PABLO DANIEL
MANOTOA PAREDES
INGENIERO CIVIL
0999706968

ESTUDIO Y DISEÑO VIAL

PROYECTO: "REALIZAR ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS EN VARIAS VÍAS DEL CANTÓN GUARANDA" - VIA SAN JUAN DE LLULLUNDONGO – CRUCE DE VIA A GUANTO CRUZ.

LOCALIZACIÓN: Provincia Bolívar/Cantón Guaranda/Vía San Juan de Llullundongo – Cruce de vía a Guantocruz

SOLICITADO: GAD MUNICIPAL GUARANDA

CONTRATISTA: ING. PABLO MANOTOA

FECHA DE ENSAYO: 2025-julio-04

FECHA DE REPORTE: 2025-julio-27

N.º DE TRABAJO: TLb-2025-429

ÍNDICE

1. OBJETIVO 5
2. UBICACIÓN DEL PROYECTO. 5
3. TRABAJOS REALIZADOS 7
3.1. TRABAJOS DE CAMPO 7
3.2. TRABAJOS DE LABORATORIO 7
4. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUELO 7
CALICATA: N.º 1 7
CALICATA: N.º 2 8
CALICATA: N.º 3 8
CALICATA: N.º 4 8
4.1. CBR DE DISEÑO 9
5. DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS 9
5.1. ANÁLISIS DE TRÁFICO 9
5.2. CÁLCULO Y DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO 11
5.2.1. EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS SEGÚN EL PERIODO DE DISEÑO 11
5.2.2. FACTORES DE DAÑO DE ACUERDO AL TIPO DE VEHÍCULO 12
5.2.3. FACTOR DE DISTRIBUCIÓN DE CARRIL 12
5.2.4. CÁLCULO DEL NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES 13
5.2.5. CONFIABILIDAD “R” 13
5.2.6. DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL “So” 14
5.2.7. ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD DE LA CARRETERA “PSI” 14
5.2.8. MÓDULO DE LA RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE 15
5.2.9. DETERMINACIÓN DE ESPESORES POR CAPAS 15
5.2.10. NÚMERO ESTRUCTURAL DE LA CARPETA ASFÁLTICA 16
5.2.11. CAPA DE BASE DE MATERIAL GRANULAR 16
5.2.12. CAPA SUBBASE DE MATERIAL GRANULAR 16

5.2.13. COEFICIENTE DE DRENAJE 16
5.2.14. DISEÑO FINAL CON SISTEMA MULTICAPA 17
5.2.15. PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR EL ESPESOR DE REEMPLAZO EN FUNCIÓN CBR DE DISEÑO 19
6. CONCLUSIONES 21
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 21
PROPUESTA VIAL 22
8. FIRMA DE RESPONSABILIDAD 22
9. ANEXOS 23
9.1. MUESTRA N.º 1 23
1. IMÁGENES 43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Índice de Crecimiento Vehicular, Comunicaciones, MTOP-001-f-2002, 2002 11
Tabla 2 Periodo de Diseño de acuerdo al tipo de Carretera 12
Tabla 3 Factores de daño (FD) (Comunicaciones, MTOP-001-f-2002, 2002) 12
Tabla 4 Repartición del tránsito (Comunicaciones, Norma para Estudio y Diseño Vial, 2013) 13
Tabla 5 Confiabilidad " R " de acuerdo al tipo de vía (Diseño de Pavimentos según método AASHTO 93, 1993) 13
Tabla 6 Factores de desviación estándar normal, Zr, (Diseño de Pavimentos según método AASHTO 93, 1993) 14
Tabla 7 Espesores mínimos en función de los ejes equivalentes (pulgadas) (Diseño de Pavimentos según método AASHTO 93, 1993) 15
Tabla 8 Capacidad de drenaje (Diseño de Pavimentos según método AASHTO 93, 1993) 17
Tabla 9 Coeficientes de Drenaje (Diseño de Pavimentos según método AASHTO 93, 1993) 17
Tabla 10 Diseño de Pavimento Flexibles con CBR de Laboratorio Método AASHTO 1993 18
Tabla 11 Granulometría M1 23
Tabla 12 Límites de plasticidad M1 24

Tabla 13 Ensayo de Compactación Proctor M1 25
Tabla 14 Ensayo de Compactación CBR M1 26
Tabla 15 CBR Puntual M1 27
Tabla 16 Granulometría M2 28
Tabla 17 Límites de plasticidad M2 29
Tabla 18 Ensayo de Compactación Proctor M2 30
Tabla 19 Ensayo de Compactación CBR M2 31
Tabla 20 CBR Puntual M2 32
Tabla 21 Granulometría M3 33
Tabla 22 Límites de plasticidad M3 34
Tabla 23 Ensayo de Compactación Proctor M3 35
Tabla 24 Ensayo de Compactación CBR M3 36
Tabla 25 CBR Puntual M3 37
Tabla 26 Granulometría M4 38
Tabla 27 Límites de plasticidad M4 39
Tabla 28 Ensayo de Compactación Proctor M4 40
Tabla 29 Ensayo de Compactación CBR M4 41
Tabla 30 CBR Puntual M4 42

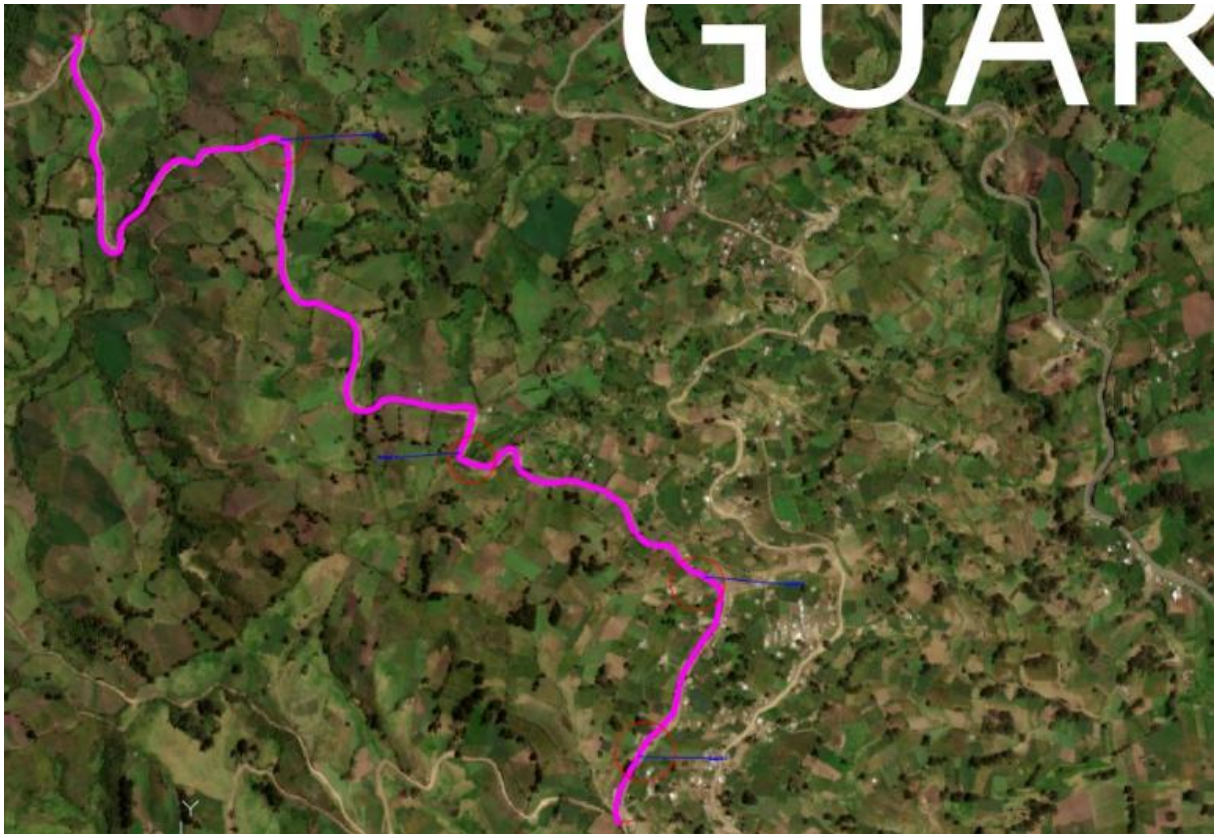
1. OBJETIVO

Se realiza el análisis de las vías con el objeto del "REALIZAR ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS EN VARIAS VÍAS DEL CANTÓN GUARANDA" - VIA SAN JUAN DE LLULLUNDONGO – CRUCE DE VIA A GUANTO CRUZ. en el Cantón Guaranda utilizando muestras del lugar. El objetivo es diseñar la estructura del pavimento de las vías en estudio, así como determinar el espesor necesario para su mejoramiento.

2. UBICACIÓN DEL PROYECTO.

El proyecto se encuentra localizado en la Provincia Bolívar, Cantón Guaranda, Vía San Juan de Llullundongo – Cruce de vía a Guantocruz.

Fotografía 1 Ubicación del proyecto, Cantón Guaranda, Vía San Juan de Llullundongo – Cruce de vía a Guantocruz



Fotografía 2 Ubicación del proyecto, Cantón Guaranda, Vía San Juan de Llullundongo – Cruce de vía a Guantocruz

Proyecto	COORDENADAS		Cota	PROF.	NORMA REFERENCIA
	E	N	m s.n.m.	(m)	
C1	717830,14	9830155,51	3208	0.50	ASTM D1883
C2	717970,74	9830544,68	3219	0.50	
C3	717485,69	9830789,54	3225	0.50	
C4	717118,97	9831419,16	3210	0.50	

3. TRABAJOS REALIZADOS

3.1. TRABAJOS DE CAMPO

Se realizó una visita al sitio con el fin de inspeccionarlo y determinar las condiciones óptimas para establecer el espesor necesario de mejoramiento con sus condiciones actuales.

3.2. TRABAJOS DE LABORATORIO

Las muestras tomadas fueron analizadas en el laboratorio de mecánica de suelos, realizando los siguientes ensayos:

- Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM D4222).
- Contenido de Humedad (ASTM D2216).
- Proctor Modificado (ASTM D1557, AASHTO: T-180).
- Relación de Soporte de California-C.B.R. (ASTM D1883)

Los ensayos de laboratorio se encuentran en la sección de anexos.

4. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUELO

CALICATA: N.° 1

Se identifica la presencia de MH, Limo elástico con arena M1 desde el nivel -0.00 m hasta el nivel -0.50 m de profundidad.

En el análisis granulométrico se observa una cantidad del suelo que pasa el tamiz N.° 200 con un valor del 77.20 %.

El contenido de humedad es alto con un valor de 44.25 %.

El límite líquido (LL), Límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP) respectivamente son: LL= 86.40 %; LP= 66.80 %; IP= 16.60.

CALICATA: N.° 2

Se identifica la presencia de MH, Limo elástico con arena M2 desde el nivel -0.00 m hasta el nivel -0.50 m de profundidad.

En el análisis granulométrico se observa una cantidad del suelo que pasa el tamiz N.° 200 con un valor del 77.80 %.

El contenido de humedad es alto con un valor de 48.43 %.

El límite líquido (LL), Límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP) respectivamente son: LL= 80.72 %; LP= 65.25 %; IP= 15.47%.

CALICATA: N.° 3

Se identifica la presencia de MH, Limo elástico con arena M3 desde el nivel -0.00 m hasta el nivel -0.50 m de profundidad.

En el análisis granulométrico se observa una cantidad del suelo que pasa el tamiz N.° 200 con un valor del 76.30 %.

El contenido de humedad es alto con un valor de 47.62 %.

El límite líquido (LL), Límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP) respectivamente son: LL= 76.46 %; LP= 66.57 %; IP= 9.89.

CALICATA: N.° 4

Se identifica la presencia de GM, Grava Limosa, en la perforación M4 desde el nivel -0.00 m hasta el nivel -0.50 m de profundidad.

En el análisis granulométrico se observa una cantidad del suelo que pasa el tamiz N.° 200 con un valor del 19.60%.

El contenido de humedad es medio con un valor de 4.47 %.

El límite líquido (LL), Límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP) respectivamente son: LL= 28.38 %; LP= 25.06 %; IP= 3.32.

El límite líquido (LL), Límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP) respectivamente son: LL= 19.37 %; LP= 17.22 %; IP= 2.15

4.1. CBR DE DISEÑO

Muestra	CBR
M1	3.80
M2	4.70
M3	4.90
M4	35.30

CBR DE DISEÑO = 2.71 %

5. DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS

Los pavimentos flexibles están conformados por capas de materiales granulares compactados y una superficie de rodadura; los cuales son diseñados por un número de ejes equivalentes.

5.1. ANÁLISIS DE TRÁFICO

Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).- Representa el tránsito total que circula por la carretera por 365 días. Es el volumen de tránsito promedio por día.

Volumen horario máximo anual (VHMA).- Es la hora de mayor tráfico vehicular de las 8760 horas del año.

Volumen horario máxima demanda (VHMD).- Es el máximo número de vehículos que pasa por un punto de la carretera durante 60 minutos.

Porcentaje de la trigésima hora.- Este porcentaje se lo determina con la gráfica N.º 2.1, donde se diseña en el punto de equilibrio. Donde se recomienda escoger el valor del 10 % para vías urbanas y 15 % para vías rurales (Comunicaciones MTOP-001–f-2002,2002)

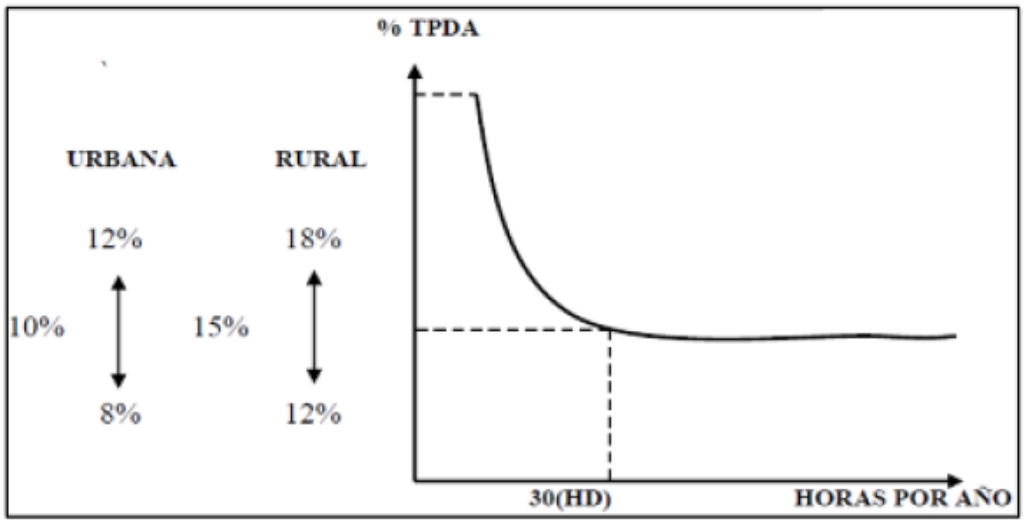


Gráfico 1 Punto de inflexión para el tráfico durante un año

Tránsito actual.- Para obtener un dato aproximado del total de vehículos que van a circular es necesario considerar 3 tipos de tránsito:

- Tránsito Generado (Tg): Se asume como el 20% del TPDA actual.
- Tránsito Atraído (Tat): Se asume como el 10% del TPDA actual.
- Tránsito Desarrollado (Td): Se asume como el 5% del TPDA actual.

