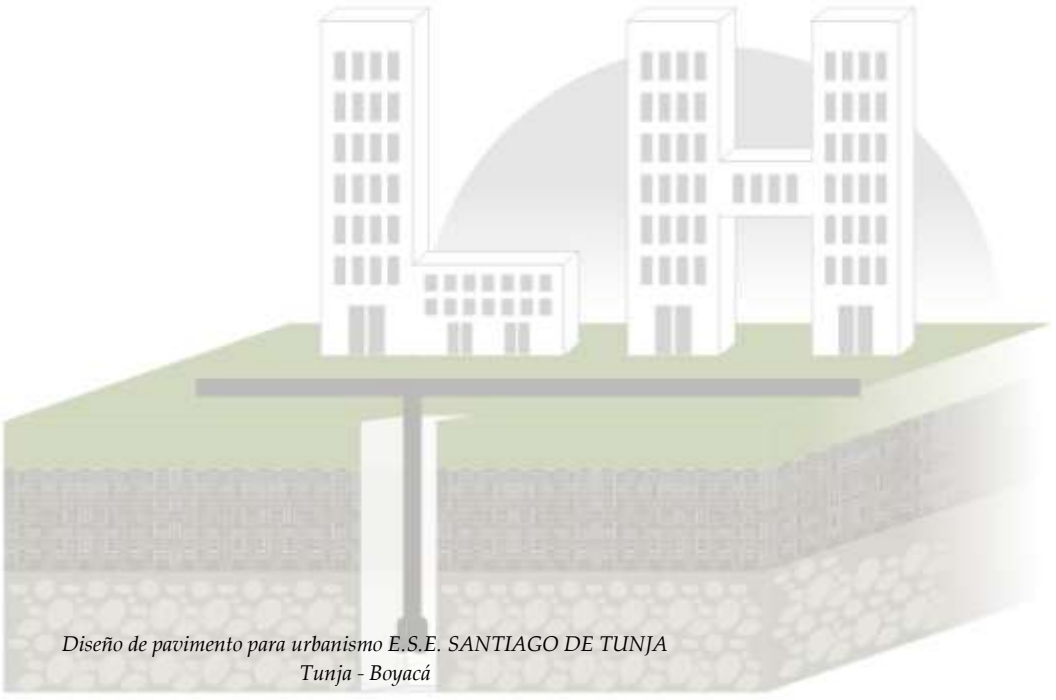
Diseño de pavimento para urbanismo E.S.E. SANTIAGO DE TUNJA
Tunja - Boyacá

6 ANEXOS



Diseño de pavimento para urbanismo E.S.E. SANTIAGO DE TUNJA
Tunja - Boyacá

6.1 *PERFILES ESTRATIGRÁFICOS Y DE RESISTENCIA*



Diseño de pavimento para urbanismo E.S.E. SANTIAGO DE TUNJA
Tunja - Boyacá

PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO

Solicitado por CONSORCIO TORRE HOSPITALARIA **ORDEN** 37273

Obra Diseño de pavimento para urbanismo en la ESE Santiago de Tunja

Localización Tunja - Boyacá

Apique Apique 1

Descripción de la muestra Arcilla color rojizo

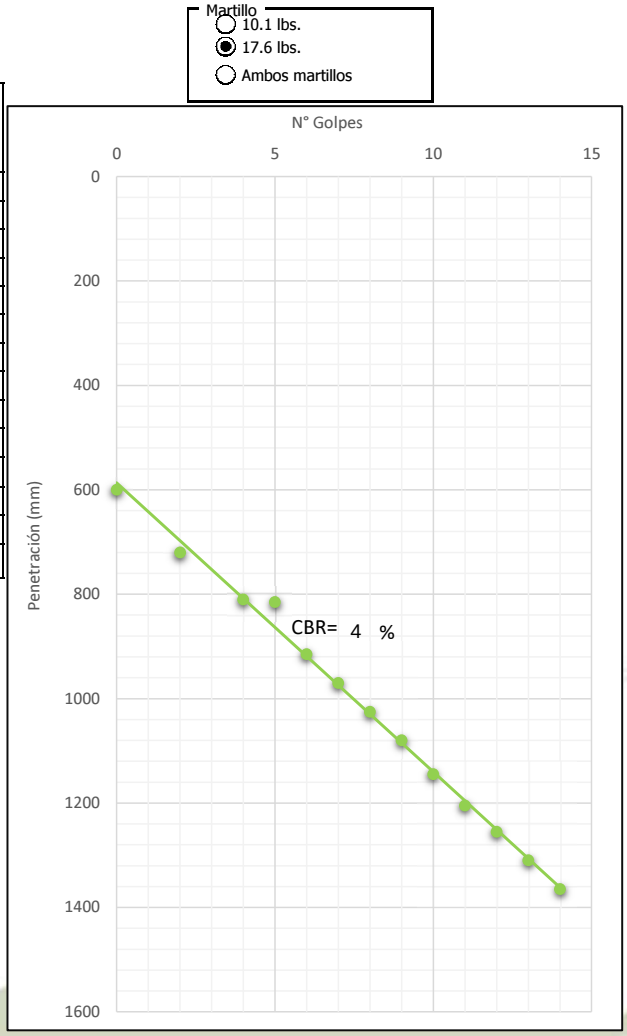
Finalidad Determinar calidad de material como subrasante

Fecha de ensayo 17 de agosto de 2023

Fecha de informe 17 de agosto de 2023

Tomado a: 600 mm

N°de golpes	Penetración acumulada (mm)	Tipo de martillo
0	600	1
2	720	1
2	810	1
1	815	1
1	915	1
1	970	1
1	1025	1
1	1080	1
1	1145	1
1	1205	1
1	1255	1
1	1310	1
1	1365	1
1	1405	1



PENETRACIÓN (mm)	ÍNDICE DE PENETRACIÓN DN (mm/golpe)	CBR(%) $CBR = 292\ (DN)^{-1,.12}$	CBR(%) $CBR = 567\ (DN)^{-1,4}$	CBR(%) $CBR = 428.5(DN)^{-1,28}$	CBR ESTIMADO DE PDC
AUTOR		Cuerpo de ingenieros (USA)	MOPT Colombia (1992)	Kleyn Y Van Heerden	
600-1405	37,21	5	4	4	4

LÓPEZ HERMANOS S.A.S.

Avenida Norte Nº 48-57 - Tel.: 40 39 72 Tunja

ESTUDIO DE SUELOS-SERVICIO DE LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETOS

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Tipo de Perfil Apique No. 1

Proyecto :	Diseño de pavimento para urbanismo en la ESE Santiago de Tunja
Localización :	Tunja - Boyacá
Fecha de exploración :	17 de agosto de 2023

Descripción del suelo	**PERFIL**	**Prof.** (mm)	**Perfil de Resistencia** PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO
		NR=sobre la vía	Golpes/mm

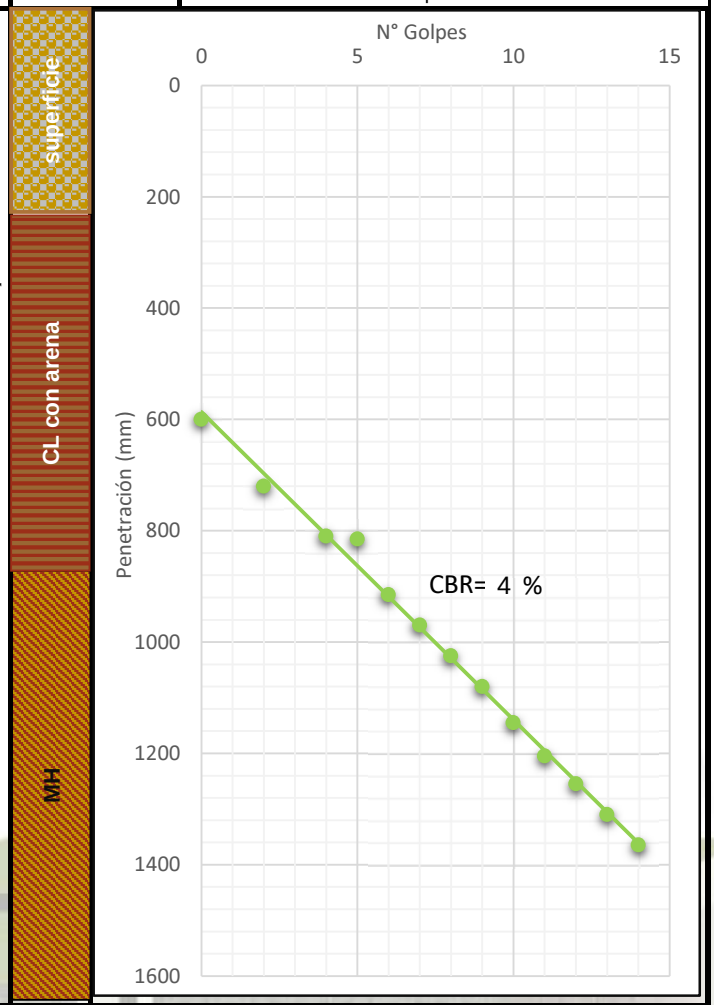
(0,00/0,10) Superficie conformada por material granular (recebo) color marrón grisaceo.

(0,10/0,60) Arcilla de baja plasticidad con arena de color marrón rojizo con presencia de óxido, en estado sólido, plasticidad y potencial expansivo medio.

Clasificación SUCS: CL con arena. AASHTO: A-7-6

(0,70/1,50) Limo de alta plasticidad abigarrado con variación de color rojo, marrón gris y habano, en estado plástico, de consistencia dura, plasticidad y potencial expansivo muy alto.

Clasificación SUCS: MH. AASHTO: A-7-5



Observaciones: No se registró nivel de aguas libres hasta la profundidad estudiada.

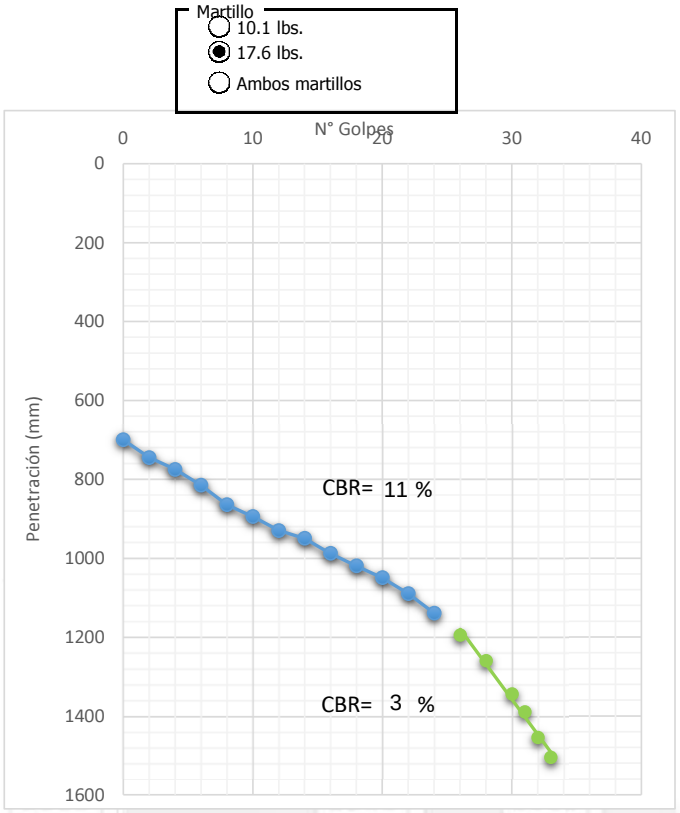
Jefe de Proyectos

PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO

Solicitado por	CONSORCIO TORRE HOSPITALARIA	**ORDEN**	37273
Obra	Diseño de pavimento para urbanismo en la ESE Santiago de Tunja		
Localización	Tunja - Boyacá		
Apique	Apique 2		
Descripción de la muestra	Arcilla color rojizo		
Finalidad	Determinar calidad de material como subrasante		
Fecha de ensayo	17 de agosto de 2023		
Fecha de informe	17 de agosto de 2023		

Tomado a: 700 mm

N°de golpes	Penetración acumulada (mm)	Tipo de martillo
0	700	1
2	745	1
2	775	1
2	815	1
2	865	1
2	895	1
2	930	1
2	950	1
2	988	1
2	1020	1
2	1050	1
2	1090	1
2	1140	1
2	1195	1
2	1260	1
2	1345	1
1	1390	1
1	1455	1
1	1505	1



PENETRACIÓN(mm)	ÍNDICE DE PENETRACIÓN DN (mm/golpe)	CBR(%) $CBR = 292\ (DN)^{-1,12}$	CBR(%) $CBR = 567\ (DN)^{-1,4}$	CBR(%) $CBR = 428.5(DN)^{-1,28}$	CBR ESTIMADO DE PDC
AUTOR		Cuerpo de ingenieros (USA)	MOPT Colombia (1992)	Kleyn Y Van Heerden	
700-1140	17,53	12	10	11	11
1195-1505	44,56	4	3	3	3

LÓPEZ HERMANOS S.A.S.

Avenida Norte Nº 48-57 - Tel.: 40 39 72 Tunja

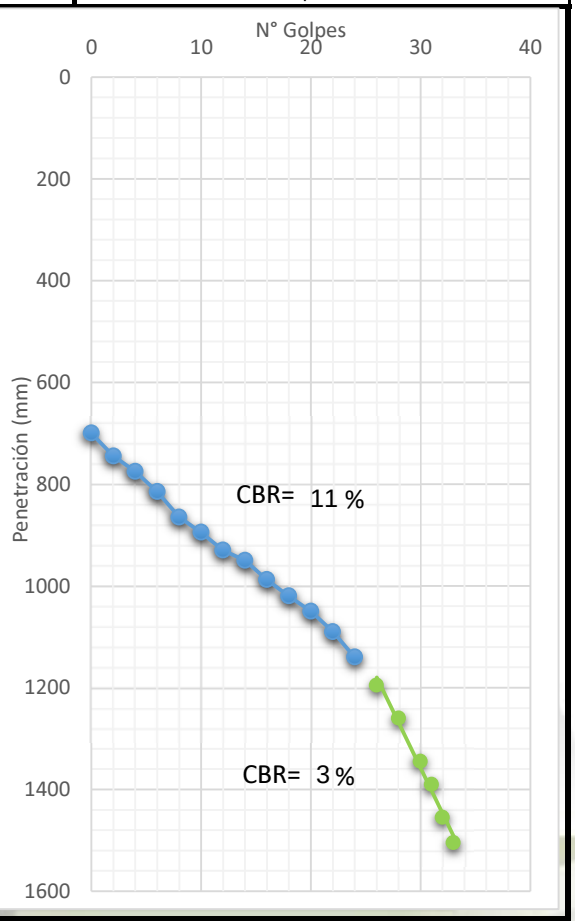
ESTUDIO DE SUELOS-SERVICIO DE LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETOS

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Tipo de Perfil Apique No. 2

Proyecto :	Diseño de pavimento para urbanismo en la ESE Santiago de Tunja
Localización :	Tunja - Boyacá
Fecha de exploración :	17 de agosto de 2023

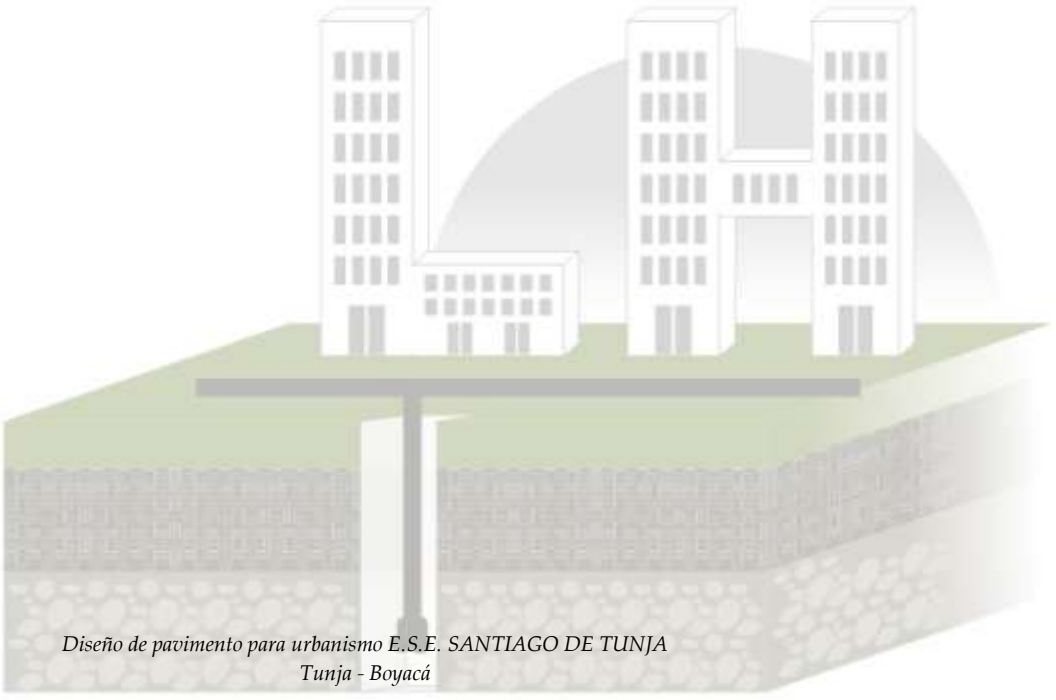
Descripción del suelo	**PERFIL**	**Prof.** (mm) NR=sobre la vía	**Perfil de Resistencia** PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO Golpes/mm
(0,00/0,10)Capa vegetal conformada por material orgánico color marrón oscuro a negro con presencia de raices.	Superficie		
(0,10/0,70) Arcilla de baja plasticidad con arena de color marrón rojizo con presencia de óxido, en estado sólido, plasticidad y potencial expansivo medio. Clasificación SUCS: CL con arena. AASHTO: A-7-6.	CL con arena		
(0,70/1,50) Limo de alta plasticidad abigarrado con variación de color rojo, marrón gris y habano, en estado sólido, de consistencia dura, plasticidad alta y potencial expansivo medio. Clasificación SUCS: MH. con arena. AASHTO: A-7-5.	MH		



Observaciones: No se registró nivel de aguas libres hasta la profundidad estudiada.