Para la determinación del tránsito vehicular que transcurrirá por la vía, se usa la siguiente fórmula:

$$Ta = Tg + Tat + Td$$

Tránsito futuro. Se realiza una proyección del tránsito para 20 años y se calcula de la siguiente forma.

$$TF = Ta * (1 + i)^n$$

Dónde:
TF: Tráfico Futuro
Ta: Tráfico Actual
i= Índice de crecimiento Vehicular
n=Número de proyección de años (20 años)

Período	Tipo de Vehículos		
	Livianos	Buses	Camiones
2010-2015	4,47	2,22	2,18
2015-2020	3,97	1,97	1,94
2020-2025	3,57	1,78	1,74
2025-2030	3,25	1,62	1,58

Tabla 1 Índice de Crecimiento Vehicular, Comunicaciones, MTOP-001-f-2002, 2002

El TPDA final esperado en cada año será el establecido por el TF.

5.2. CÁLCULO Y DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO

Para determinar el número estructural, Sn, se emplea la siguiente fórmula establecida por la AASHTO 93:

$$\mathrm{Log}_{10} W_{18} = Z_r \; S_o + 9.36 \, \mathrm{Log}_{10} (SN + 1) - 0.20 + \frac{\mathrm{Log}_{10}\left[\dfrac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right]}{\dfrac{0.40 + \quad 1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \, \mathrm{Log}_{10} M_r - 8.07$$

Dónde:

W18: Número de cargas de ejes simples equivalentes de 80KN.
Zr: Área que se encuentra bajo la curva de distribución que está relacionada con la curva estandarizada para confiabilidad R.
So: Desviación Estándar.
ΔPSI: Pérdida de serviciabilidad.
Mr: Módulo de resiliencia de la subrasante.
ΔPSI: Número estructural.

5.2.1. EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS SEGÚN EL PERIODO DE DISEÑO

Las estructuras del firme serán en función y características de los vehículos pesados que se prevea vayan a circula por el carril de proyecto durante el periodo de funcionabilidad de la vía. Este periodo será de **20 años**, salvo indicación en contrario al Estudio Comunicaciones, Norma para Estudio y Diseño Vial, 2013.

En la tabla 2. se presenta los diferentes periodos de análisis propuestos por la AASHTO 93:

Tipo de carretera	Período de análisis (Años)
Urbana de alto volumen	30 a 50
Rural de alto volumen	20 a 50
Pavimentada de bajo volumen	15 a 25
Tratada superficialmente de bajo volumen	10 a 20

Tabla 2 Periodo de Diseño de acuerdo al tipo de Carretera

En el caso del proyecto actual se diseñará para un periodo de funcionalidad de **20 años.**

5.2.2. FACTORES DE DAÑO DE ACUERDO AL TIPO DE VEHÍCULO

Para una estimación real en el diseño de pavimentos se debe tomar en cuenta el daño que produce un vehículo en el pavimento según el peso que posea. En la tabla 3 se señala los factores de daños establecidos por la AASHTO 93, (Diseño de Pavimentos según método AASHTO 93, 1993).

FACTORES DE DAÑO SEGÚN TIPO DE VEHÍCULO									
TIPO	SIMPLE		SIMPLE DOBLE			TRIDEM		TRIDEM	FACTOR DAÑO
	ton	(P/6.6)^4	ton	(P/8.2)^4	ton	(P/15)^4	ton	(P/23)^4	
BUS	4,0	0,13	8,0	0,91					1,04
C-2P	2,5	0,02							1,29
	7,0	1,27							
C-2G			11,0	3,24					3,92
C-3					18	2,07			2,76
C-4							25	1,40	2,08
C-5					18	2,07			2,76
C-6					18	2,07	25	1,40	4,16
Tabla 6.9 Factores de Daño (FD)									

Tabla 3 Factores de daño (FD) (Comunicaciones, MTOP-001-f-2002, 2002)

5.2.3. FACTOR DE DISTRIBUCIÓN DE CARRIL

Se considera de acuerdo al número de carriles propuestos de acuerdo a la siguiente tabla:

Número de carriles	Porcentaje de vehículos pesados en el carril de diseño
2	50
4	45
6 o más	40

Tabla 4 Repartición del tránsito (Comunicaciones, Norma para Estudio y Diseño Vial, 2013)

En el caso actual para el diseño se escogerá **2 carriles con factor carril de 0.50 ≈50 %.**

5.2.4. CÁLCULO DEL NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES

Considerando el tráfico se utiliza un valor de **1 000 000** de ejes equivalentes para el proyecto.
El cálculo del número de total de ejes equivalentes se debe considerar la siguiente fórmula:

$$W18 = 365 \times TPDA\ final \times FD$$

Dónde:

W18: Número de ejes equivalentes (Establecido por el periodo de diseño 20 años)
TPDA final: Tránsito promedio diario anual (Establecido por el periodo de diseño 20 años)
FD: Es el factor de daño establecida

5.2.5. CONFIABILIDAD "R"

Clasificación funcional	Nivel de confiabilidad, R, recomendado	
	Urbana	Rural
Interestatales y vías rápidas	85 – 99,9	80 – 99,9
Arterias principales	80 – 99	75 – 95
Colectoras	80 –95	75 – 95
Locales	50–80	50 – 80

Tabla 5 Confiabilidad " R " de acuerdo al tipo de vía (Diseño de Pavimentos según método AASHTO 93, 1993)

El valor de confiablidad utilizado es de **80 % urbana**, debido a la localidad del proyecto

DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL Zr

Confiabilidad R	Zr
50	0
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,34
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,09
99,99	-3,75

Tabla 6 Factores de desviación estándar normal, Zr, (Diseño de Pavimentos según método AASHTO 93, 1993)

El valor de desviación estándar normal de acuerdo a la confiabilidad de 80 % urbana es de **-0.841**, debido a la localidad del proyecto

5.2.6. DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL "So"

La desviación estándar "So" representa las condiciones locales particulares, que considera las posibles variaciones en el comportamiento del pavimento y la predicción del tránsito por lo que se recomienda usar **0.4**

5.2.7. ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD DE LA CARRETERA "PSI"

La Serviciabilidad es la condición de un pavimento para proveer un manejo seguro y confortable a los usuarios en un determinado momento.

$$\Delta PSI = PSI\ inicial - PSI\ final$$

Donde:
PSI inicial: Índice de servicio inicial es **4.20** para pavimentos flexibles
PSI final: Índice de servicio terminal; AASHTO recomienda. **2.00** para caminos secundarios

5.2.8. MÓDULO DE LA RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE

El método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos flexibles incluye una correlación entre el módulo de resiliencia "Mr" y el CBR.

Mr(psi) = 1500 × CBR; para CBR < 10% (sugerida por la AASHTO)

Mr(psi)= 1500 × 2.71 %= 4.836 KSI

psi.- libra por pulgada cuadrada
ksi.- mil libras por pulgada cuadrada

5.2.9. DETERMINACIÓN DE ESPESORES POR CAPAS

La ecuación establecida por la AASHTO, permite obtener los espesores de cada capa, involucrando coeficientes de drenaje particulares ara la base y subbase

$$SN = a1D1 + a2D2m2 + a3D3m3$$

Dónde:
a1, a2 y a3: Coeficientes estructurales de la carpeta, base y subbase
D1, D2 y D3: Espesor de la carpeta, base y subbase
m2 y m3: Coeficiente de drenaje para base y subbase

Para el cálculo de los espesores D1 y D2, los valores mínimos establecidos por la AASHTO, en función del tránsito en ejes equivalentes sencillos acumulados están establecidos en la tabla:

Tráfico W18	Concreto asfaltico, D1	Capa Base D2
<50 000	1,0	4,0
50 001 a 150 000	2,0	4,0
150 001 a 500 000	2,5	4,0
500 001 a 2 000 000	3,0	6,0
2 000 001 a 7 000 000	3,5	6,0
> 7 000 000	4,0	6,0

Tabla 7 Espesores mínimos en función de los ejes equivalentes (pulgadas) (Diseño de Pavimentos según método AASHTO 93, 1993)

El número de ejes equivalentes obtenidos es de 1 000 000 Por lo que el concreto asfaltico no deberá ser menor a 2 pulgadas.

5.2.10. NÚMERO ESTRUCTURAL DE LA CARPETA ASFÁLTICA

Para el diseño estructural de la carpeta asfáltica se considera el factor de daño originado por un vehículo liviano o expresada en ejes sencillos equivalentes del estándar AASHTO de 80 KN (18 000 lb) para pavimentos asfalticos.

5.2.11. CAPA DE BASE DE MATERIAL GRANULAR

El desgaste de los agregados grueso no debe ser mayor a 40% en el ensayo de abrasión, establecidos en la INEN 860 y 861 (AASHTO T-96), con 500 vueltas en la máquina de los ángeles. El peso no deberá ser menor al 12% en el ensayo de durabilidad establecido en la INEN 863 (AASHTO T-104), luego de 5 ciclos de inmersión y lavado con sulfato de sodio.

Los agregados que pasen a través del tamiz N.° 40 deberán carecer de plasticidad o tener un límite líquido menor de 25 y un índice plástico menor a 6, de acuerdo a la INEN 691 y 692 (AASHTO T-96).

El valor de soporte de CBR deberá ser igual o mayor al 80%

5.2.12. CAPA SUBBASE DE MATERIAL GRANULAR

Los agregados de Capas de Subbase deberán graduarse uniformemente de grueso a fino lo cual cumplirá con las exigencias establecidas en la tabla 2.15 establecidos en la INEN 696 y 697 (AASHTO T-11 y T27) (Comunicaciones, MTOP-001-f-2002, 2002).

Estos deben ser comprobados mediante ensayos granulométricos establecidos en la INEN 696 y 697 (AASHTO T-11 y T27). El desgaste de los agregados grueso no debe ser mayor a 50 en el ensayo de abrasión, establecidos en la INEN 860 y 861 (AASHTO T-96). con 500 vueltas en la máquina de los ángeles.

La consideración de que los agregados que pasen a través del tamiz N.° 40 deberán tener un límite líquido menor de 25 y un índice plástico menor a 6, de acuerdo a la INEN 691 y 692 (AASHTO T-96).

Para este diseño la capacidad de soporte corresponderá a un CBR igual o mayor del 35.3 %.

5.2.13. COEFICIENTE DE DRENAJE

La calidad de drenaje se define como el tiempo en que se demora el agua para ser eliminada de la capa de subbase y base. La AASHTO 93 establece en la tabla en el cual se puede estimar su tiempo:

Calidad de Drenaje	Tiempo de eliminación de agua
Excelente	2 horas
Buena	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Deficiente	Agua no drena

Tabla 8 Capacidad de drenaje (Diseño de Pavimentos según método AASHTO 93, 1993)

Calidad de drenaje	Porcentaje del tiempo en que la estructura de pavimento expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	Menos de 1 %	1-5 %	5 - 25 %	Más del 25 %
Excelente	1,40 - 1,35	1,35 - 1,30	1,30 - 1,20	1,2
Buena	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,15 - 1,00	1
Regular	1,25 - 1,15	1,15 - 1,05	1,00 - 0,80	0,8
Pobre	1,15 - 1,05	1,05 - 0,80	0,80 - 0,60	0,6
Deficiente	1,05 - 0,95	0,95 - 0,75	0,75 - 0,40	0,4

Tabla 9 Coeficientes de Drenaje (Diseño de Pavimentos según método AASHTO 93, 1993)

En el presente proyecto se utilizará un coeficiente de drenaje de **1.00**debido a la recomendación.

5.2.14. DISEÑO FINAL CON SISTEMA MULTICAPA

Los pavimentos flexibles es n conjunto de capas, para el diseño se considera varios elementos y no uno solo; por lo que se debe diseñar de acuerdo a las siguientes ecuaciones (Diseño de Pavimentos según método AASHTO 93, 1993)