Jefe de Proyectos

6.2 *RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO*



Diseño de pavimento para urbanismo E.S.E. SANTIAGO DE TUNJA
Tunja - Boyacá

LOPEZ HERMANOS GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS

Avenida Norte No. 48-57 Tel. 403972 Tunja

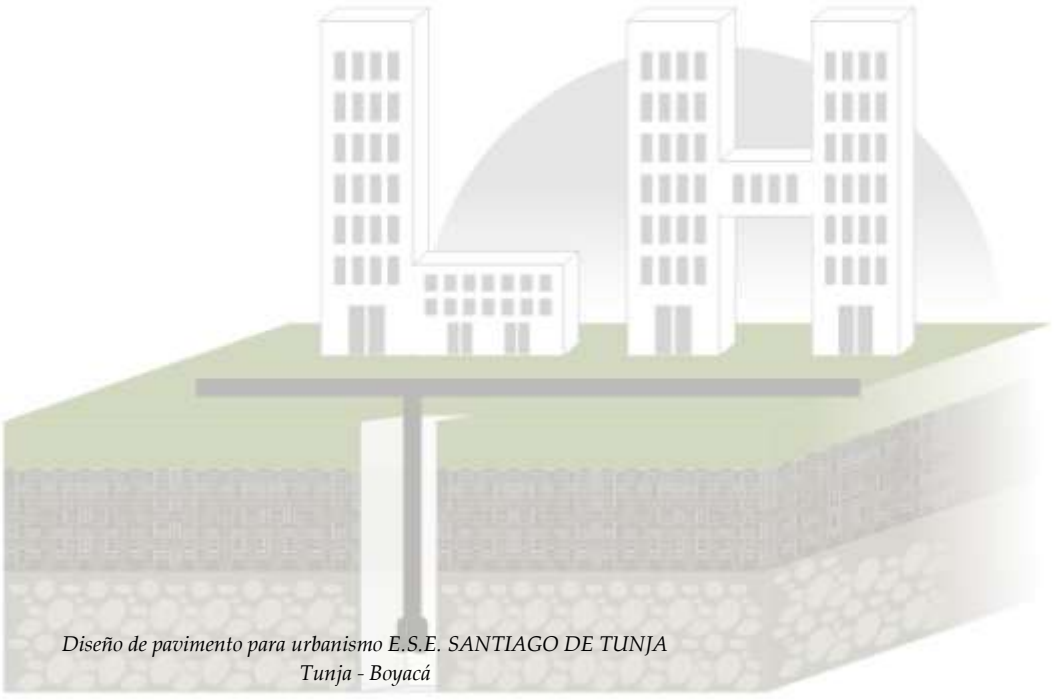
Obra: Diseño de pavimento para urbanismo en la ESE Santiago de Tunja. **Localización:** Tunja, Boyacá

Fecha de ensayos: agosto de 2023

CUADRO RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

APIQUE Y PROFUNDIDAD (m)	HN (%)	HUMEDAD DE EQUILIBRIO (%)	LIMITE LÍQUIDO (%)	LÍMITE PLÁSTICO (%)	INDICE DE PLASTICIDAD (%)	ÍNDICE DE LIQUIDEZ (%)	PESO UNITARIO TOTAL (Ton/m3)	PESO UNITARIO SECO (Ton/m3)	% PASA No 4	% PASA 200	% FINOS	% ARENAS	% GRAVAS	USCS	CLASIFICACIÓN AASHTO	INDICE DE GRUPO	Resistencia a la compresión inconfinada (Kg/cm2)	Penetrómetro	Veleta	HUMEDAD SUMERGIDO(%)	CBR INALTERADO %	CBR SUMERGIDO %	% EXPANSIÓN CBR INALTERADO	CBR promedio estimado (IG)	CBR promedio estimado (AASHTO)	CBR ESTIMADO DE PDC	ESTADO	EXPANSIVIDAD	PLASTICIDAD	Consistencia (CI)
AP-1(0,0/0,6)	7,3																													
AP-1(0,6/0,8)	18,8	36	68	39	29	-0,7			97	92	92	5	3	MH	A-7-5	(34)				44,5	4,4	3,5	0,46	0	4	4	sólido	alta	alta	
AP-1(1/1,5)	62,7	48	95,1	48	47,1	0,3	16,47	10,1	100	99	99	1	0	MH	A-7-5	(62)	139,72	200	125					-2	2	4	plástico	muy alta	muy alta	Dura
AP-2(0,1/0,7)	19,5	23	42	24	18	-0,3			100	80	80	20	0	CL con arena	A-7-6	(15)								3	7		sólido	media	media	
AP-2(0,7/0,9)	14,6	29	54	32	22	-0,8			100	90	90	10	0	MH	A-7-5	(24)				23,9	13,1	7,7	0,15	1	5	11	sólido	media	alta	
AP-2(1,2/1,5)	57						16,44	10,5									147,84	200	125							3				Dura

6.3 REGISTRO FOTOGRÁFICO



Diseño de pavimento para urbanismo E.S.E. SANTIAGO DE TUNJA
Tunja - Boyacá

AP-1



Fotografía 1. Avance de perforación y muestras recuperadas en exploración del AP-1.

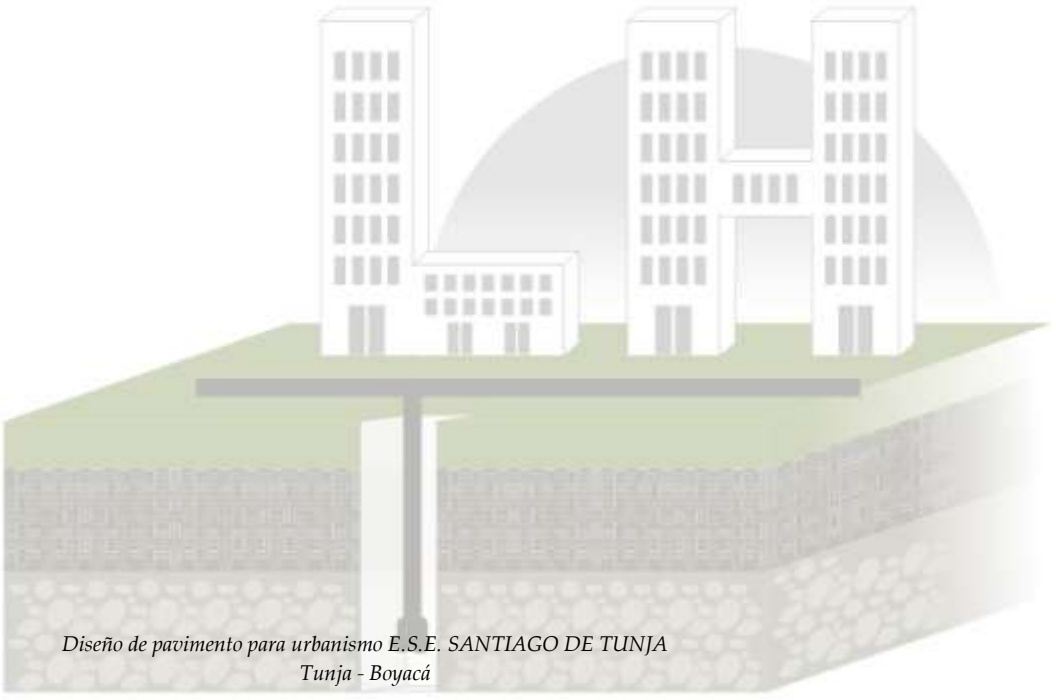
Diseño de pavimento para urbanismo E.S.E. SANTIAGO DE TUNJA
Tunja - Boyacá

AP-2



Fotografía 2. Avance de perforación y muestras recuperadas en exploración del AP-2.

6.4 *DOCUMENTOS ESPECIALISTA*



Diseño de pavimento para urbanismo E.S.E. SANTIAGO DE TUNJA
Tunja - Boyacá

UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA

ACTA DE POSTGRADO No. 048 -IP -2003-

En la ciudad de Bogotá D.C., a los **treinta (30)** días del mes de **marzo** del año dos mil **cuatro (2004)**, presidida por el señor RECTOR, se realizó la ceremonia de grado del alumno **LIBARDO ADOLFO LÓPEZ RAMÍREZ** con cédula de ciudadanía No. 7174175 de **TUNJA**, conforme a los Estatutos de la Universidad y al Acuerdo del Consejo Superior No. 046 del 11 de Diciembre de 1998, se le hizo entrega del diploma que le confiere el título de

ESPECIALISTA
EN:
INGENIERIA DE PAVIMENTOS.-

En fe de lo anterior se firma la presente acta.

(FDO.) EDWIN DE JESUS HORTA VASQUEZ
RECTOR

(FDO.) CARLOS ARTURO OSPINA HERNANDEZ
SECRETARIO GENERAL

(FDO.) RAFAEL PEREZ CARMONA
DECANO

(FDO.) ALFONSO MONTEJO FONSECA
DIRECTOR POSTGRADO

Es fiel copia tomada de su original.
Bogotá D.C., 30 de marzo de 2004

UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA
SECRETARIO GRAL.

CARLOS ARTURO OSPINA HERNANDEZ
SECRETARIO GENERAL

Anotado al Folio No. 18320PC- Libro 1
del 30 de marzo de 2004

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO

CONSEJO DIRECTIVO

Acta de Grado No. 1958

El Consejo Directivo de la ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO, en su sesión del día 2 de marzo de 2010, mediante el Acta General de Grado Profesional No. 58,

Considerando

Que la ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO, con Personería Jurídica del Ministerio de Justicia, Resolución No. 086 del 19 de enero de 1973 y certificada por el Ministerio de Educación Nacional, está facultada por el Gobierno Nacional para expedir el título profesional en Especialización en Diseño Construcción y Conservación de Vías.

Que el señor **Libardo Adolfo López Ramírez** con C. C. No. 7.174.175 de Tunja, ha presentado su solicitud de grado profesional acompañada de todos los documentos exigidos para el efecto, que el solicitante ha cursado y aprobado todas las asignaturas que componen el plan de estudios, y que ha cumplido los demás requisitos legales y reglamentarios según certifican el Rector y el Secretario General de la ESCUELA,

Resuelve

Primero: Otorgar el título de **Especialista en Diseño Construcción y Conservación de Vías** al señor

Libardo Adolfo López Ramírez

Segundo: Disponer que en testimonio del presente grado se haga entrega del diploma correspondiente, previo el juramento de rigor, en ceremonia especial.

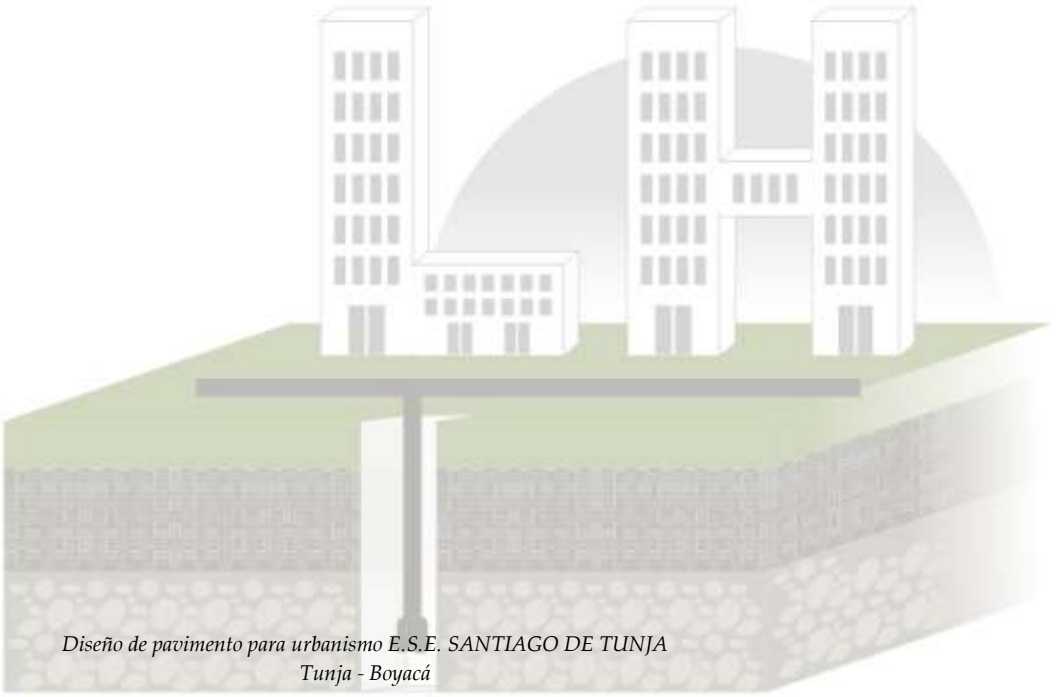
Para constancia, expide y certifica el Secretario General de la ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO, en Bogotá D. C., el día 2 de marzo de 2010.

Ing. RICARDO A. LÓPEZ CUALLA
Secretario General

No. de Registro 07180 **Libro de diplomas No. 1** **Folio 3590**

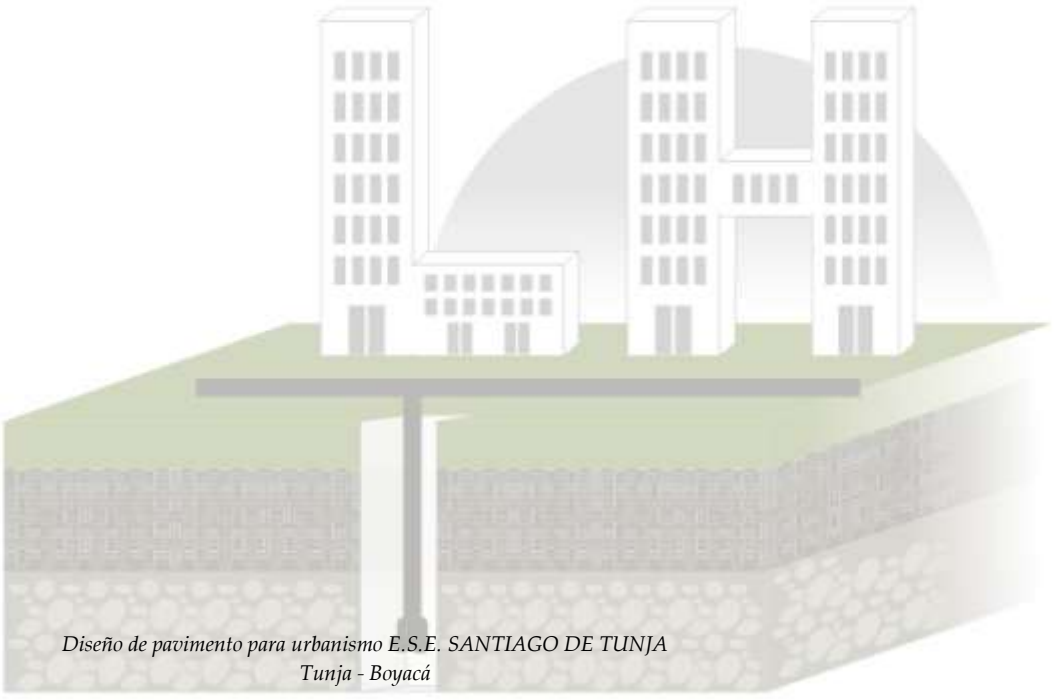
Ak 45 Nº 205-59 (autopista Norte, kilómetro 13)
PBX: (571) 668 3600 • Fax: 676 2340 • A.A. 14520 • Bogotá , D.C. (1029), Colombia
www.escuelaing.edu.co





Diseño de pavimento para urbanismo E.S.E. SANTIAGO DE TUNJA
Tunja - Boyacá

6.5 *MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD*



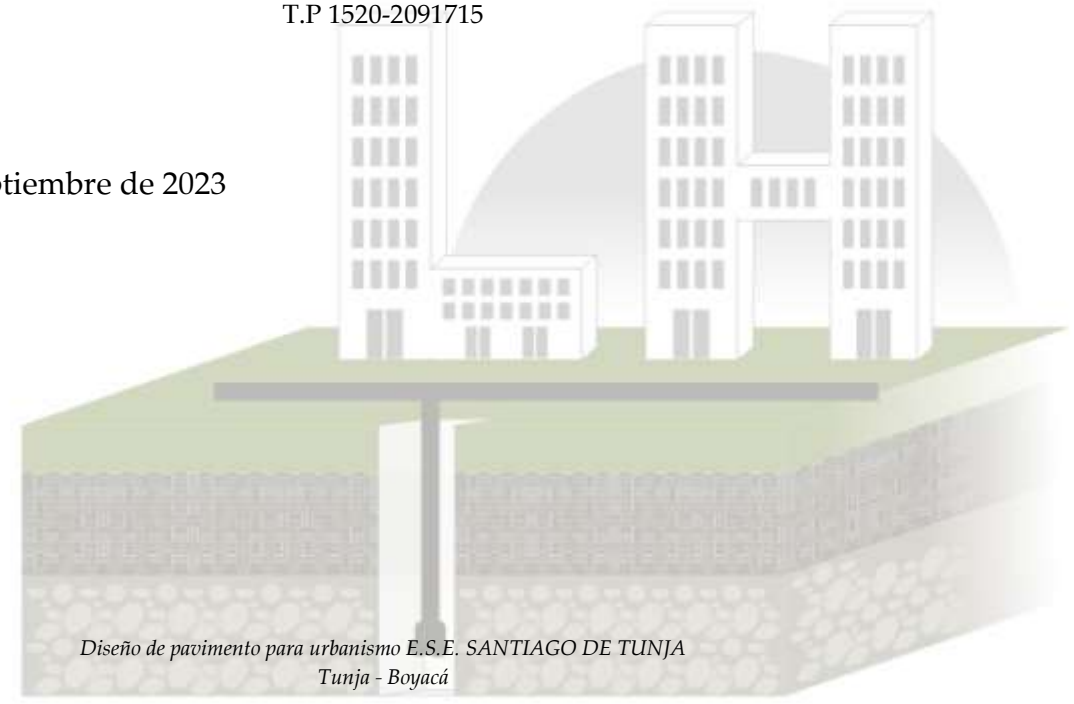
Diseño de pavimento para urbanismo E.S.E. SANTIAGO DE TUNJA
Tunja - Boyacá

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo, ***LIBARDO ADOLFO LÓPEZ RAMÍREZ,*** ingeniero civil, con matrícula profesional 15202091715 BYC, realicé por medio de la empresa LÓPEZ HERMANOS GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS el diseño de pavimento (DP 23006) para el "DISEÑO DE PAVIMENTO PARA URBANISMO EN LA EMPRESA SOCIAL DEL ESTADO (E.S.E.) SANTIAGO DE TUNJA" en el Municipio de Tunja - Departamento de Boyacá, según los requisitos del INVIAS.

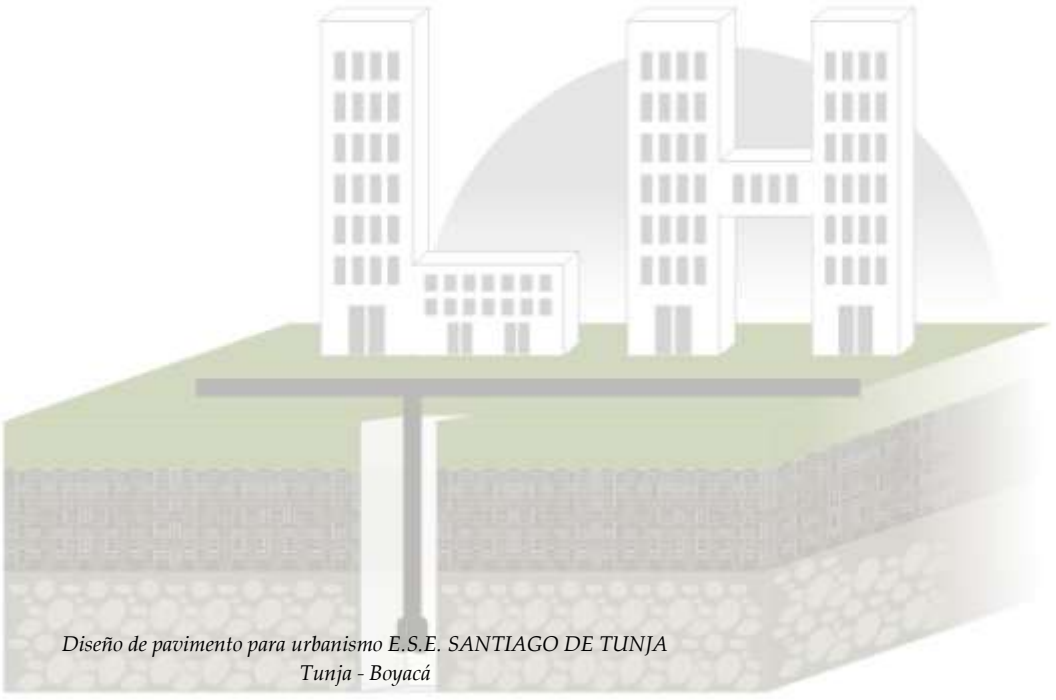
Ing. Libardo Adolfo López Ramírez
T.P 1520-2091715