$$D°1 = \frac{SN1}{a1}$$
$$SN°1 = a1D°1 \geq SN1$$

$$D°2 = \frac{SN2 - SN°1}{a2m2}$$
$$SN°1 + SN°2 \geq SN2$$

$$D°3 \geq \frac{SN3 - (SN°1 + SN°2)}{a3m3}$$

PABLO DANIEL
MANOTOA PAREDES
INGENIERO CIVIL
0999706968

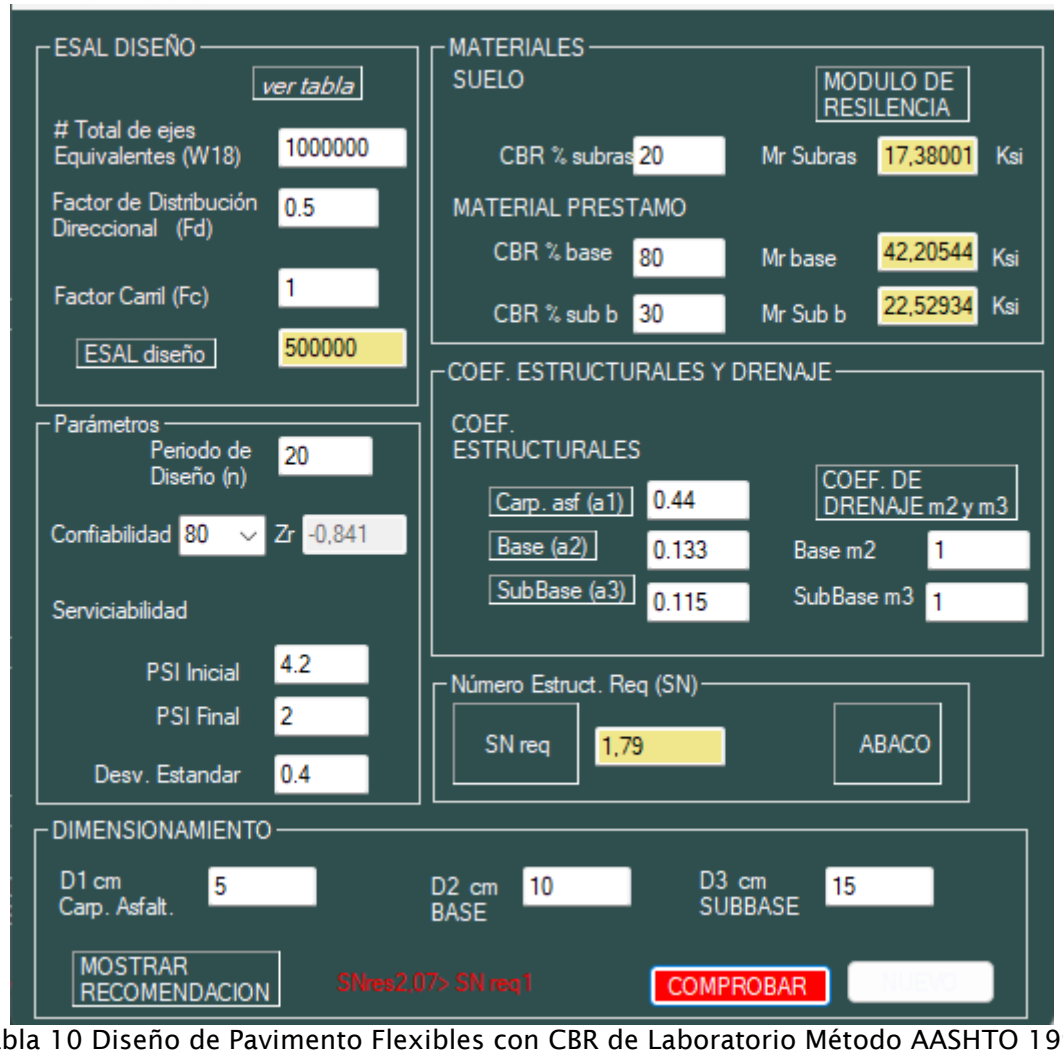
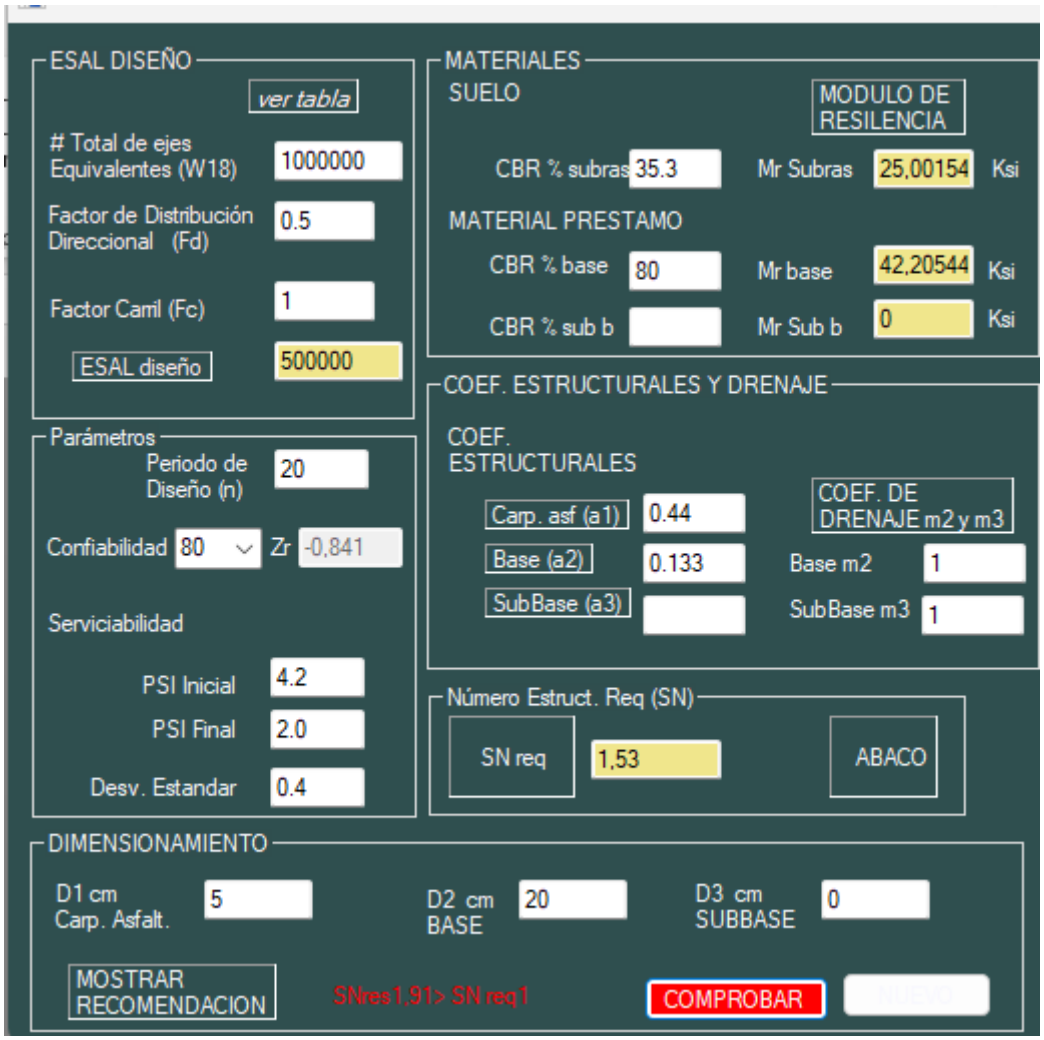


Tabla 10 Diseño de Pavimento Flexibles con CBR de Laboratorio Método AASHTO 1993

5.2.15. PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR EL ESPESOR DE REEMPLAZO EN FUNCIÓN CBR DE DISEÑO

El espesor de material a reemplazar se aplicará solo en casos de subrasantes pobres, con suelos de plasticidad, no expansivos y con valores soporte entre CBR menor a 6%, calculándose según lo siguiente:

a) Se calculará el numero SN del pavimento para 20 años, el material a emplear tendrá un CBR =35.50 % e IP a 3.86, o en todo caso será similar. Cuando en los sectores adyacentes al sector de sustitución de suelos presenta un CBR mayor a 10% para el cálculo del SN se utilizará el mayor valor de numero de CBR de diseño, que presenta el material de reemplazo, este número estructural SN calculándose se denominara SNm (mejorado), luego se calculará SN del pavimento para el CBR del material de subrasante existente (Menor a 6%) que se denominara SNe (existente)



$$\Delta SN = SNe - SNm$$
$$\Delta SN = 3.05 - 1.53$$
$$\Delta SN = 1.52$$

b)Se realizará la diferencia algebraica de números estructurales

c) Habiéndose escogido el material de reemplazo (CBR=15%) a colocar (según SNm calculado), se obtendrá los valores correspondientes de coeficiente estructural (ai) y coeficiente de drenaje (mi), luego de obtener dichos valores se procederá a obtener el espesor E, aplicando la siguiente ecuación:

$$E = \frac{\Delta SN}{ai \times cd}$$

$$E = \frac{1.52}{0.0395 \times 1.0}$$

$$E = 38.48\ cm$$

Siendo:
E = Espesor de reemplazo en cm
Se debe reemplazar considerando el criterio mínimo establecido en la tabla de espesores de reemplazo en función de los suelos con CBR mayores a 20%

6. CONCLUSIONES

El espesor de las capas de la estructura del pavimento flexible fue diseñado con las siguientes condiciones:

- Periodo de diseño es de **20 años**
- Factor de distribución de **2 carriles con factor carril de 0.50 ≈50 %**
- Ejes equivalentes de **1 000 000**.
- Factor de confiabilidad de **80 % urbana**
- Desviación estándar normal, Zr= **−0.841**
- Con una desviación estándar global, So= **0.4**
- Índice de serviciabilidad inicial, $PSI_{inicial}$= **4.20**
- Índice de serviciabilidad final, PSI_{final}=**2.00**
- CBR de diseño para subrasante es de **2.71 %**
- Coeficiente de drenajes de las capas base y subbase de **1.00**
- Subbase clase 3, espesor e= 15 cm
- Base clase 4, espesor e= 10 cm
- Carpeta asfáltica con 1800 lb, espesor e= 5.00 cm

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- Se identifica la presencia de MH, Limo elástico con arena M1 desde el nivel -0.00 m hasta el nivel -0.50 m de profundidad..
- En el análisis granulométrico se observa una cantidad del suelo que pasa el tamiz N.º 200 con un valor del 77.2 %.
- El contenido de humedad es medio-alto con un valor de 44.25 %.
- El límite líquido (LL), Límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP) respectivamente son: LL= 86.40 %; LP= 66.80 %; IP= 16.60.
- La densidad máxima es de 1067 kg/m^3 .
- Del estudio realizado podemos observar suelos con CBR de diseño de 2.71 %, capacidad de soporte del suelo natural, el cual es clasificado de manera general como pobre o regular.
- Se determina una capa de capa de Subbase clase 3, espesor e= 15 cm, capa de Base clase 4, espesor e= 10 cm, capa de Carpeta asfáltica con 1800 lb, espesor e= 5.00 cm, la cual se realizaron los ensayos correspondientes para determinar la calidad de materiales.
- Se debe colocar drenes en los lugares donde exista presencia de suelos saturados.
- El material de subbase, base y hormigón asfáltico deben cumplir con todas las normas establecidas en la MTOP 2000 y serán comprobados en laboratorios aprobados por la Fiscalización.
- Subbase. Sección 403.1 Tabla 403.1.1
- Bases Sección 404.1. Tabla 404.1.1.
- Capa de rodadura. Imprimación Sección 405-1; Hormigón asfáltico mezclado en planta Sección 405.5 Tabla 405-5-1 y Tabla 405-5-4

PROPUESTA VIAL

Para la capa de Material de mejoramiento, espesor e= 40 cm, deberá ser compactada al 100 %, de acuerdo a Proctor Modificado AASHTO T -180. La cual está actualmente colocada. De acuerdo al cálculo de numero estructurales un mejoramiento de 40 cm cumple con las solicitaciones.

El CBR del suelo natural tiene un CBR de 2.71% MH el cual contiene parte de arcilla lo que vuelve expandible al suelo, el mejoramiento por encima de la subrasante debe tener un CBR igual o superior al 20% para satisfacer el numero estructural requerido.

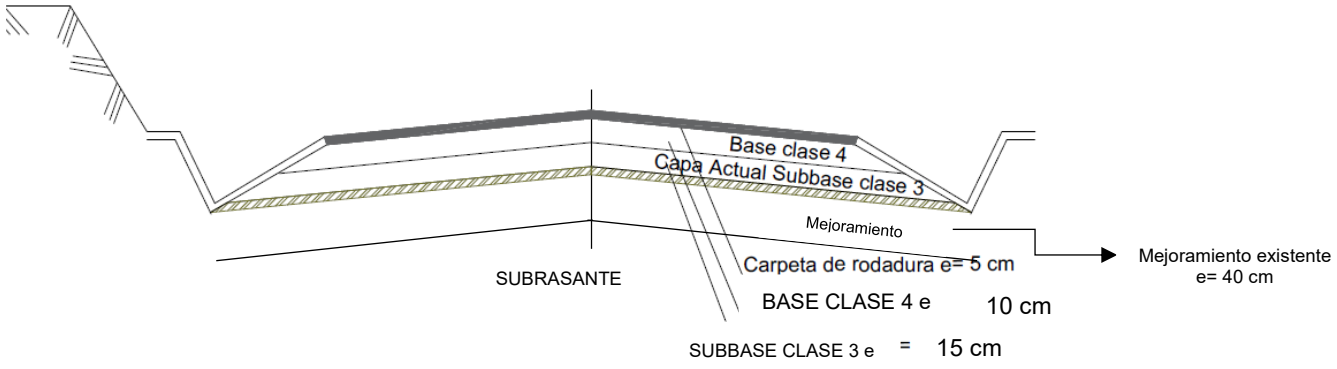
Para la capa de Subbase clase 3, espesor e= 15 cm, deberá tener un CBR igual o superior al 50% para cumplir el número estructural requerido, su proporción deberá ser aproximadamente de 60% agregado grueso y 40% agregado fino, además deberá ser compactada al 100 %, de acuerdo a Proctor Modificado AASHTO T -180.

Para la capa de Base clase 4, espesor e= 10 cm, deberá tener un CBR igual o superior al 80%, además deberá ser compactada al 100 %, de acuerdo a Proctor Modificado AASHTO T -180.

El CBR natural del suelo tiene un valor CBR = 2.71% el cual es considerado bajo de acuerdo a los ensayos de laboratorio.

Para la capa Carpeta asfáltica con 1800 lb, espesor e= 5.00 cm deberá ser compactada por encima del 97% de la densidad Marshall de mezcla.

Se debe colocar drenes en los lugares donde exista presencia de suelos saturados.



8. FIRMA DE RESPONSABILIDAD

Pablo Manotoa
Ingeniero Civil
Reg. Senescyt: 1010-2024-2961864
0999706968
pablomanotoa@gmail.com

Firmado electrónicamente por:
PABLO DANIEL MANOTOA PAREDES
Validar únicamente con FirmaEC

9. ANEXOS.

9.1. MUESTRA N.° 1

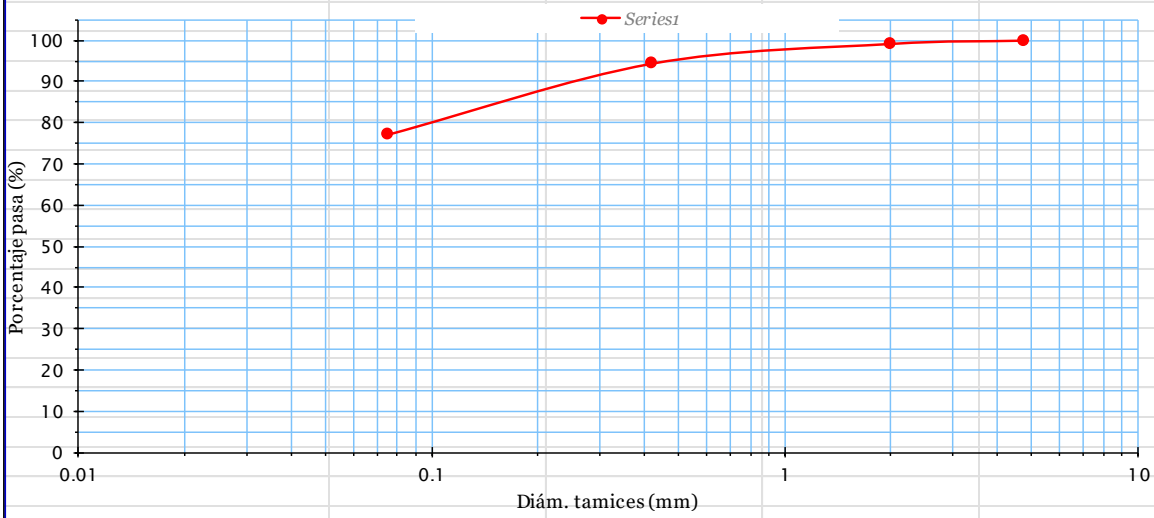
ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

***PROYECTO:**	REALIZAR INVESTIGACIONES PROFESIONALES Y ANÁLISIS DE LABORATORIO		
***LOCALIZACIÓN:**	GUARANDA/VIA SAN JUAN DE LLULLUNDONGO - CRUCE DE VIA A	**N.° TRABAJO:**	TLb-2025-429
***MUESTRA:**	SUELO NATURAL	***SOLICITA:**	GAD GUARANDA
DESCRIPCIÓN MUESTRA:	Muestra de campo	***GAD GUARANDA:**	0
CONDICIÓN MUESTRA:	Condicion de trabajos normales	***CONTRATISTA:**	PABLO MANOTOA
ENSAYADO POR:	D.M	***CONTACTO:**	-
FECHA RECEPCIÓN:	2025-07-04	***CORREO:**	-
FECHA ENSAYO:	2025-07-04	**NORMA:**	INEN 696;697
FECHA REPORTE:	2025-07-04		

TAMIZ	PESO RET (g)	% RETENIDO	% PASA	% ESPECIF.
3"(76.2 mm)	0.00	-	100.00	
# 4 (4.75 mm)	0.00	-	100.00	
# 10 (2.00 mm)	2.90	0.80	99.20	
# 40 (0.42 mm)	20.04	5.60	94.40	
# 200 (0.075 mm)	81.29	22.80	77.20	

TOTAL LAVADO FINOS (g)	356.65	**Humedad % =**	**44.25**
TOTAL SH (g)	514.47		

Curva Granulométrica Suelo



Nota: Serie 1 material en estudio y curvas límites **Datos proporcionados por el cliente.*

Clasificación SUCS: MH - LIMO ELASTICO CON ARENA **Color: NEGRO**

CONTENIDO DE HUMEDAD - INEN 690:		**ω % =**	**44.25**	
Temperatura (°C):	*20.00*		*Humedad Lab (%):*	*52.00*
Pt+SH (g)	Pt+SS (g)	Pt. (g)	Pagua (g)	PSS (g)
156.32	121.37	42.39	34.95	78.98

Tabla 11 Granulometría M1

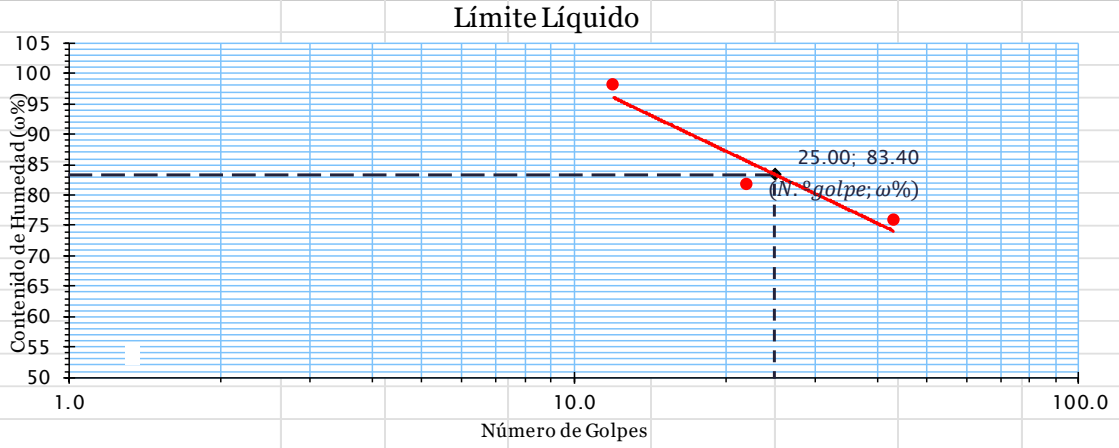
PABLO DANIEL
MANOTOA PAREDES
INGENIERO CIVIL
0999706968

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

***PROYECTO:**	REALIZAR INVESTIGACIONES PROFESIONALES Y ANÁLISIS DE LABORATORIO		
***LOCALIZACIÓN:**	GUARANDA/VIA SAN JUAN DE LLULLUNDONGO - CRUCE DE VIA A	**N.º TRABAJO:**	TLb-2025-429
***MUESTRA:**	SUELO NATURAL ABS: 1+000	***SOLICITA:**	GAD GUARANDA
DESCRIPCIÓN MUESTRA	Muestra de campo	***GAD GUARANDA:**	0
CONDICIÓN MUESTRA:	Profundidad de -000 m a -001 m	***CONTRATISTA:**	PABLO MANOTOA
ENSAYADO POR:	D.M	***CONTACTO:**	-
FECHA RECEPCIÓN:	2025-07-04	***CORREO:**	-
FECHA ENSAYO:	2025-07-04		
FECHA REPORTE:	2025-07-04	**NORMA:**	INEN 691;692

1.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO

Número de golpes		43		22		12	
Recipiente Número		*A-14*	*X-1*	*A-29*	*G-1*	*A-10*	*X-9*
Peso húmedo + recipiente (g)	Wm+ rec	29.46	32.11	42.12	30.19	35.14	35.14
Peso seco + recipiente (g)	Ws + rec	23.29	24.25	30.01	22.90	25.27	25.03
Peso recipiente (g)	rec	15.16	13.90	15.20	13.98	15.20	14.72
Peso del agua (g)	Ww	6.17	7.86	12.11	7.29	9.87	10.11
Peso de los sólidos (g)	WS	8.13	10.35	14.81	8.92	10.07	10.31
Contenido de humedad (%)	ω%	75.89	75.94	81.77	81.73	98.01	98.06
Contenido de humedad promedio	ω%	75.89		81.77		98.01	



2.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO

Recipiente Número		E-2	C-4	B-3	*Temperatura (ºC):*	20.00
Peso húmedo + recipiente (g)	Wm+ rec	5.61	10.02	10.12	*Humedad (%):*	52.00
Peso seco + recipiente (g)	Ws + rec	5.12	9.45	9.63		
Peso recipiente (g)	rec	4.38	8.60	8.90		
Peso del agua (g)	Ww	0.49	0.57	0.49		
Peso de los sólidos (g)	WS	0.74	0.85	0.73		
Contenido de humedad (%)	ω%	66.22	67.06	67.12		
Contenido de humedad promedio	ω%		66.80			
Límite líquido (LL) =			**83.40**	%		
Límite plástico (LP) =			**66.80**	%		
Índice de plásticidad (IP) =			**16.60**			

Tabla 12 Límites de plasticidad M1

PABLO DANIEL
MANOTOA PAREDES
INGENIERO CIVIL
0999706968

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO MÉTODO A

***PROYECTO:**	REALIZAR INVESTIGACIONES PROFESIONALES Y ANÁLISIS DE LABORATORIO		
***LOCALIZACIÓN:**	GUARANDA/VIA SAN JUAN DE LLULLUNDONGO - CRUCE DE VIA A GUANTOCRUZ	**N.º TRABAJO:**	TLb-2025-429
***MUESTRA:**	SUELO NATURAL ABS: 1+000	***SOLICITA:**	GAD GUARANDA
DESCRIPCIÓN MUESTRA:	Muestra de campo	**GAD GUARANDA**	0
CONDICIÓN MUESTRA:	Condicion de trabajos normales	***CONTRATISTA:**	PABLO MANOTOA
ENSAYADO POR:	D.M	***CONTACTO:**	-
FECHA RECEPCIÓN:	2025-07-04	***CORREO:**	-
FECHA ENSAYO:	2025-07-04	**NORMA:**	AASHTO T-180
FECHA REPORTE:	2025-07-04		

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO:

NÚMERO DE GOLPES:	25	NÚMERO DE CAPAS:	5	PESO MARTILLO(lb):	10
VOLUMEN MOLDE(cm³):	956.879	PESO MOLDE(g):	3761.30	ALTURA DE CAÍDA(in):	18

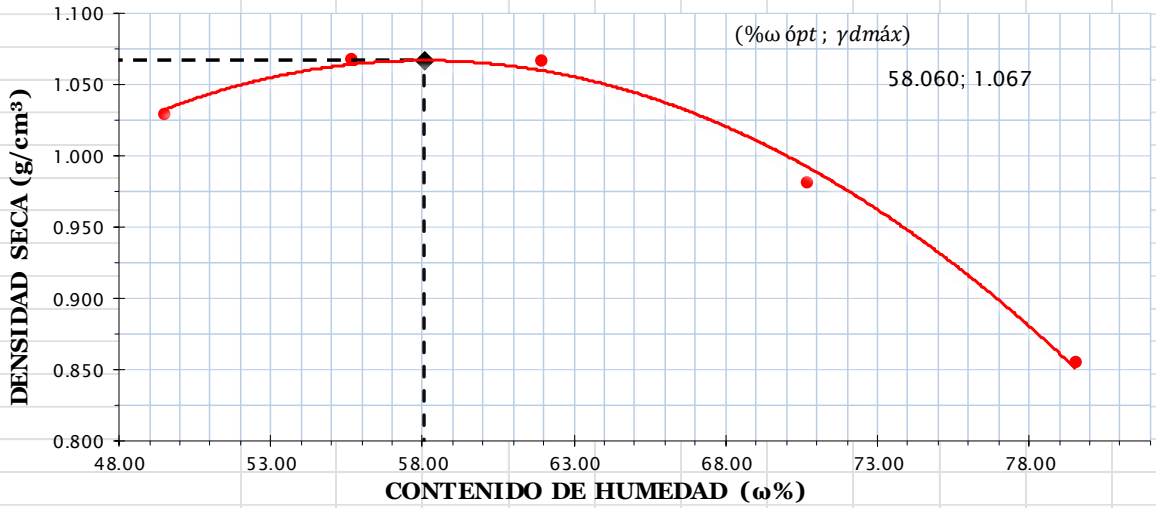
1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO

Muestra N.º		1.	2.	3.	4.	5.
Humedad inicial añadida	%	0	5	10	15	20
Humedad inicial añadida	cm³	0	125	250	375	500
P molde + suelo húmedo	g	5233.20	5352.17	5415.00	5364.00	5229.70
Peso suelo húmedo	g	1471.90	1590.87	1653.70	1602.70	1468.40
Densidad Húmeda	g/cm³	1.538	1.663	1.728	1.675	1.535

2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD - INEN 69 Temperatura °C 19.8 Hum. Relativa (%) 53

Recipiente N.º		M-3	F-1	E-4	L-4	F-5	M-9	R-5	CR-1	B-2	Z-6
Peso húmedo + recipiente (g)	Wm+rec	233.25	233.25	221.37	221.37	204.47	204.47	246.38	246.38	174.10	174.10
Peso seco + recipiente (g)	Ws+rec	187.54	187.54	173.00	173.00	145.87	145.87	182.10	182.10	115.80	115.80
Peso del recipiente (g)	rec	95.20	95.20	86.14	86.14	51.25	51.25	91.20	91.20	42.50	42.50
Peso del agua (g)	Ww	45.71	45.71	48.37	48.37	58.60	58.60	64.28	64.28	58.30	58.30
Peso suelo seco (g)	Ws	92.34	92.34	86.86	86.86	94.62	94.62	90.90	90.90	73.30	73.30
Contenido humedad	ω%	49.50	49.50	55.69	55.69	61.93	61.93	70.72	70.72	79.54	79.54
Contenido humedad promedio	ω%	49.50		55.69		61.93		70.72		79.54	
Densidad Seca (g/cm³)	γd	1.029		1.068		1.067		0.981		0.855	

DENSIDAD SECA vs. CONTENIDO DE HUMEDAD



%ωóptima = 58.060 % **γd máxima= 1.067 g/cm³**

Tabla 13 Ensayo de Compactación Proctor M1

PABLO DANIEL
MANOTOA PAREDES
INGENIERO CIVIL
0999706968

ENSAYO CBR-COMPACTACIÓN

***PROYECTO:**	REALIZAR INVESTIGACIONES PROFESIONALES Y ANÁLISIS DE LABORATORIO		
***LOCALIZACIÓN:**	GUARANDA/VIA SAN JUAN DE	**N.º TRABAJO:**	TLb-2025-429
***MUESTRA:**	SUELO NATURAL ABS: 1+000	***SOLICITA:**	GAD GUARANDA
DESCRIPCIÓN MUESTRA:	Muestra tomada en Campo	**GAD GUARANDA**	0
CONDICIÓN MUESTRA:	Condicion de trabajos normales	***CONTRATISTA:**	PABLO MANOTOA
ENSAYADO POR:	D.M	***CONTACTO:**	-
FECHA RECEPCIÓN:	2025-07-04	***CORREO:**	-
FECHA ENSAYO:	2025-07-04	**NORMA:**	AASHTO T 193
FECHA REPORTE:	2025-07-04		

ENSAYO CBR

N.º DE MOLDE		*M011*		*M009*		*M018*	
N.º DE CAPAS		5		5		5	
N.º DE GOLPES POR CAPA		56		27		11	
		ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
PESO HÚMEDO + MOLDE	g	10031.50	10268.00	9894.20	10055.50	9067.70	9367.10
PESO MOLDE	g	6459.20	6459.20	6372.40	6372.40	5925.00	5925.00
PESO MUESTRA HÚMEDA	g	3572.30	3808.80	3521.80	3683.10	3142.70	3442.10
VOLUMEN DE LA MUESTRA	cm³	2102.04	2102.04	2104.81	2104.81	2103.96	2103.96
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm³	1.699	1.812	1.673	1.750	1.494	1.636
DENSIDAD SECA	g/cm³	1.057	1.102	1.042	1.052	0.924	0.970
DENSIDAD SECA PROMEDIO	g/cm³	1.079		1.047		0.947	

CONTENIDO DE HUMEDAD

TARRO N.º		*N-3*	*Z-7*	*X-8*	*Q-3*	*Y-1*	*U-2*
PESO HÚMEDO + TARRO	g	299.54	245.38	190.39	216.35	224.19	228.36
PESO MUESTRA SECA + TARRO	g	221.12	170.14	134.17	148.09	158.47	170.09
PESO TARRO	g	92.14	53.33	41.39	45.11	51.94	85.25
PESO AGUA	g	78.42	75.24	56.22	68.26	65.72	58.27
PESO MUESTRA SECA	g	128.98	116.81	92.78	102.98	106.53	84.84
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	60.80	64.41	60.59	66.28	61.69	68.68
AGUA ABSORBIDA	%		3.61		5.69		6.99

Tabla 14 Ensayo de Compactación CBR M1

PABLO DANIEL
MANOTOA PAREDES
INGENIERO CIVIL
0999706968

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

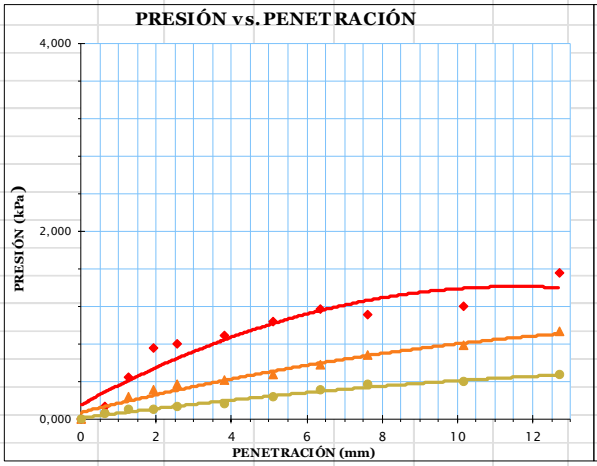
*PROYECTO:	REALIZAR INVESTIGACIONES PROFESIONALES Y ANÁLISIS DE LABORATORIO		
*LOCALIZACIÓN:	GUARANDA/VIA SAN JUAN DE LLULLUNDONGO - CRUCE DE VIA A GUANTOCRUZ	N.º TRABAJO:	TLb-2025-429
*MUESTRA:	SUELO NATURAL ABS: 1+000	*CONTRATISTA:	PABLO MANOTOA
FECHA RECEPCIÓN:	2025-07-04	*CONTACTO:	-
FECHA ENSAYO:	2025-07-04	*CORREO:	-
FECHA REPORTE:	2025-07-04	NORMA:	AASHTO T-193

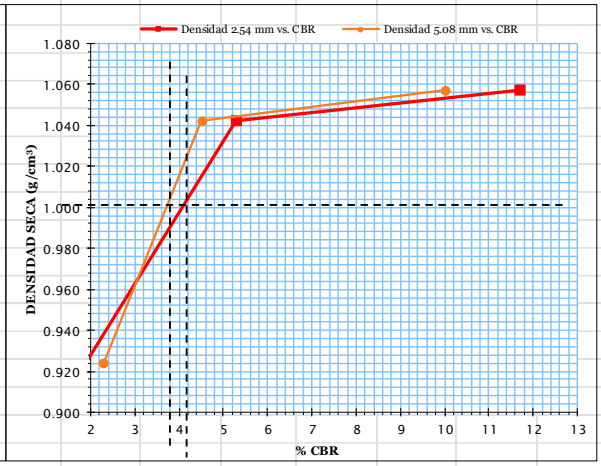
ESPONJAMIENTO - LECTURA DIAL (in ×10 $^{-2}$)