Tunja, 05 de septiembre de 2023



Diseño de pavimento para urbanismo E.S.E. SANTIAGO DE TUNJA
Tunja - Boyacá

6.6 *ENSAYOS DE LABORATORIO*



Diseño de pavimento para urbanismo E.S.E. SANTIAGO DE TUNJA
Tunja - Boyacá

LÓPEZ HERMANOS GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS INVESTIGAMOS EL SUELO CIMENTANDO FUTURO	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO	Versión No. 1	15/08/2019
	ENSAYO DE C.B.R. INALTERADO	EL-INF-32	INV E - 148

Solicitado por: CONSORCIO TORRE HOSPITALARIA — **NIT/CC:** 901688433-7

Teléfono: 3132109054

Dirección: AV NORTE 47 A 40 P 3 OF 031 — **Orden:** 37273

Obra : Diseño de pavimento para urbanismo en la ESE Santiago de Tunja. — **Fecha de ensayo:** 26/08/2023

Procedencia: Tunja, Boyacá

Frente y localización : AP-1 — **Profundidad (m):** 0,6 m a 0,8m

Descripción: Limo color rojizo oxidado

Muestra	110777 (43)			*Sumergido*		
Tipo de ensayo	*No sumergido*					
Penetración	**Lectura celda**	**Carga Total**	**Carga Unitaria**	**Lectura celda**	**Carga Total**	**Carga Unitaria**
mm	lbf	N	MPa	lbf	N	MPa
0	0,0	0,0	0,0	0	0	0
0,64	33,00	147	0,08	39,00	173,48	0,09
1,27	79,00	351	0,18	72,00	320,27	0,17
1,91	112,00	498	0,26	92,00	409,24	0,21
2,54	131,00	583	**0,30**	105,00	467,06	**0,24**
3,18	144,00	641	0,33	118,00	524,89	0,27
3,81	164,00	730	0,38	125,00	556,03	0,29
4,45	177,00	787	0,41	131,00	582,72	0,30
5,08	184,00	818	**0,42**	138,00	613,85	**0,32**
7,62	223,00	992	0,51	158,00	702,82	0,36
10,16	243,00	1081	0,56	171,00	760,65	0,39
12,70	256,00	1139	0,59	184,00	818,47	0,42

DENSIDAD MUESTRA

Molde N°	20	
Volumen =	2107	cm³
Masa molde	5054	g
Masa molde+suelo=	8684	g
Densidad=	1720	kg/m³
Densidad=	*107*	*Lbs/pie³*
Densidad seca=	1450	kg/m³

EXPANSION MUESTRA

Lec. Inicial :	552
1 dia	560
2 dia	568
3 dia	573
4 dia	573

	No sumergido	Sumergido
Humedad de Penetración (%):	18,8%	44,5%
C.B.R. corregido a 2,54 mm :	4,4%	3,5%
C.B.R. corregido a 5,08 mm :	4,1%	3,1%

Expansión= 0,46% %

EJECUTÓ	REVISÓ	APROBÓ
YEIMY EDILSON RIOS CIFUENTES	LAURA CRISTINA GÓMEZ RAMÍREZ	JOHANA CAROLINA CARO
LABORATORISTA	INGENIERA DE SOPORTE	M.P 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotécnia y Aguas subterraneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s)

LÓPEZ HERMANOS GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS S.A.S — INVESTIGAMOS EL SUELO CIMENTANDO FUTURO	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO	Versión No. 1	15/08/2019
	ENSAYO DE C.B.R. INALTERADO	EL-INF-32	INV E - 148

Solicitado por: CONSORCIO TORRE HOSPITALARIA — **NIT/CC:** 901688433-7

Teléfono: 3132109054

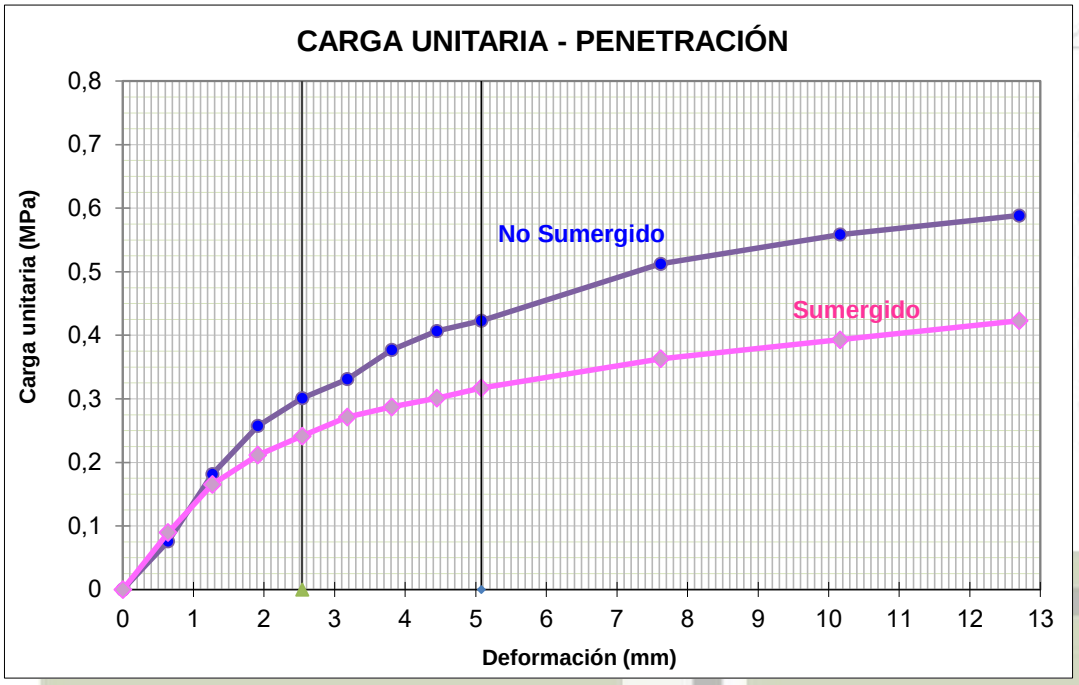
Dirección: AV NORTE 47 A 40 P 3 OF 031 — **Orden:** 37273

Obra : Diseño de pavimento para urbanismo en la ESE Santiago de Tunja. — **Fecha de ensayo:** 26/08/2023

Procedencia: Tunja, Boyacá

Frente y localización : AP-1 — **Profundidad (m):** 0,6 m a 0,8m

Descripción: Limo color rojizo oxidado



	No sumergido	Sumergido	
Humedad de Penetración (%):	18,8%	44,5%	0,00%
C.B.R. corregido a 2,54 mm :	4,4%	3,5%	%
C.B.R. corregido a 5,08 mm :	4,1%	3,1%	

EJECUTÓ	REVISÓ	APROBÓ
YEIMY EDILSON RIOS CIFUENTES	LAURA CRISTINA GÓMEZ RAMÍREZ	JOHANA CAROLINA CARO
LABORATORISTA	INGENIERA DE SOPORTE	M.P 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotécnia y Aguas subterraneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s)

	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS INVESTIGAMOS EL SUELO CIMENTANDO FUTURO Av Norte 48-57 Tunja (BOY) - Tel: 3108717384 - (8) 7403972 - email: lopezhnos@lhltda.com	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO	Versión No. 2	5/06/2023
	INFORME DE ENSAYOS: HUMEDAD NATURAL, LÍMITES DE CONSISTENCIA, LAVADO SOBRE TAMIZ No. 200,RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA, VELETA Y PENETRÓMETRO DE BOLSILLO Y SPT	EL-INF-33	INVE - 122 - 13, INVE - 125 - 13, INVE - 126 - 13, INVE - 214 - 13, INVE - 152 - 13

Número de ensayo: ***110776 (34)***

Solicitado por: CONSORCIO TORRE HOSPITALARIA

Dirección: AV NORTE 47 A 40 P 3 OF 031 — ***Muestra No.:*** **110776 (34)**

NIT./C.C.: 901688433-7

Tel.: 3132109054 — ***No de Orden:*** ***37273***

Obra: Diseño de pavimento para urbanismo en la ESE Santiago de Tunja. — ***Fecha de ensayo:*** 26/08/2023

Finalidad: Determinar calidad del material — ***Fecha de Informe:*** 28/08/2023

Muestra tomada por: López Hermanos (Geotecnia) — ***Fecha de muestreo:*** 17/08/2023

Procedencia: Tunja, Boyacá — ***Referencia Interna Cliente:*** DP23006

Barreno: **AP - 1** — ***Tipo de muestreador:*** Bolsa

Profundidad (m): **0/0,6** — ***Fecha de ingreso de muestra:*** 17/08/2023

Descripción de la muestra: Limo con algunas gravas, color amarillo

HUMEDAD NATURAL	Masa del especimen húmedo (g)	87,98
	Masa de recipiente (g)	20,66
	Masa de recipiente + suelo humedo (g)	108,64
	Masa de recipiente + suelo seco (g)	102,62
	HUMEDAD NATURAL (%)	**7,3**

LAVADO SOBRE TAMIZ No. 200	Peso suelo seco antes de lavar, (g)	-
	Peso suelo seco después de lavar, (g)	-
	PASANTE MALLA No. 4	**-**
	PASANTE MALLA No. 200	**-**