MOLDE NÚMERO			M011				M009				M018			
FECHA	TIEMPO		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ	
DÍA Y MES	HORA	DÍAS	DIAL	Mues	in	%	DIAL	Mues	in	%	DIAL	Mues	in	%
			in	in	×10 $^{-2}$		in	in	×10 $^{-2}$		in	in	×10 $^{-2}$	
	18:10	0	0.07	5.00	0.00	0.00	0.09	5.00	0.00	0.00	0.10	5.00	0.00	0.00
	18:08	1	0.07		0.43	0.09	0.11		2.36	0.47	0.12		1.61	0.32
	18:10	2	0.08		1.38	0.28	0.13		4.06	0.81	0.14		3.94	0.79

CARGA PENETRACIÓN - ÁREA DEL PISTÓN: 19.291 cm²

MOLDE NÚMERO			M011				M009				M018			
TIEMPO		PENET.	Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR
			LECT	LEÍDA	CORRG		LECT	LEÍDA	CORRG		LECT	LEÍDA	CORRG	
MIN	SEG	mm	[kN]	kPa		%	[kN]	kPa		%	[kN]	kPa		%
0	0	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00			0.00	0.00		
0	30	0.64	0.25	129.6			0.20	103.7			0.10	51.8		
1	0	1.27	0.85	440.6			0.45	233.3			0.19	98.5		
1	30	1.91	1.45	751.6			0.60	311.0			0.20	103.7		
2	0	2.54	1.55	803.5	803.5	**11.7**	0.70	362.9	362.9	**5.3**	0.25	129.6	**129.6**	**1.9**
3	0	3.81	1.70	881.2			0.80	414.7			0.30	155.5		
4	0	5.08	2.00	1036.8	1036.8	**10.0**	0.90	466.5	466.5	**4.5**	0.45	233.3	**233.3**	**2.3**
5	0	6.35	2.25	1166.4			1.10	570.2			0.60	311.0		
6	0	7.62	2.15	1114.5			1.30	673.9			0.70	362.9		
8	0	10.16	2.30	1192.3			1.50	777.6			0.77	399.2		
10	0	12.70	3.00	1555.1			1.80	933.1			0.90	466.5		
CBR corregido 2.54 mm						**11.7**				**5.3**				**1.9**
CBR corregido 5.08 mm						**10.0**				**4.5**				**2.3**





Densidad Seca γd		vs.	Resistencia CBR				Densidad Máxima Seca	1.067	g/cm³	
g/cm³	1.057		11.7	%	10.0	%	95% de *DMS*	1.014	g/cm³	
g/cm³	1.042		5.3	%	4.5	%				
g/cm³	0.924		1.9	%	2.3	%	**CBR PUNTUAL**			**3.80 %**

Tabla 15 CBR Puntual M1

PABLO DANIEL
MANOTOA PAREDES
INGENIERO CIVIL
0999706968

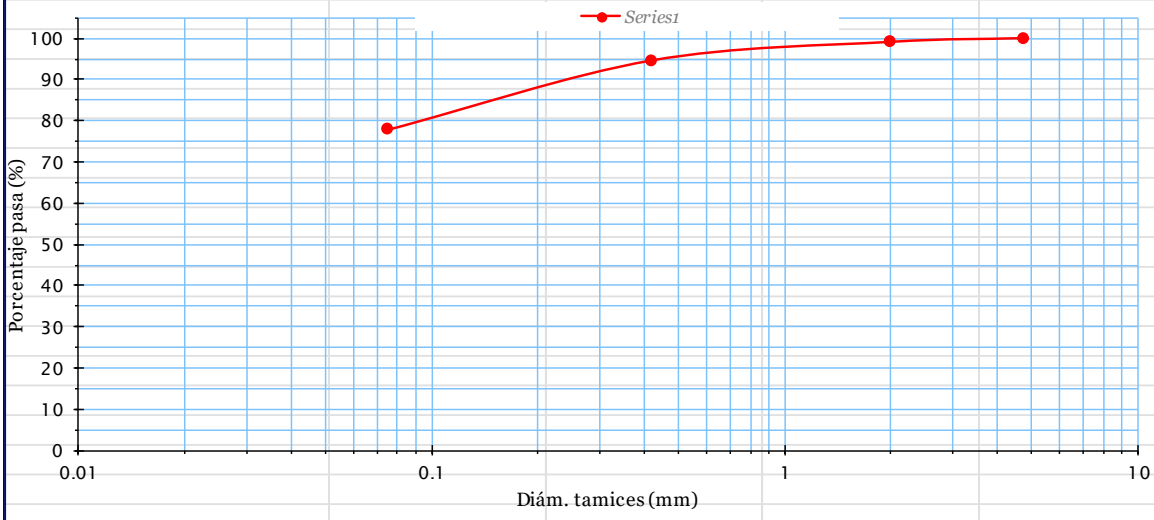
ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

***PROYECTO:**	REALIZAR INVESTIGACIONES PROFESIONALES Y ANÁLISIS DE LABORATORIO		
***LOCALIZACIÓN:**	GUARANDA/VIA SAN JUAN DE LLULLUNDONGO - CRUCE DE VIA A	**N.º TRABAJO:**	TLb-2025-429
***MUESTRA:**	SUELO NATURAL	***SOLICITA:**	GAD GUARANDA
DESCRIPCIÓN MUESTRA:	Muestra de campo	***GAD GUARANDA:**	0
CONDICIÓN MUESTRA:	Condicion de trabajos normales	***CONTRATISTA:**	PABLO MANOTOA
ENSAYADO POR:	D.M	***CONTACTO:**	-
FECHA RECEPCIÓN:	2025-07-04	***CORREO:**	-
FECHA ENSAYO:	2025-07-04	**NORMA:**	INEN 696;697
FECHA REPORTE:	2025-07-04		

TAMIZ	PESO RET (g)	% RETENIDO	% PASA	% ESPECIF.
3"(76.2 mm)	0.00	-	100.00	
# 4 (4.75 mm)	0.00	-	100.00	
# 10 (2.00 mm)	3.10	0.90	99.10	
# 40 (0.42 mm)	19.20	5.40	94.60	
# 200 (0.075 mm)	78.60	22.20	77.80	

TOTAL LAVADO FINOS (g)	354.38	**Humedad % =**	**48.43**
TOTAL SH (g)	526.00		

Curva Granulométrica Suelo



Nota: Serie 1 material en estudio y curvas límites

**Datos proporcionados por el cliente.*

Clasificación SUCS: MH - LIMO ELASTICO CON ARENA **Color: NEGRO**

CONTENIDO DE HUMEDAD - INEN 690:		**ω % =**	**48.43**	
Temperatura (ºC):	*20.00*		*Humedad Lab (%):*	*52.00*
Pt+SH (g)	Pt+SS (g)	Pt. (g)	Pagua (g)	PSS (g)
157.10	119.22	41.01	37.88	78.21

Tabla 16 Granulometría M2

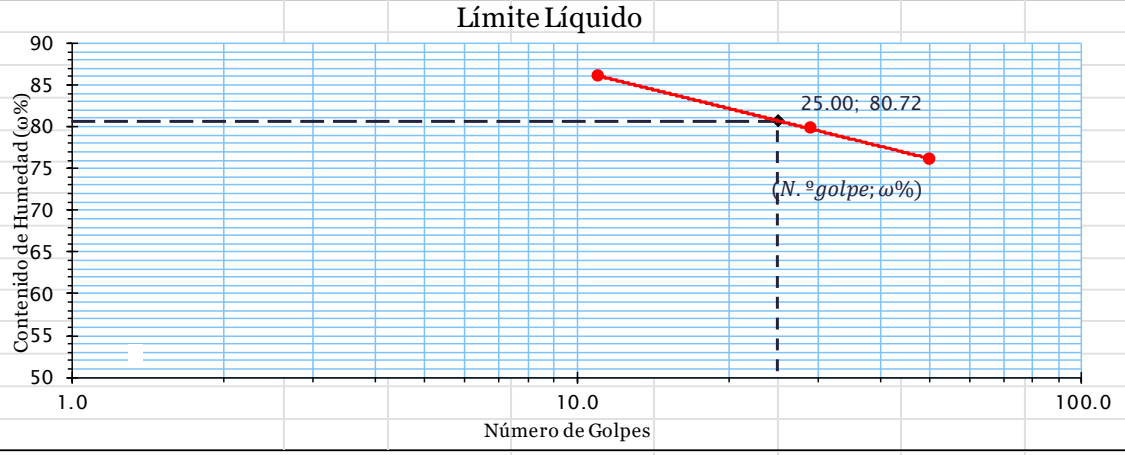
PABLO DANIEL
MANOTOA PAREDES
INGENIERO CIVIL
0999706968

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

***PROYECTO:**	REALIZAR INVESTIGACIONES PROFESIONALES Y ANÁLISIS DE LABORATORIO		
***LOCALIZACIÓN:**	GUARANDA/VIA SAN JUAN DE LLULLUNDONGO - CRUCE DE VIA A	**N.º TRABAJO:**	TLb-2025-429
***MUESTRA:**	SUELO NATURAL ABS: 2+000	***SOLICITA:**	GAD GUARANDA
DESCRIPCIÓN MUESTRA	Muestra de campo	***GAD GUARANDA:**	0
CONDICIÓN MUESTRA:	Profundidad de -000 m a -001 m	***CONTRATISTA:**	PABLO MANOTOA
ENSAYADO POR:	D.M	***CONTACTO:**	-
FECHA RECEPCIÓN:	2025-07-04	***CORREO:**	-
FECHA ENSAYO:	2025-07-04		
FECHA REPORTE:	2025-07-04	**NORMA:**	INEN 691;692

1.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO

Número de golpes		50		29		11	
Recipiente Número		*A-14*	*X-1*	*A-29*	*G-1*	*A-10*	*X-9*
Peso húmedo + recipiente (g)	Wm+ rec	29.45	32.01	41.32	30.17	34.06	34.22
Peso seco + recipiente (g)	Ws + rec	23.28	24.28	29.50	23.56	25.33	25.20
Peso recipiente (g)	rec	15.18	14.13	14.68	13.98	15.19	14.72
Peso del agua (g)	Ww	6.17	7.73	11.82	6.61	8.73	9.02
Peso de los sólidos (g)	WS	8.10	10.15	14.82	9.58	10.14	10.48
Contenido de humedad (%)	ω%	76.17	76.16	79.76	69.00	86.09	86.07
Contenido de humedad promedio	ω%	76.17		79.76		86.09	



2.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO

Recipiente Número		E-2	C-4	B-3	*Temperatura (ºC):*	20.00
Peso húmedo + recipiente (g)	Wm+ rec	5.72	10.00	10.40	*Humedad (%):*	52.00
Peso seco + recipiente (g)	Ws + rec	5.20	9.49	9.61		
Peso recipiente (g)	rec	4.38	8.71	8.43		
Peso del agua (g)	Ww	0.52	0.51	0.79		
Peso de los sólidos (g)	WS	0.82	0.78	1.18		
Contenido de humedad (%)	ω%	63.41	65.38	66.95		
Contenido de humedad promedio	ω%		65.25			
Límite líquido (LL) =			**80.72**	%		
Límite plástico (LP) =			**65.25**	%		
Índice de plásticidad (IP) =			**15.47**			

Tabla 17 Límites de plasticidad M2

PABLO DANIEL
MANOTOA PAREDES
INGENIERO CIVIL
0999706968

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO MÉTODO A

***PROYECTO:**	REALIZAR INVESTIGACIONES PROFESIONALES Y ANÁLISIS DE LABORATORIO		
***LOCALIZACIÓN:**	GUARANDA/VIA SAN JUAN DE LLULLUNDONGO - CRUCE DE VIA A GUANTOCRUZ	**N.º TRABAJO:**	TLb-2025-429
***MUESTRA:**	SUELO NATURAL ABS: 2+000	***SOLICITA:**	GAD GUARANDA
DESCRIPCIÓN MUESTRA:	Muestra de campo	**GAD GUARANDA**	0
CONDICIÓN MUESTRA:	Condicion de trabajos normales	***CONTRATISTA:**	PABLO MANOTOA
ENSAYADO POR:	D.M	***CONTACTO:**	-
FECHA RECEPCIÓN:	2025-07-04	***CORREO:**	-
FECHA ENSAYO:	2025-07-04	**NORMA:**	AASHTO T-180
FECHA REPORTE:	2025-07-04		

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO:

NÚMERO DE GOLPES:	25	NÚMERO DE CAPAS:	5	PESO MARTILLO(lb):	10
VOLUMEN MOLDE(cm³):	956.879	PESO MOLDE(g):	3761.30	ALTURA DE CAÍDA(in):	18

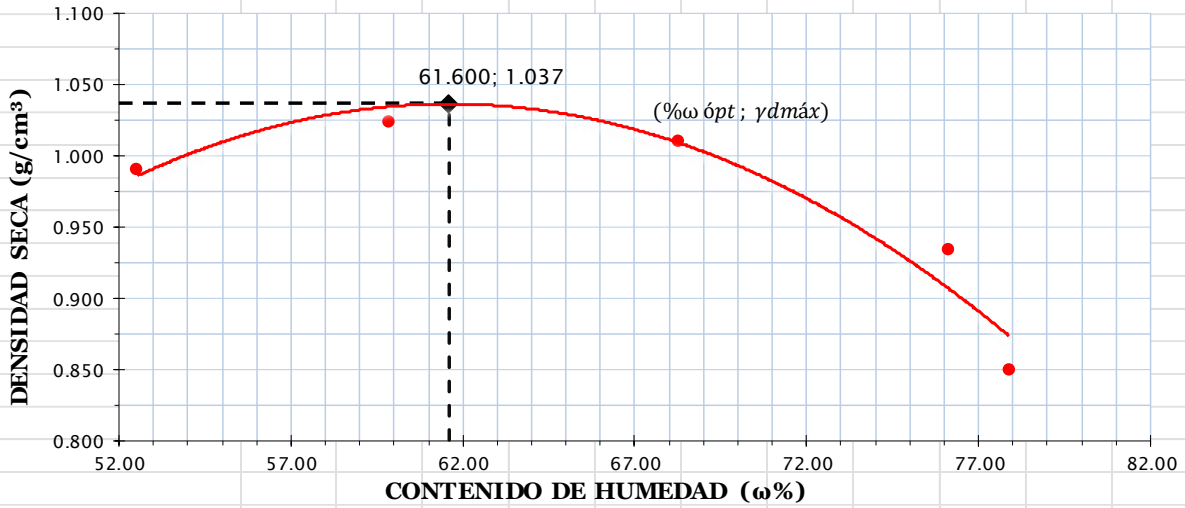
1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO

Muestra N.º		1.	2.	3.	4.	5.
Humedad inicial añadida	%	0	5	10	15	20
Humedad inicial añadida	cm³	0	125	250	375	500
P molde + suelo húmedo	g	5208.20	5327.60	5388.70	5336.60	5208.20
Peso suelo húmedo	g	1446.90	1566.30	1627.40	1575.30	1446.90
Densidad Húmeda	g/cm³	1.512	1.637	1.701	1.646	1.512

2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD - INEN 69 Temperatura °C 19.8 Hum. Relativa (%) 53

Recipiente N.º		M-3	F-1	E-4	L-4	F-5	M-9	R-5	CR-1	B-2	Z-6
Peso húmedo + recipiente (g)	Wm+rec	234.90	234.90	219.94	219.94	202.72	202.72	249.88	249.88	175.20	175.20
Peso seco + recipiente (g)	Ws+rec	186.42	186.42	170.38	170.38	141.97	141.97	180.80	180.80	116.00	116.00
Peso del recipiente (g)	rec	94.12	94.12	87.59	87.59	53.00	53.00	90.06	90.06	40.00	40.00
Peso del agua (g)	Ww	48.48	48.48	49.56	49.56	60.75	60.75	69.08	69.08	59.20	59.20
Peso suelo seco (g)	Ws	92.30	92.30	82.79	82.79	88.97	88.97	90.74	90.74	76.00	76.00
Contenido humedad	ω%	52.52	52.52	59.86	59.86	68.28	68.28	76.13	76.13	77.89	77.89
Contenido humedad promedio	ω%	52.52		59.86		68.28		76.13		77.89	
Densidad Seca (g/cm³)	γd	0.991		1.024		1.011		0.935		0.850	

DENSIDAD SECA vs. CONTENIDO DE HUMEDAD



%ωóptima = 61.600 % **γd máxima= 1.037 g/cm³**

Tabla 18 Ensayo de Compactación Proctor M2

PABLO DANIEL
MANOTOA PAREDES
INGENIERO CIVIL
0999706968

ENSAYO CBR-COMPACTACIÓN

***PROYECTO:**	REALIZAR INVESTIGACIONES PROFESIONALES Y ANÁLISIS DE LABORATORIO		
***LOCALIZACIÓN:**	GUARANDA/VIA SAN JUAN DE	**N.º TRABAJO:**	TLb-2025-429
***MUESTRA:**	SUELO NATURAL ABS: 2+000	***SOLICITA:**	GAD GUARANDA
DESCRIPCIÓN MUESTRA:	Muestra tomada en Campo	**GAD GUARANDA**	0
CONDICIÓN MUESTRA:	Condicion de trabajos normales	***CONTRATISTA:**	PABLO MANOTOA
ENSAYADO POR:	D.M	***CONTACTO:**	-
FECHA RECEPCIÓN:	2025-07-04	***CORREO:**	-
FECHA ENSAYO:	2025-07-04	**NORMA:**	AASHTO T 193
FECHA REPORTE:	2025-07-04		

ENSAYO CBR

N.º DE MOLDE		*M011*		*M009*		*M018*	
N.º DE CAPAS		5		5		5	
N.º DE GOLPES POR CAPA		56		27		11	
		ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
PESO HÚMEDO + MOLDE	g	10228.80	10268.00	9944.20	10055.50	9067.70	9367.10
PESO MOLDE	g	6459.20	6459.20	6372.40	6372.40	5925.00	5925.00
PESO MUESTRA HÚMEDA	g	3769.60	3808.80	3571.80	3683.10	3142.70	3442.10
VOLUMEN DE LA MUESTRA	cm³	2102.04	2102.04	2104.81	2104.81	2103.96	2103.96
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm³	1.793	1.812	1.697	1.750	1.494	1.636
DENSIDAD SECA	g/cm³	1.113	1.103	1.052	1.050	0.921	0.948
DENSIDAD SECA PROMEDIO	g/cm³	1.108		1.051		0.935	

CONTENIDO DE HUMEDAD

TARRO N.º		*N-3*	*Z-7*	*X-8*	*Q-3*	*Y-1*	*U-2*
PESO HÚMEDO + TARRO	g	298.74	244.23	191.21	216.36	225.51	229.65
PESO MUESTRA SECA + TARRO	g	221.00	169.54	135.67	148.25	159.00	169.47
PESO TARRO	g	93.71	53.33	45.04	45.98	51.94	86.52
PESO AGUA	g	77.74	74.69	55.54	68.11	66.51	60.18
PESO MUESTRA SECA	g	127.29	116.21	90.63	102.27	107.06	82.95
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	61.07	64.27	61.28	66.60	62.12	72.55
AGUA ABSORBIDA	%		3.20		5.32		10.43

Tabla 19 Ensayo de Compactación CBR M2

PABLO DANIEL
MANOTOA PAREDES
INGENIERO CIVIL
0999706968

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

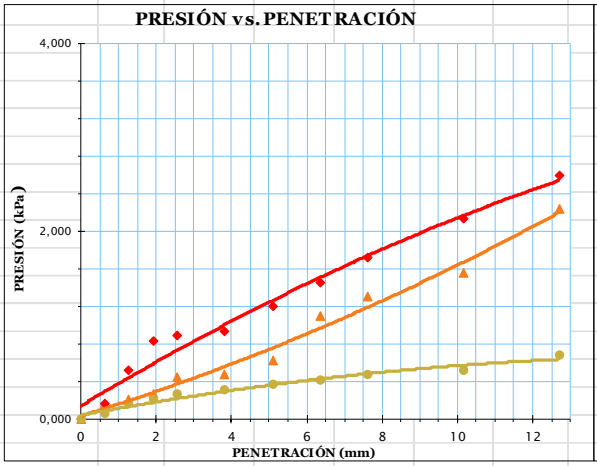
*PROYECTO:	REALIZAR INVESTIGACIONES PROFESIONALES Y ANÁLISIS DE LABORATORIO		
*LOCALIZACIÓN:	GUARANDA/VIA SAN JUAN DE LLULLUNDONGO - CRUCE DE VIA A GUANTOCRUZ	N.º TRABAJO:	TLb-2025-429
*MUESTRA:	SUELO NATURAL ABS: 2+000	*CONTRATISTA:	PABLO MANOTOA
FECHA RECEPCIÓN:	2025-07-04	*CONTACTO:	-
FECHA ENSAYO:	2025-07-04	*CORREO:	-
FECHA REPORTE:	2025-07-04	NORMA:	AASHTO T-193

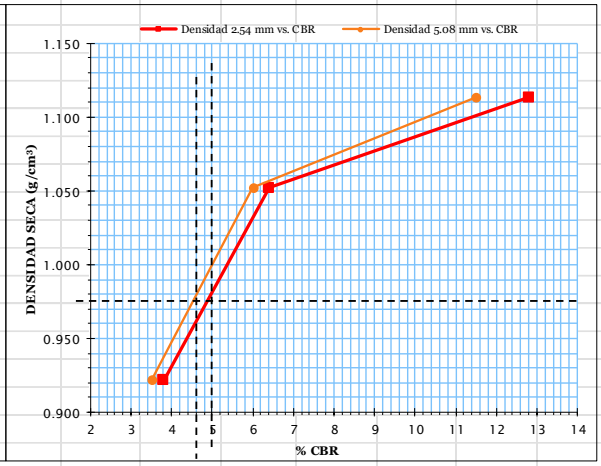
ESPONJAMIENTO - LECTURA DIAL (in ×10 $^{-2}$)

MOLDE NÚMERO			M011				M009				M018			
FECHA	TIEMPO		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ	
DÍA Y MES	HORA	DÍAS	DIAL	Mues	in	%	DIAL	Mues	in	%	DIAL	Mues	in	%
			in	in	×10 $^{-2}$		in	in	×10 $^{-2}$		in	in	×10 $^{-2}$	
	18:10	0	0.07	5.00	0.00	0.00	0.09	5.00	0.00	0.00	0.10	5.00	0.00	0.00
	18:08	1	0.07		0.43	0.09	0.11		2.36	0.47	0.12		1.61	0.32
	18:10	2	0.08		1.38	0.28	0.13		4.06	0.81	0.14		3.94	0.79

CARGA PENETRACIÓN - ÁREA DEL PISTÓN: 19.291 cm²

MOLDE NÚMERO			M011				M009				M018			
TIEMPO		PENET.	Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR
			LECT	LEÍDA	CORRG		LECT	LEÍDA	CORRG		LECT	LEÍDA	CORRG	
MIN	SEG	mm	[kN]	kPa		%	[kN]	kPa		%	[kN]	kPa		%
0	0	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00			0.00	0.00		
0	30	0.64	0.30	155.5			0.30	155.5			0.10	51.8		
1	0	1.27	1.00	518.4			0.40	207.4			0.30	155.5		
1	30	1.91	1.60	829.4			0.50	259.2			0.40	207.4		
2	0	2.54	1.70	881.2	881.2	**12.8**	0.85	440.6	440.6	**6.4**	0.50	259.2	**259.2**	**3.8**
3	0	3.81	1.80	933.1			0.90	466.5			0.60	311.0		
4	0	5.08	2.30	1192.3	1192.3	**11.5**	1.20	622.1	622.1	**6.0**	0.70	362.9	**362.9**	**3.5**
5	0	6.35	2.80	1451.5			2.10	1088.6			0.80	414.7		
6	0	7.62	3.30	1710.7			2.50	1295.9			0.90	466.5		
8	0	10.16	4.10	2125.4			3.00	1555.1			1.00	518.4		
10	0	12.70	5.00	2591.9			4.30	2229.0			1.30	673.9		
CBR corregido 2.54 mm						**12.8**				**6.4**				**3.8**
CBR corregido 5.08 mm						**11.5**				**6.0**				**3.5**





Densidad Seca γd		vs.	Resistencia CBR				Densidad Máxima Seca	1.037	g/cm³	
g/cm³	1.113		12.8	%	11.5	%	95% de *DMS*	0.985	g/cm³	
g/cm³	1.052		6.4	%	6.0	%				
g/cm³	0.921		3.8	%	3.5	%	**CBR PUNTUAL**			**4.70 %**

Tabla 20 CBR Puntual M2

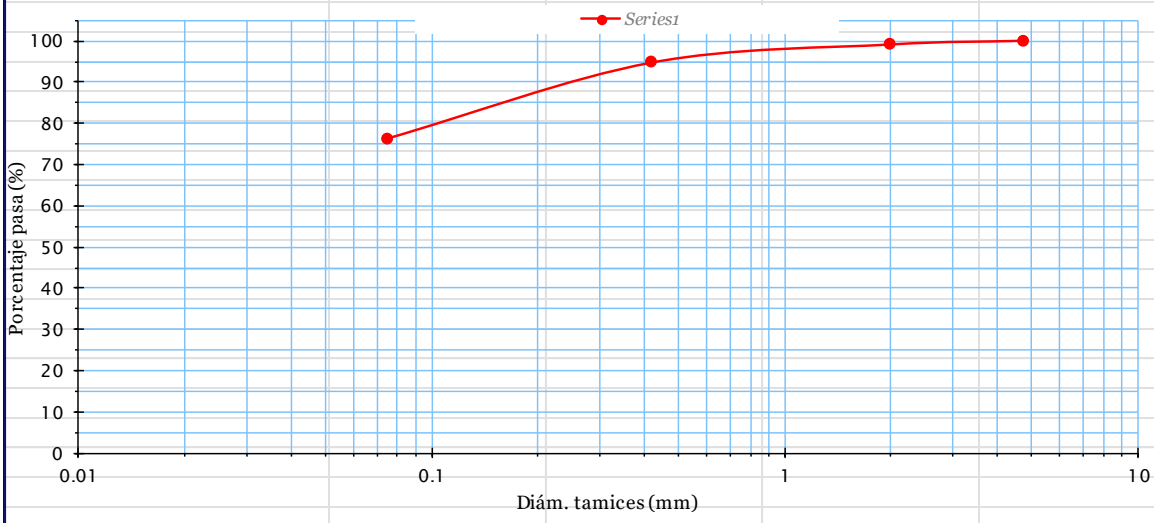
PABLO DANIEL
MANOTOA PAREDES
INGENIERO CIVIL
0999706968

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

***PROYECTO:**	REALIZAR INVESTIGACIONES PROFESIONALES Y ANÁLISIS DE LABORATORIO		
***LOCALIZACIÓN:**	GUARANDA/ VIA SAN JUAN DE LLULLUNDONGO - CRUCE DE VIA A	**N.º TRABAJO:**	TLb-2025-429
***MUESTRA:**	SUELO NATURAL	***SOLICITA:**	GAD GUARANDA
DESCRIPCIÓN MUESTRA:	Muestra de campo	***GAD GUARANDA:**	ING. FABIÁN CHIMBO
CONDICIÓN MUESTRA:	Condicion de trabajos normales	***CONTRATISTA:**	PABLO MANOTOA
ENSAYADO POR:	D.M	***CONTACTO:**	-
FECHA RECEPCIÓN:	2025-07-04	***CORREO:**	-
FECHA ENSAYO:	2025-07-04	**NORMA:**	INEN 696;697
FECHA REPORTE:	2025-07-04		

TAMIZ	PESO RET (g)	% RETENIDO	% PASA	% ESPECIF.
3"(76.2 mm)	0.00	-	100.00	
# 4 (4.75 mm)	0.00	-	100.00	
# 10 (2.00 mm)	2.98	0.90	99.10	
# 40 (0.42 mm)	18.12	5.30	94.70	
# 200 (0.075 mm)	80.37	23.70	76.30	
TOTAL LAVADO FINOS (g)	339.55		**Humedad % =**	**47.62**
TOTAL SH (g)	501.25			

Curva Granulométrica Suelo



Nota: Serie 1 material en estudio y curvas límites

**Datos proporcionados por el cliente.*

Clasificación SUCS: MH-LIMO ELÁSTICO CON ARENA **Color: Negro**

CONTENIDO DE HUMEDAD - INEN 690:		**ω % =**	**47.62**	
Temperatura (ºC):	*19.90*		*Humedad Lab (%):*	*59.00*
Pt+SH (g)	Pt+SS (g)	Pt. (g)	Pagua (g)	PSS (g)
159.65	121.78	42.26	37.87	79.52

Tabla 21 Granulometría M3

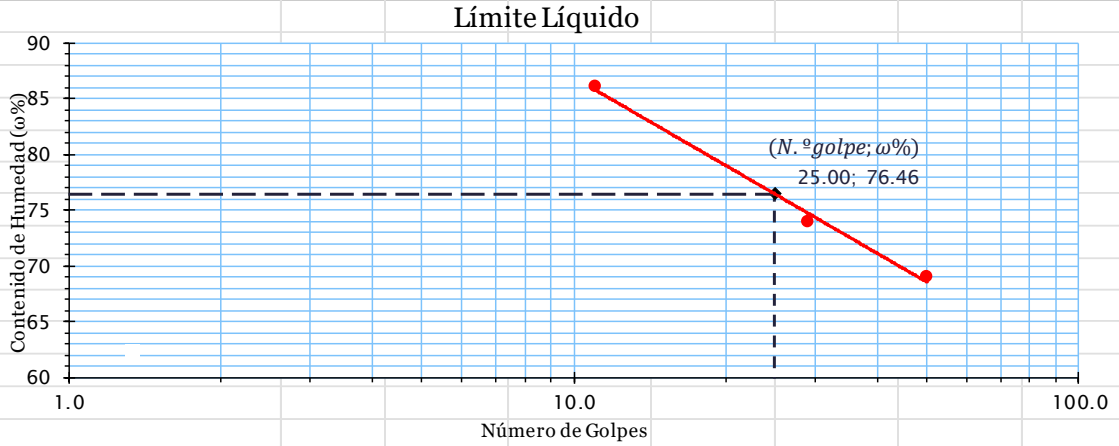
PABLO DANIEL
MANOTOA PAREDES
INGENIERO CIVIL
0999706968