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA	Estado de la muestra	SPT
	Altura inicial del espécimen, mm	-
	Diámetro del espécimen, mm	-
	Masa del especímen húmedo (g)	-
	Relacion Altura / diámetro	-
	Área inicial transversal de la muestra, mm²	-
	Velocidad de deformación (mm/min)	-
	Densidad Húmeda (KN/m$^{3)}$	-
	Densidad seca (KN/m^3)	-
	Carga máxima (kN)	-
	Deformación al momento de falla (mm)	-
	Resistencia a la compresión inconfinada, kPa	-
	Resistencia al corte no drenada (Su), kPa	-
	Deformación en el instante de la falla, %	-
	Tipo de Falla	**-**

LÍMITE LÍQUIDO - Método B	Recipiente No.	-	-
	Número de golpes	-	-
	Masa del recipiente, g	-	-
	Masa del recipiente más muestra húmeda, g	-	-
	Masa del recipiente más muestra seca,g	-	-
	Contenido de agua, %	-	-
	% LÍMITE LÍQUIDO (LL)	**-**	

LÍMITE PLÁSTICO	Recipiente No.	-	-
	Masa del recipiente (g)	-	-
	Masa del recipiente + suelo húmedo (g)	-	-
	Masa del recipiente + suelo seco (g)	-	-
	Contenido de agua, %	-	-
	% LÍMITE PLÁSTICO (LP)	**-**	
	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	**-**	

V Y P	**VELETA DE MANO (kPa)**	**-**
	PENETRÓMETRO DE BOLSILLO (kPa)	**-**
SPT	**N (Valor obtenido en campo)**	**-**

Observaciones: ***NINGUNA***

Revisó y Aprobó
ING. JOHANA CARO CARO
15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizo el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.
Los ensayos fueron realizados en el laboratorio lópez Hermanos SAS -Tunja, a excepción del ensayo SPT que se realiza en campo.

-Fin de informe-

	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS INVESTIGAMOS EL SUELO CIMENTANDO FUTURO Av Norte 48-57 Tunja (BOY) - Tel: 3108717384 - (8) 7403972 - email: lopezhnos@lhltda.com	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO	Versión No. 2	5/06/2023
	INFORME DE ENSAYOS: HUMEDAD NATURAL, LÍMITES DE CONSISTENCIA, LAVADO SOBRE TAMIZ No. 200,RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA, VELETA Y PENETRÓMETRO DE BOLSILLO Y SPT	EL-INF-33	INVE - 122 - 13, INVE - 125 - 13, INVE - 126 - 13, INVE - 214 - 13, INVE - 152 - 13

Número de ensayo: ***110777 (34)***

Solicitado por: CONSORCIO TORRE HOSPITALARIA

Dirección: AV NORTE 47 A 40 P 3 OF 031 — ***Muestra No.:*** **110777 (34)**

NIT./C.C.: 901688433-7

Tel.: 3132109054 — ***No de Orden:*** ***37273***

Obra: Diseño de pavimento para urbanismo en la ESE Santiago de Tunja. — ***Fecha de ensayo:*** 28/08/2023

Finalidad: Determinar calidad del material — ***Fecha de Informe:*** 28/08/2023

Muestra tomada por: López Hermanos (Geotecnia) — ***Fecha de muestreo:*** 17/08/2023

Procedencia: Tunja, Boyacá — ***Referencia Interna Cliente:*** DP23006

Barreno: **AP - 1** — ***Tipo de muestreador:*** CBR

Profundidad (m): **0,6/0,8** — ***Fecha de ingreso de muestra:*** 17/08/2023

Descripción de la muestra: Limo color rojizo oxidado

HUMEDAD NATURAL		
	Masa del especimen húmedo (g)	537,05
	Masa de recipiente (g)	37,55
	Masa de recipiente + suelo humedo (g)	574,6
	Masa de recipiente + suelo seco (g)	489,8
	HUMEDAD NATURAL (%)	**18,8**

LAVADO SOBRE TAMIZ No. 200		
	Peso suelo seco antes de lavar, (g)	452,25
	Peso suelo seco después de lavar, (g)	37,12
	PASANTE MALLA No. 4	**97**
	PASANTE MALLA No. 200	**92**

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA		
	Estado de la muestra	CBR
	Altura inicial del espécimen, mm	-
	Diámetro del espécimen, mm	-
	Masa del especímen húmedo (g)	-
	Relacion Altura / diámetro	-
	Área inicial transversal de la muestra, mm²	-
	Velocidad de deformación (mm/min)	-
	Densidad Húmeda (KN/m^{3})	-
	Densidad seca (KN/m^{3})	-
	Carga máxima (kN)	-
	Deformación al momento de falla (mm)	-
	Resistencia a la compresión inconfinada, kPa	-
	Resistencia al corte no drenada (Su), kPa	-
	Deformación en el instante de la falla, %	-
	Tipo de Falla	-

LÍMITE LÍQUIDO - Método B			
	Recipiente No.	**A117**	**A9**
	Número de golpes	24	28
	Masa del recipiente, g	17,98	17,28
	Masa del recipiente más muestra húmeda, g	26,63	27,54
	Masa del recipiente más muestra seca,g	23,12	23,39
	Contenido de agua, %	68,3	67,9
	% LÍMITE LÍQUIDO (LL)	**68**	

LÍMITE PLÁSTICO			
	Recipiente No.	D73	D28
	Masa del recipiente (g)	7,68	5,7
	Masa del recipiente + suelo húmedo (g)	14,77	12,23
	Masa del recipiente + suelo seco (g)	12,79	10,4
	Contenido de agua, %	38,7	38,9
	% LÍMITE PLÁSTICO (LP)	**39**	
	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	**29**	

V Y P	**VELETA DE MANO (kPa)**	-
	PENETRÓMETRO DE BOLSILLO (kPa)	-
SPT	**N (Valor obtenido en campo)**	-

Observaciones: ***NINGUNA***

Revisó y Aprobó
ING. JOHANA CARO CARO
15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizo el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.
Los ensayos fueron realizados en el laboratorio lópez Hermanos SAS -Tunja, a excepción del ensayo SPT que se realiza en campo.

-Fin de informe-

	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS INVESTIGAMOS EL SUELO CIMENTANDO FUTURO Av Norte 48-57 Tunja (BOY) - Tel: 3108717384 - (8) 7403972 - email: lopezhnos@lhltda.com	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO	Versión No. 2	5/06/2023
	INFORME DE ENSAYOS: HUMEDAD NATURAL, LÍMITES DE CONSISTENCIA, LAVADO SOBRE TAMIZ No. 200,RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA, VELETA Y PENETRÓMETRO DE BOLSILLO Y SPT	EL-INF-33	INVE - 122 - 13, INVE - 125 - 13, INVE - 126 - 13, INVE - 214 - 13, INVE - 152 - 13

Número de ensayo: ***110778 (34)***

Solicitado por: CONSORCIO TORRE HOSPITALARIA

Dirección: AV NORTE 47 A 40 P 3 OF 031 — ***Muestra No.:*** **110778 (34)**

NIT./C.C.: 901688433-7

Tel.: 3132109054 — ***No de Orden:*** ***37273***

Obra: Diseño de pavimento para urbanismo en la ESE Santiago de Tunja. — ***Fecha de ensayo:*** 28/08/2023

Finalidad: Determinar calidad del material — ***Fecha de Informe:*** 28/08/2023

Muestra tomada por: López Hermanos (Geotecnia) — ***Fecha de muestreo:*** 17/08/2023

Procedencia: Tunja, Boyacá — ***Referencia Interna Cliente:*** DP23006

Barreno: **AP - 1** — ***Tipo de muestreador:*** Shelby

Profundidad (m): **1/1,5** — ***Fecha de ingreso de muestra:*** 17/08/2023

Descripción de la muestra: Limo color rojizo y habano

HUMEDAD NATURAL

Masa del especimen húmedo (g)	351,74
Masa de recipiente (g)	48,26
Masa de recipiente + suelo humedo (g)	400
Masa de recipiente + suelo seco (g)	264,45
HUMEDAD NATURAL (%)	**62,7**

LAVADO SOBRE TAMIZ No. 200

Peso suelo seco antes de lavar, (g)	216,19
Peso suelo seco después de lavar, (g)	3
PASANTE MALLA No. 4	**100**
PASANTE MALLA No. 200	**99**

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA

Estado de la muestra	Inalterada
Altura inicial del espécimen, mm	119,31
Diámetro del espécimen, mm	58,38
Masa del especímen húmedo (g)	526,1
Relacion Altura / diámetro	2,04
Área inicial transversal de la muestra, mm²	2677
Velocidad de deformación (mm/min)	1,5
Densidad Húmeda (KN/m$^{3)}$	16,47
Densidad seca (KN/m^3)	10,12
Carga máxima (kN)	0,388
Deformación al momento de falla (mm)	4,317
Resistencia a la compresión inconfinada, kPa	139,72
Resistencia al corte no drenada (Su), kPa	69,86
Deformación en el instante de la falla, %	3,6
Tipo de Falla	**CORTE**

LÍMITE LÍQUIDO - Método B

Recipiente No.	A30	A50
Número de golpes	25	28
Masa del recipiente, g	17,32	17,13
Masa del recipiente más muestra húmeda, g	24,65	24,26
Masa del recipiente más muestra seca,g	21,08	20,78
Contenido de agua, %	94,9	95,3
% LÍMITE LÍQUIDO (LL)	**95**	

LÍMITE PLÁSTICO

Recipiente No.	D3	D34
Masa del recipiente (g)	6,4	6,16
Masa del recipiente + suelo húmedo (g)	11,88	11,06
Masa del recipiente + suelo seco (g)	10,1	9,49
Contenido de agua, %	48,1	47,1
% LÍMITE PLÁSTICO (LP)	**48**	
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	**47**	

V Y P	**VELETA DE MANO (kPa)**	**125**
	PENETRÓMETRO DE BOLSILLO (kPa)	**200**
SPT	**N (Valor obtenido en campo)**	**-**



Observaciones: ***NINGUNA***

Revisó y Aprobó
ING. JOHANA CARO CARO
15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizo el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.
Los ensayos fueron realizados en el laboratorio lópez Hermanos SAS -Tunja, a excepción del ensayo SPT que se realiza en campo.