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

***PROYECTO:**	REALIZAR INVESTIGACIONES PROFESIONALES Y ANÁLISIS DE LABORATORIO		
***LOCALIZACIÓN:**	GUARANDA/ VIA SAN JUAN DE LLULLUNDONGO - CRUCE DE VIA A	**N.º TRABAJO:**	TLb-2025-429
***MUESTRA:**	SUELO NATURAL ABS: 3+000	***SOLICITA:**	GAD GUARANDA
DESCRIPCIÓN MUESTRA	Muestra de campo	***GAD GUARANDA:**	ING. FABIÁN CHIMBO
CONDICIÓN MUESTRA:	Profundidad de -000 m a -001 m	***CONTRATISTA:**	PABLO MANOTOA
ENSAYADO POR:	D.M	***CONTACTO:**	-
FECHA RECEPCIÓN:	2025-07-04	***CORREO:**	-
FECHA ENSAYO:	2025-07-04		
FECHA REPORTE:	2025-07-04	**NORMA:**	INEN 691;692

1.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO

Número de golpes		11		50		29	
Recipiente Número		*A-18*	*A-10*	*A-32*	*A-40*	*A30*	*A-8*
Peso húmedo + recipiente (g)	Wm+ rec	34.06	32.01	41.32	30.17	29.45	34.22
Peso seco + recipiente (g)	Ws + rec	25.33	27.66	30.44	25.99	23.38	28.72
Peso recipiente (g)	rec	15.19	14.13	14.68	13.98	15.18	14.72
Peso del agua (g)	Ww	8.73	4.35	10.88	4.18	6.07	5.50
Peso de los sólidos (g)	WS	10.14	13.53	15.76	12.01	8.20	14.00
Contenido de humedad (%)	ω%	86.09	32.15	69.04	34.80	74.02	39.29
Contenido de humedad promedio	ω%	86.09		69.04		74.02	



2.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO

Recipiente Número		B3	E-2	C-4	*Temperatura (ºC):*	20.30
Peso húmedo + recipiente (g)	Wm+ rec	5.71	9.99	10.42	*Humedad (%):*	61.00
Peso seco + recipiente (g)	Ws + rec	5.18	9.48	9.62		
Peso recipiente (g)	rec	4.38	8.71	8.43		
Peso del agua (g)	Ww	0.53	0.51	0.80		
Peso de los sólidos (g)	WS	0.80	0.77	1.19		
Contenido de humedad (%)	ω%	66.25	66.23	67.23		
Contenido de humedad promedio	ω%		66.57			
Límite líquido (LL) =			**76.46**	%		
Límite plástico (LP) =			**66.57**	%		
Índice de plásticidad (IP) =			**9.89**			

Tabla 22 Límites de plasticidad M3

PABLO DANIEL
MANOTOA PAREDES
INGENIERO CIVIL
0999706968

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO MÉTODO A

*PROYECTO:	REALIZAR INVESTIGACIONES PROFESIONALES Y ANÁLISIS DE LABORATORIO		
*LOCALIZACIÓN:	GUARANDA/ VIA SAN JUAN DE LLULLUNDONGO - CRUCE DE VIA A GUANTOCRUZ	N.º TRABAJO:	TLb-2025-429
*MUESTRA:	SUELO NATURAL ABS: 3+000	*SOLICITA:	GAD GUARANDA
DESCRIPCIÓN MUESTRA:	Muestra de campo	GAD GUARANDA	ING. FABIÁN CHIMBO
CONDICIÓN MUESTRA:	Condicion de trabajos normales	*CONTRATISTA:	PABLO MANOTOA
ENSAYADO POR:	D.M	*CONTACTO:	-
FECHA RECEPCIÓN:	2025-07-04	*CORREO:	-
FECHA ENSAYO:	2025-07-04	NORMA:	AASHTO T-180
FECHA REPORTE:	2025-07-04		

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO:

NÚMERO DE GOLPES:	25	NÚMERO DE CAPAS:	5	PESO MARTILLO(lb):	10
VOLUMEN MOLDE(cm³):	956.879	PESO MOLDE(g):	3761.30	ALTURA DE CAÍDA(in):	18

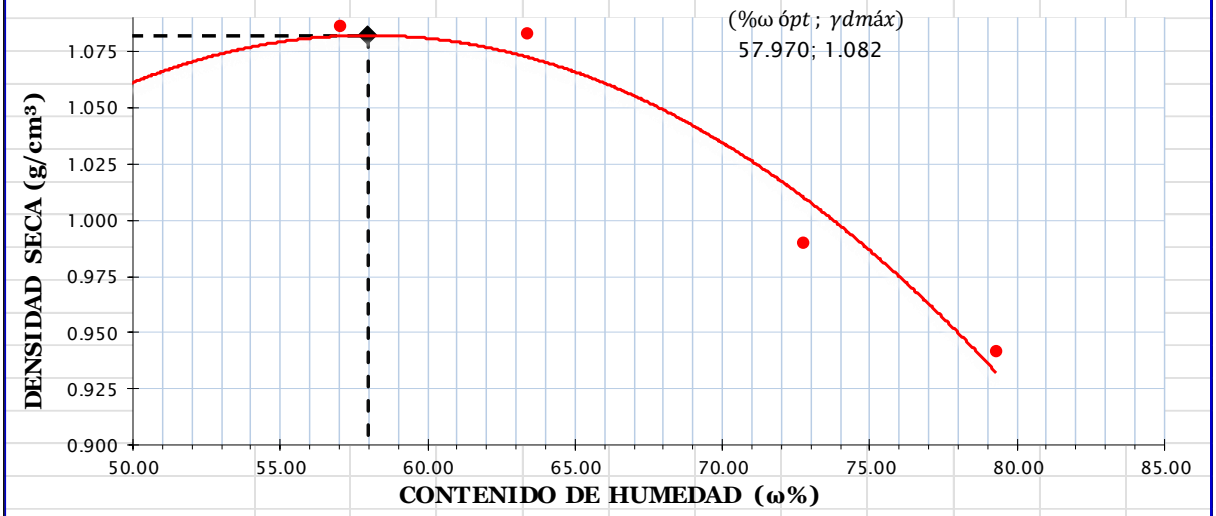
1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO

Muestra N.º		1.	2.	3.	4.	5.
Humedad inicial añadida	%	0	5	10	15	20
Humedad inicial añadida	cm³	0	125	250	375	500
P molde + suelo húmedo	g	5269.80	5394.20	5453.70	5398.40	5377.10
Peso suelo húmedo	g	1508.50	1632.90	1692.40	1637.10	1615.80
Densidad Húmeda	g/cm³	1.576	1.706	1.769	1.711	1.689

2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD - INEN 69 Temperatura °C 18.1 Hum. Relativa (%) 54

Recipiente N.º		T-1	X-7	A-5	N-3	C-8	H-1	A-86	CR-5	P-2	Z-3
Peso húmedo + recipiente (g)	Wm+rec	238.54	238.54	219.65	219.65	199.24	199.24	246.25	246.25	165.27	165.27
Peso seco + recipiente (g)	Ws+rec	190.08	190.08	170.09	170.09	142.00	142.00	180.97	180.97	109.87	109.87
Peso del recipiente (g)	rec	92.17	92.17	83.24	83.24	51.70	51.70	91.25	91.25	40.00	40.00
Peso del agua (g)	Ww	48.46	48.46	49.56	49.56	57.24	57.24	65.28	65.28	55.40	55.40
Peso suelo seco (g)	Ws	97.91	97.91	86.85	86.85	90.30	90.30	89.72	89.72	69.87	69.87
Contenido humedad	ω%	49.49	49.49	57.06	57.06	63.39	63.39	72.76	72.76	79.29	79.29
Contenido humedad promedio	ω%	49.49		57.06		63.39		72.76		79.29	
Densidad Seca (g/cm³)	γd	1.054		1.086		1.083		0.990		0.942	

DENSIDAD SECA vs. CONTENIDO DE HUMEDAD



%ωóptima = 57.970 % γd máxima= 1.082 g/cm³

Tabla 23 Ensayo de Compactación Proctor M3

PABLO DANIEL
MANOTOA PAREDES
INGENIERO CIVIL
0999706968

ENSAYO CBR-COMPACTACIÓN

***PROYECTO:**	REALIZAR INVESTIGACIONES PROFESIONALES Y ANÁLISIS DE LABORATORIO		
***LOCALIZACIÓN:**	GUARANDA/ VIA SAN JUAN DE	**N.º TRABAJO:**	TLb-2025-429
***MUESTRA:**	SUELO NATURAL ABS: 3+000	***SOLICITA:**	GAD GUARANDA
DESCRIPCIÓN MUESTRA:	Muestra tomada en Campo	**GAD GUARANDA**	ING. FABIÁN CHIMBO
CONDICIÓN MUESTRA:	Condicion de trabajos normales	***CONTRATISTA:**	PABLO MANOTOA
ENSAYADO POR:	D.M	***CONTACTO:**	-
FECHA RECEPCIÓN:	2025-07-04	***CORREO:**	-
FECHA ENSAYO:	2025-07-04	**NORMA:**	AASHTO T 193
FECHA REPORTE:	2025-07-04		

ENSAYO CBR

N.º DE MOLDE		*M012*		*M015*		*M044*	
N.º DE CAPAS		5		5		5	
N.º DE GOLPES POR CAPA		56		27		11	
		ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
PESO HÚMEDO + MOLDE	g	9980.10	9916.20	9141.50	9208.60	9052.60	9102.30
PESO MOLDE	g	6485.60	6485.60	5809.00	5809.00	5726.00	5726.00
PESO MUESTRA HÚMEDA	g	3494.50	3430.60	3332.50	3399.60	3326.60	3376.30
VOLUMEN DE LA MUESTRA	cm³	2109.40	2109.40	2087.58	2087.58	2102.88	2102.88
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm³	1.657	1.626	1.596	1.628	1.582	1.606
DENSIDAD SECA	g/cm³	1.050	0.954	1.014	0.952	1.003	0.929
DENSIDAD SECA PROMEDIO	g/cm³	1.002		0.983		0.966	

CONTENIDO DE HUMEDAD

TARRO N.º		*T-1*	*P-1*	*A-5*	*P-5*	*A-9*	*Z-6*
PESO HÚMEDO + TARRO	g	157.58	211.47	158.47	183.47	158.47	185.25
PESO MUESTRA SECA + TARRO	g	115.10	141.12	118.90	124.19	114.35	124.17
PESO TARRO	g	41.65	41.25	50.05	40.74	38.00	40.39
PESO AGUA	g	42.48	70.35	39.57	59.28	44.12	61.08
PESO MUESTRA SECA	g	73.45	99.87	68.85	83.45	76.35	83.78
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	57.84	70.44	57.47	71.04	57.79	72.91
AGUA ABSORBIDA	%		12.61		13.56		15.12

Tabla 24 Ensayo de Compactación CBR M3

PABLO DANIEL
MANOTOA PAREDES
INGENIERO CIVIL
0999706968

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

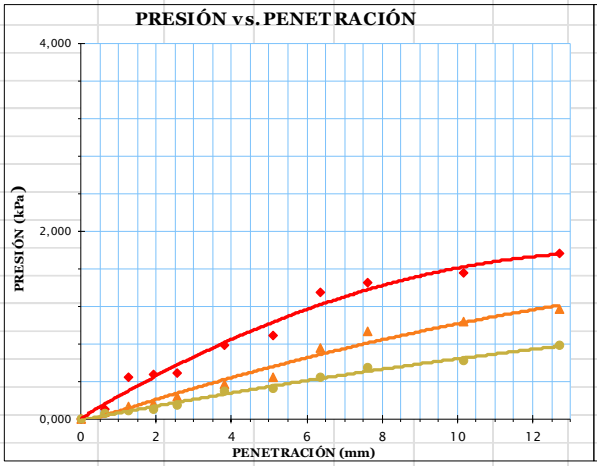
*PROYECTO:	REALIZAR INVESTIGACIONES PROFESIONALES Y ANÁLISIS DE LABORATORIO		
*LOCALIZACIÓN:	GUARANDA/ VIA SAN JUAN DE LLULLUNDONGO - CRUCE DE VIA A GUANTOCRUZ	N.º TRABAJO:	TLb-2025-429
*MUESTRA:	SUELO NATURAL ABS: 3+000	*CONTRATISTA:	PABLO MANOTOA
FECHA RECEPCIÓN:	2025-07-04	*CONTACTO:	-
FECHA ENSAYO:	2025-07-04	*CORREO:	-
FECHA REPORTE:	2025-07-04	NORMA:	AASHTO T-193

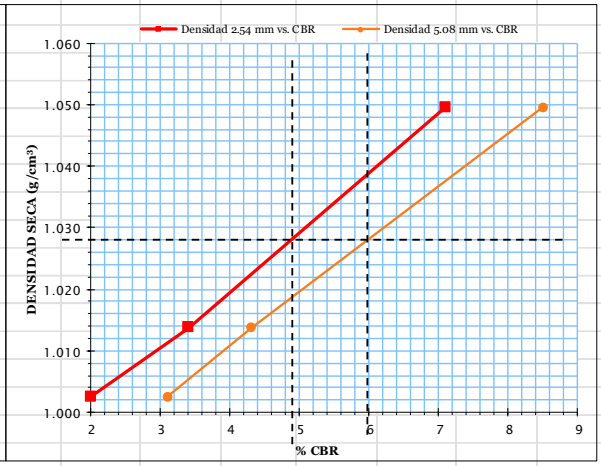
ESPONJAMIENTO - LECTURA DIAL (in ×10 $^{-2}$)

MOLDE NÚMERO			M012				M015				M044			
FECHA	TIEMPO		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ	
DÍA Y MES	HORA	DÍAS	DIAL	Mues	in	%	DIAL	Mues	in	%	DIAL	Mues	in	%
			in	in	×10 $^{-2}$		in	in	×10 $^{-2}$		in	in	×10 $^{-2}$	
	18:10	0	0.03	5.00	0.00	0.00	0.02	5.00	0.00	0.00	0.02	5.00	0.00	0.00
	18:08	1	0.04		1.57	0.31	0.03		1.18	0.24	0.02		0.28	0.06
	18:10	2	0.06		3.43	0.69	0.05		2.87	0.57	0.05		3.74	0.75

CARGA PENETRACIÓN - ÁREA DEL PISTÓN: 19.291 cm²

MOLDE NÚMERO			M012				M015				M044			
TIEMPO		PENET.	Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR
			LECT	LEÍDA	CORRG		LECT	LEÍDA	CORRG		LECT	LEÍDA	CORRG	
MIN	SEG	mm	[kN]	kPa		%	[kN]	kPa		%	[kN]	kPa		%
0	0	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00			0.00	0.00		
0	30	0.64	0.20	103.7			0.14	72.6			0.10	51.8		
1	0	1.27	0.85	440.6			0.25	129.6			0.16	82.9		
1	30	1.91	0.90	466.5			0.30	155.5			0.20	103.7		
2	0	2.54	0.95	492.5	492.5	**7.1**	0.45	233.3	233.3	**3.4**	0.27	140.0	**140.0**	**2.0**
3	0	3.81	1.50	777.6			0.70	362.9			0.58	300.7		
4	0	5.08	1.70	881.2	881.2	**8.5**	0.85	440.6	440.6	**4.3**	0.61	316.2	**316.2**	**3.1**
5	0	6.35	2.60	1347.8			1.45	751.6			0.86	445.8		
6	0	7.62	2.80	1451.5			1.80	933.1			1.05	544.3		
8	0	10.16	3.00	1555.1			2.00	1036.8			1.20	622.1		
10	0	12.70	3.40	1762.5			2.25	1166.4			1.50	777.6		
CBR corregido 2.54 mm						**7.1**				**3.4**				**2.0**
CBR corregido 5.08 mm						**8.5**				**4.3**				**3.1**