-Fin de informe-

LÓPEZ HERMANOS SAS GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS INVESTIGAMOS EL SUELO CIMENTANDO FUTURO Av Norte 48-57 Tunja (BOY) - Tel: 3108717384 - (8) 7403972 - email: lopezhnos@hotmail.com	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO	Versión No. 1	15/08/2019
	ENSAYO DE C.B.R. INALTERADO	EL-INF-32	INV E - 148

Solicitado por: CONSORCIO TORRE HOSPITALARIA **NIT/CC:** 901688433-7

Teléfono: 3132109054

Dirección: AV NORTE 47 A 40 P 3 OF 031 **Orden:** 37273

Obra : Diseño de pavimento para urbanismo en la ESE Santiago de Tunja. **Fecha de ensayo:** 2023/8/28

Procedencia: Tunja, Boyacá

Frente y localización : AP-2 **Profundidad (m):** 0,7 m a 0,9m

Descripción: Limo color marrón rojizo

Muestra	110780 (43)			*Sumergido*		
Tipo de ensayo	*No sumergido*					
Penetración	**Lectura celda**	**Carga Total**	**Carga Unitaria**	**Lectura celda**	**Carga Total**	**Carga Unitaria**
mm	lbf	N	MPa	lbf	N	MPa
0	0,0	0,0	0,0	0	0	0
0,64	118,00	525	0,27	72,00	320,27	0,17
1,27	236,00	1050	0,54	138,00	613,85	0,32
1,91	315,00	1401	0,72	184,00	818,47	0,42
2,54	394,00	1753	**0,91**	230,00	1023,1	**0,53**
3,18	453,00	2015	1,04	263,00	1169,9	0,60
3,81	499,00	2220	1,15	289,00	1285,5	0,66
4,45	545,00	2424	1,25	315,00	1401,2	0,72
5,08	578,00	2571	**1,33**	335,00	1490,2	**0,77**
7,62	689,00	3065	1,58	394,00	1752,6	0,91
10,16	768,00	3416	1,77	440,00	1957,2	1,01
12,70	827,00	3679	1,90	473,00	2104	1,09

DENSIDAD MUESTRA

Molde N°	27N	
Volumen =	2112	cm³
Masa molde	5191	g
Masa molde+suelo=	8938	g
Densidad=	1770	kg/m³
Densidad=	*110*	*Lbs/pie³*
Densidad seca=	1540	kg/m³

EXPANSION MUESTRA

Lec. Inicial :	583
1 dia	586
2 dia	588
3 dia	590
4 dia	590

Expansión= 0,15%

%

	No sumergido	Sumergido
Humedad de Penetración (%):	14,6%	23,9%
C.B.R. corregido a 2,54 mm :	13,1%	7,7%
C.B.R. corregido a 5,08 mm :	12,9%	7,5%

EJECUTÓ	REVISÓ	APROBÓ
YEIMY EDILSON RIOS CIFUENTES	LAURA CRISTINA GÓMEZ RAMÍREZ	JOHANA CAROLINA CARO
LABORATORISTA	INGENIERA DE SOPORTE	M.P 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotécnia y Aguas subterraneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s)

LÓPEZ HERMANOS SAS GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS — INVESTIGAMOS EL SUELO CIMENTANDO FUTURO	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO	Versión No. 1	15/08/2019
	ENSAYO DE C.B.R. INALTERADO	EL-INF-32	INV E - 148

Solicitado por: CONSORCIO TORRE HOSPITALARIA — **NIT/CC:** 901688433-7

Teléfono: 3132109054

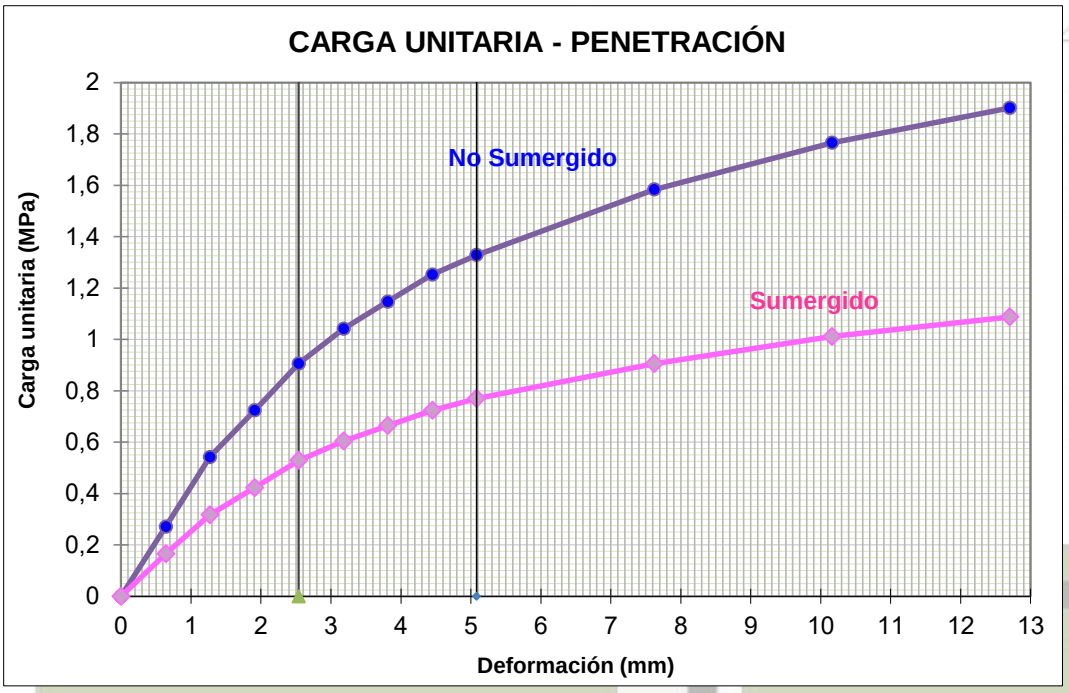
Dirección: AV NORTE 47 A 40 P 3 OF 031 — **Orden:** 37273

Obra : Diseño de pavimento para urbanismo en la ESE Santiago de Tunja. — **Fecha de ensayo:** 2023/8/28

Procedencia: Tunja, Boyacá

Frente y localización : AP-2 — **Profundidad (m):** 0,7 m a 0,9m

Descripción: Limo color marrón rojizo



	No sumergido	Sumergido	
Humedad de Penetración (%):	14,6%	23,9%	0,00%
C.B.R. corregido a 2,54 mm :	13,1%	7,7%	%
C.B.R. corregido a 5,08 mm :	12,9%	7,5%	

EJECUTÓ	REVISÓ	APROBÓ
YEIMY EDILSON RIOS CIFUENTES	LAURA CRISTINA GÓMEZ RAMÍREZ	JOHANA CAROLINA CARO
LABORATORISTA	INGENIERA DE SOPORTE	M.P 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotécnia y Aguas subterraneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s)

	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS INVESTIGAMOS EL SUELO CIMENTANDO FUTURO Av Norte 48-57 Tunja (BOY) - Tel: 3108717384 - (8) 7403972 - email: lopezhnos@lhltda.com	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO	Versión No. 2	5/06/2023
	INFORME DE ENSAYOS: HUMEDAD NATURAL, LÍMITES DE CONSISTENCIA, LAVADO SOBRE TAMIZ No. 200,RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA, VELETA Y PENETRÓMETRO DE BOLSILLO Y SPT	EL-INF-33	INVE - 122 - 13, INVE - 125 - 13, INVE - 126 - 13, INVE - 214 - 13, INVE - 152 - 13

Número de ensayo: ***110779 (34)***

Solicitado por: CONSORCIO TORRE HOSPITALARIA

Dirección: AV NORTE 47 A 40 P 3 OF 031 — ***Muestra No.:*** **110779 (34)**

NIT./C.C.: 901688433-7

Tel.: 3132109054 — ***No de Orden:*** ***37273***

Obra: Diseño de pavimento para urbanismo en la ESE Santiago de Tunja. — ***Fecha de ensayo:*** 28/08/2023

Finalidad: Determinar calidad del material — ***Fecha de Informe:*** 28/08/2023

Muestra tomada por: López Hermanos (Geotecnia) — ***Fecha de muestreo:*** 17/08/2023

Procedencia: Tunja, Boyacá — ***Referencia Interna Cliente:*** DP23006

Barreno: **AP - 2** — ***Tipo de muestreador:*** Bolsa

Profundidad (m): **0,1/0,7** — ***Fecha de ingreso de muestra:*** 17/08/2023

Descripción de la muestra: Arcilla con arena color rojizo oxidado

HUMEDAD NATURAL		
	Masa del especimen húmedo (g)	370,87
	Masa de recipiente (g)	39,55
	Masa de recipiente + suelo humedo (g)	410,42
	Masa de recipiente + suelo seco (g)	349,89
	HUMEDAD NATURAL (%)	**19,5**

LAVADO SOBRE TAMIZ No. 200		
	Peso suelo seco antes de lavar, (g)	310,34
	Peso suelo seco después de lavar, (g)	61,64
	PASANTE MALLA No. 4	**100**
	PASANTE MALLA No. 200	**80**

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA		
	Estado de la muestra	Suelta
	Altura inicial del espécimen, mm	-
	Diámetro del espécimen, mm	-
	Masa del especímen húmedo (g)	-
	Relacion Altura / diámetro	-
	Área inicial transversal de la muestra, mm²	-
	Velocidad de deformación (mm/min)	-
	Densidad Húmeda (KN/m^{3})	-
	Densidad seca (KN/m^{3})	-
	Carga máxima (kN)	-
	Deformación al momento de falla (mm)	-
	Resistencia a la compresión inconfinada, kPa	-
	Resistencia al corte no drenada (Su), kPa	-
	Deformación en el instante de la falla, %	-
	Tipo de Falla	-

LÍMITE LÍQUIDO - Método B			
	Recipiente No.	**A6**	**A107**
	Número de golpes	23	27
	Masa del recipiente, g	17,28	16,22
	Masa del recipiente más muestra húmeda, g	28,08	25,69
	Masa del recipiente más muestra seca,g	24,85	22,88
	Contenido de agua, %	42,7	42,2
	% LÍMITE LÍQUIDO (LL)	**42**	

LÍMITE PLÁSTICO			
	Recipiente No.	D19	D39
	Masa del recipiente (g)	6,25	6,09
	Masa del recipiente + suelo húmedo (g)	15	13,79
	Masa del recipiente + suelo seco (g)	13,3	12,29
	Contenido de agua, %	24,1	24,2
	% LÍMITE PLÁSTICO (LP)	**24**	
	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	**18**	

V Y P	**VELETA DE MANO (kPa)**	-
	PENETRÓMETRO DE BOLSILLO (kPa)	-
SPT	**N (Valor obtenido en campo)**	-

Observaciones: ***NINGUNA***

Revisó y Aprobó
ING. JOHANA CARO CARO
15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizo el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.
Los ensayos fueron realizados en el laboratorio lópez Hermanos SAS -Tunja, a excepción del ensayo SPT que se realiza en campo.

-Fin de informe-

	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS INVESTIGAMOS EL SUELO CIMENTANDO FUTURO Av Norte 48-57 Tunja (BOY) - Tel: 3108717384 - (8) 7403972 - email: lopezhnos@lhltda.com	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO	Versión No. 2	5/06/2023
	INFORME DE ENSAYOS: HUMEDAD NATURAL, LÍMITES DE CONSISTENCIA, LAVADO SOBRE TAMIZ No. 200,RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA, VELETA Y PENETRÓMETRO DE BOLSILLO Y SPT	EL-INF-33	INVE - 122 - 13, INVE - 125 - 13, INVE - 126 - 13, INVE - 214 - 13, INVE - 152 - 13

Número de ensayo: ***110780 (34)***

Solicitado por: CONSORCIO TORRE HOSPITALARIA

Dirección: AV NORTE 47 A 40 P 3 OF 031 — ***Muestra No.:*** **110780 (34)**

NIT./C.C.: 901688433-7

Tel.: 3132109054 — ***No de Orden:*** ***37273***

Obra: Diseño de pavimento para urbanismo en la ESE Santiago de Tunja. — ***Fecha de ensayo:*** 28/08/2023

Finalidad: Determinar calidad del material — ***Fecha de Informe:*** 28/08/2023

Muestra tomada por: López Hermanos (Geotecnia) — ***Fecha de muestreo:*** 17/08/2023

Procedencia: Tunja, Boyacá — ***Referencia Interna Cliente:*** DP23006

Barreno: **AP - 2** — ***Tipo de muestreador:*** CBR

Profundidad (m): **0,7/0,9** — ***Fecha de ingreso de muestra:*** 17/08/2023

Descripción de la muestra: Limo color marrón rojizo

HUMEDAD NATURAL		
	Masa del especimen húmedo (g)	518,32
	Masa de recipiente (g)	37,88
	Masa de recipiente + suelo humedo (g)	556,2
	Masa de recipiente + suelo seco (g)	490,3
	HUMEDAD NATURAL (%)	**14,6**

LÍMITE LÍQUIDO - Método B			
	Recipiente No.	**A41**	**A18**
	Número de golpes	23	26
	Masa del recipiente, g	17,78	17,89
	Masa del recipiente más muestra húmeda, g	25,31	26,21
	Masa del recipiente más muestra seca,g	22,68	23,31
	Contenido de agua, %	53,7	53,5
	% LÍMITE LÍQUIDO (LL)	**54**	

LAVADO SOBRE TAMIZ No. 200		
	Peso suelo seco antes de lavar, (g)	452,42
	Peso suelo seco después de lavar, (g)	46,44
	PASANTE MALLA No. 4	**100**
	PASANTE MALLA No. 200	**90**

LÍMITE PLÁSTICO			
	Recipiente No.	D36	D35
	Masa del recipiente (g)	6,4	6,19
	Masa del recipiente + suelo húmedo (g)	11,95	11,7
	Masa del recipiente + suelo seco (g)	10,62	10,38
	Contenido de agua, %	31,5	31,5
	% LÍMITE PLÁSTICO (LP)	**32**	
	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	**22**	

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA		
	Estado de la muestra	CBR
	Altura inicial del espécimen, mm	-
	Diámetro del espécimen, mm	-
	Masa del especímen húmedo (g)	-
	Relacion Altura / diámetro	-
	Área inicial transversal de la muestra, mm²	-
	Velocidad de deformación (mm/min)	-
	Densidad Húmeda (KN/m^3)	-
	Densidad seca (KN/m^3)	-
	Carga máxima (kN)	-
	Deformación al momento de falla (mm)	-
	Resistencia a la compresión inconfinada, kPa	-
	Resistencia al corte no drenada (Su), kPa	-
	Deformación en el instante de la falla, %	-
	Tipo de Falla	-

V Y P	**VELETA DE MANO (kPa)**	-
	PENETRÓMETRO DE BOLSILLO (kPa)	-
SPT	**N (Valor obtenido en campo)**	-

Observaciones: ***NINGUNA***

Revisó y Aprobó
ING. JOHANA CARO CARO
15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizo el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.
Los ensayos fueron realizados en el laboratorio lópez Hermanos SAS -Tunja, a excepción del ensayo SPT que se realiza en campo.

-Fin de informe-

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS INVESTIGAMOS EL SUELO CIMENTANDO FUTURO Av Norte 48-57 Tunja (BOY) - Tel: 3108717384 - (8) 7403972 - email: lopezhnos@lhltda.com	Formato del Sistema de Gestión de Calidad EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO **INFORME DE ENSAYOS: HUMEDAD NATURAL, LÍMITES DE CONSISTENCIA, LAVADO SOBRE TAMIZ No. 200,RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA, VELETA Y PENETRÓMETRO DE BOLSILLO Y SPT**	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S Versión No. 2 — 5/06/2023 EL-INF-33 — INVE - 122 - 13, INVE - 125 - 13, INVE - 126 - 13, INVE - 214 - 13, INVE - 152 - 13

Número de ensayo: ***110781 (34)***

Solicitado por: CONSORCIO TORRE HOSPITALARIA

Dirección: AV NORTE 47 A 40 P 3 OF 031 — ***Muestra No.:*** **110781 (34)**

NIT./C.C.: 901688433-7

Tel.: 3132109054 — ***No de Orden:*** ***37273***

Obra: Diseño de pavimento para urbanismo en la ESE Santiago de Tunja. — ***Fecha de ensayo:*** 28/08/2023

Finalidad: Determinar calidad del material — ***Fecha de Informe:*** 28/08/2023

Muestra tomada por: López Hermanos (Geotecnia) — ***Fecha de muestreo:*** 17/08/2023

Procedencia: Tunja, Boyacá — ***Referencia Interna Cliente:*** DP23006

Barreno: **AP - 2** — ***Tipo de muestreador:*** Shelby

Profundidad (m): **1,2/1,5** — ***Fecha de ingreso de muestra:*** 17/08/2023

Descripción de la muestra: Limo color rojizo y habano

HUMEDAD NATURAL	
Masa del especimen húmedo (g)	49,93
Masa de recipiente (g)	16,56
Masa de recipiente + suelo humedo (g)	66,49
Masa de recipiente + suelo seco (g)	48,37
HUMEDAD NATURAL (%)	**57**

LÍMITE LÍQUIDO - 0		
Recipiente No.	-	-
Número de golpes	-	-
Masa del recipiente, g	-	-
Masa del recipiente más muestra húmeda, g	-	-
Masa del recipiente más muestra seca,g	-	-
Contenido de agua, %	-	-
% LÍMITE LÍQUIDO (LL)	**-**	

LAVADO SOBRE TAMIZ No. 200	
Peso suelo seco antes de lavar, (g)	-
Peso suelo seco después de lavar, (g)	-
PASANTE MALLA No. 4	**-**
PASANTE MALLA No. 200	**-**

LÍMITE PLÁSTICO		
Recipiente No.	-	-
Masa del recipiente (g)	-	-
Masa del recipiente + suelo húmedo (g)	-	-
Masa del recipiente + suelo seco (g)	-	-
Contenido de agua, %	-	-
% LÍMITE PLÁSTICO (LP)	**-**	
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	**-**	

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA	
Estado de la muestra	Inalterada
Altura inicial del espécimen, mm	119,22
Diámetro del espécimen, mm	58,81
Masa del especímen húmedo (g)	532,2
Relacion Altura / diámetro	2,03
Área inicial transversal de la muestra, mm²	2716
Velocidad de deformación (mm/min)	1,5
Densidad Húmeda (KN/m$^{3)}$	16,44
Densidad seca (KN/m^3)	10,47
Carga máxima (kN)	0,42
Deformación al momento de falla (mm)	5,271
Resistencia a la compresión inconfinada, kPa	147,84
Resistencia al corte no drenada (Su), kPa	73,92
Deformación en el instante de la falla, %	4,4
Tipo de Falla	**CORTE**

V Y P	**VELETA DE MANO (kPa)**	**125**
	PENETRÓMETRO DE BOLSILLO (kPa)	**200**
SPT	**N (Valor obtenido en campo)**	**-**



Observaciones: ***NINGUNA***

Revisó y Aprobó
ING. JOHANA CARO CARO
15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizo el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.
Los ensayos fueron realizados en el laboratorio lópez Hermanos SAS -Tunja, a excepción del ensayo SPT que se realiza en campo.

-Fin de informe-