Densidad Seca γd		vs.	Resistencia CBR			Densidad Máxima Seca	1.082	g/cm³	
g/cm³	1.050		7.1	%	8.5 %	95% de *DMS*	1.028	g/cm³	
g/cm³	1.014		3.4	%	4.3 %				
g/cm³	1.003		2.0	%	3.1 %	**CBR PUNTUAL**			**4.90 %**

Tabla 25 CBR Puntual M3

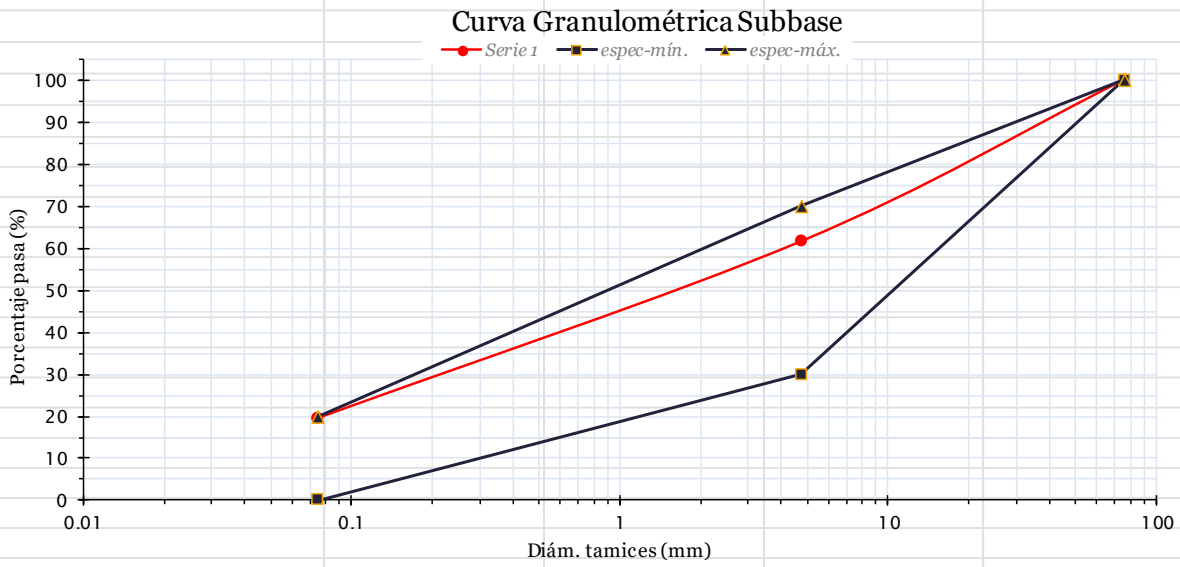
PABLO DANIEL
MANOTOA PAREDES
INGENIERO CIVIL
0999706968

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

***PROYECTO:**	REALIZAR INVESTIGACIONES PROFESIONALES Y ANÁLISIS DE LABORATORIO		
***LOCALIZACIÓN:**	GUARANDA/VÍA ATANDAHUA-SAN JUAN	**N.° TRABAJO:**	TLb-2025-263
***MUESTRA:**	SUBBASE CLASE 3 ABS:0+500	***SOLICITA:**	GAD GUARANDA
DESCRIPCIÓN MUESTRA:	Muestra de campo	***GAD GUARANDA**	ING. FABIÁN CHIMBO
CONDICIÓN MUESTRA:	Condicion de trabajos normales	***CONTRATISTA:**	ING. PABLO MANOTOA
ENSAYADO POR:	D.M	***CONTACTO:**	-
FECHA RECEPCIÓN:	2025-07-04	***CORREO:**	-
FECHA ENSAYO:	2025-07-04	**NORMA:**	INEN 696;697
FECHA REPORTE:	2025-07-04		

TAMIZ	PESO RET (g)	% RETENIDO	% PASA	% ESPECIF.
3"(76.2 mm)	0.00	-	100.00	100
# 4 (4.75 mm)	11807.20	38.40	61.60	30-70
# 200 (0.075 mm)	328.10	80.40	19.60	0-20

TOTAL LAVADO FINOS (g)	480.90	**Humedad % =**	**4.47**
TOTAL FINO PASA #4 (g)	18247.20		
TOTAL MUESTRA (g)	30734.10		



Nota: Serie 1 material en estudio y curvas límites — **Datos proporcionados por el cliente.*

Clasificación SUCS: GM, GRAVA LIMOSA — **Color: café**

CONTENIDO DE HUMEDAD - INEN 690:		**ω % =**	**4.47**	
Temperatura (ºC):	*20.00*		*Humedad Lab (%):*	*65.00*
Pt+SH (g)	Pt+SS (g)	Pt. (g)	Pagua (g)	PSS (g)
303.14	292.39	52.14	10.75	240.25

Tabla 26 Granulometría M4

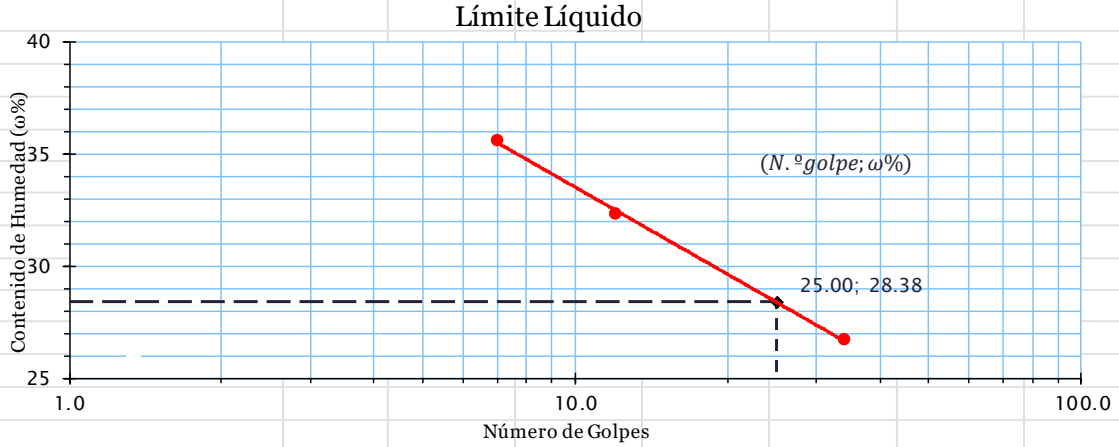
PABLO DANIEL
MANOTOA PAREDES
INGENIERO CIVIL
0999706968

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

***PROYECTO:**	REALIZAR INVESTIGACIONES PROFESIONALES Y ANÁLISIS DE LABORATORIO		
***LOCALIZACIÓN:**	GUARANDA/VÍA ATANDAHUA-SAN JUAN DE LLULLUNDUNGO	**N.º TRABAJO:**	TLb-2025-263
***MUESTRA:**	SUBBASE CLASE 3 ABS: 0+500	***SOLICITA:**	GAD GUARANDA
DESCRIPCIÓN MUESTRA	Muestra de campo	***GAD GUARANDA:**	ING. FABIÁN CHIMBO
CONDICIÓN MUESTRA:	Profundidad de -000 m a -001 m	***CONTRATISTA:**	ING. PABLO MANOTOA
ENSAYADO POR:	D.M	***CONTACTO:**	-
FECHA RECEPCIÓN:	2025-07-04	***CORREO:**	-
FECHA ENSAYO:	2025-07-04		
FECHA REPORTE:	2025-07-04	**NORMA:**	INEN 691;692

1.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO

Número de golpes		34		12		7	
Recipiente Número		*A21*	*D7*	*A20*	*X-2*	*A26*	*E-3*
Peso húmedo + recipiente (g)	Wm+ rec	33.49	33.50	47.89	47.90	31.68	31.67
Peso seco + recipiente (g)	Ws + rec	29.58	28.85	39.88	38.98	27.29	26.45
Peso recipiente (g)	rec	14.94	11.33	15.12	11.32	14.96	11.74
Peso del agua (g)	Ww	3.91	4.65	8.01	8.92	4.39	5.22
Peso de los sólidos (g)	WS	14.64	17.52	24.76	27.66	12.33	14.71
Contenido de humedad (%)	ω%	26.71	26.54	32.35	32.25	35.60	35.49
Contenido de humedad promedio	ω%	26.71		32.35		35.60	



2.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO

Recipiente Número		C-2	D-10	C-7	*Temperatura (ºC):*	20.30
Peso húmedo + recipiente (g)	Wm+ rec	13.72	12.57	14.26	*Humedad (%):*	61.00
Peso seco + recipiente (g)	Ws + rec	12.60	11.76	13.06		
Peso recipiente (g)	rec	8.20	8.41	8.36		
Peso del agua (g)	Ww	1.12	0.81	1.20		
Peso de los sólidos (g)	WS	4.40	3.35	4.70		
Contenido de humedad (%)	ω%	25.45	24.18	25.53		
Contenido de humedad promedio	ω%		25.06			
Límite líquido (LL) =			28.38	%		
Límite plástico (LP) =			25.06	%		
Índice de plásticidad (IP) =			3.32			

Tabla 27 Límites de plasticidad M4

PABLO DANIEL
MANOTOA PAREDES
INGENIERO CIVIL
0999706968

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO MÉTODO D

*PROYECTO:	REALIZAR INVESTIGACIONES PROFESIONALES Y ANÁLISIS DE LABORATORIO		
*LOCALIZACIÓN:	GUARANDA/VÍA ATANDAHUA-SAN JUAN DE	N.º TRABAJO:	TLb-2025-263
*MUESTRA:	SUBBASE CLASE 3 ABS: 0+500	*SOLICITA:	GAD GUARANDA
DESCRIPCIÓN MUESTRA:	Muestra de campo	*GAD GUARANDA	ING. FABIÁN CHIMBO
CONDICIÓN MUESTRA:	Condicion de trabajos normales	*CONTRATISTA:	ING. PABLO MANOTOA
ENSAYADO POR:	D.M	*CONTACTO:	-
FECHA RECEPCIÓN:	2025-07-04	*CORREO:	-
FECHA ENSAYO:	2025-07-04	NORMA:	AASHTO T-180
FECHA REPORTE:	2025-07-04		

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO:

NÚMERO DE GOLPES:	56	NÚMERO DE CAPAS:	5	PESO MARTILLO(lb):	10
VOLUMEN MOLDE(cm³):	2110.725	PESO MOLDE(g):	5411.10	ALTURA DE CAÍDA(in):	18

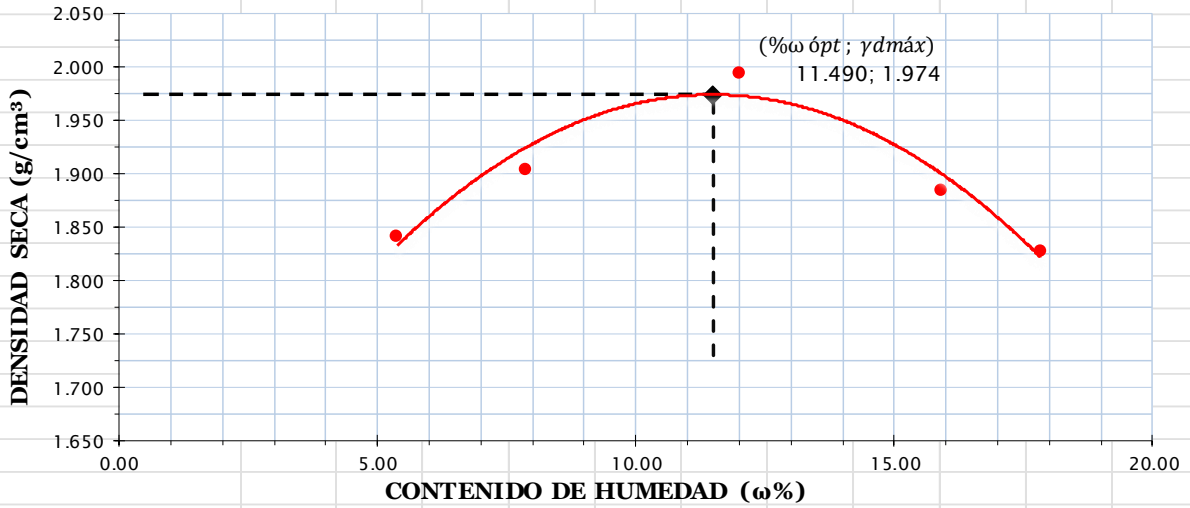
1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO

Muestra N.º		1.	2.	3.	4.	5.
Humedad inicial añadida	%	0	2	5	7	9
Humedad inicial añadida	cm³	0	125	250	375	500
P molde + suelo húmedo	g	9508.40	9745.50	10127.47	10022.40	9958.40
Peso suelo húmedo	g	4097.30	4334.40	4716.37	4611.30	4547.30
Densidad Húmeda	g/cm³	1.941	2.054	2.234	2.185	2.154

2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD - INEN 69 Temperatura °C 18.1 Hum. Relativa (%) 54

Recipiente N.º		A99	L-2	1P	K-2	W5	J-5	D11	CR-5	H-7	U-1
Peso húmedo + recipiente (g)	Wm+rec	302.14	302.14	280.20	280.20	276.14	276.14	200.03	200.03	263.14	263.14
Peso seco + recipiente (g)	Ws+rec	291.50	291.50	263.50	263.50	252.14	252.14	177.98	177.98	229.14	229.14
Peso del recipiente (g)	rec	93.61	93.61	51.48	51.48	51.92	51.92	39.26	39.26	38.49	38.49
Peso del agua (g)	Ww	10.64	10.64	16.70	16.70	24.00	24.00	22.05	22.05	34.00	34.00
Peso suelo seco (g)	Ws	197.89	197.89	212.02	212.02	200.22	200.22	138.72	138.72	190.65	190.65
Contenido humedad	ω%	5.38	5.38	7.88	7.88	11.99	11.99	15.90	15.90	17.83	17.83
Contenido humedad promedio	ω%	5.38		7.88		11.99		15.90		17.83	
Densidad Seca (g/cm³)	γd	1.842		1.904		1.995		1.885		1.828	

DENSIDAD SECA vs. CONTENIDO DE HUMEDAD



%ωóptima = 11.490 % γd máxima= 1.974 g/cm³

Tabla 28 Ensayo de Compactación Proctor M4

PABLO DANIEL
MANOTOA PAREDES
INGENIERO CIVIL
0999706968

ENSAYO CBR-COMPACTACIÓN

***PROYECTO:**	REALIZAR INVESTIGACIONES PROFESIONALES Y ANÁLISIS DE LABORATORIO		
***LOCALIZACIÓN:**	GUARANDA/VÍA ATANDAHUA-SAN JUAN DE LLULLUNDUNGO	**N.° TRABAJO:**	TLb-2025-263
***MUESTRA:**	SUBBASE CLASE 3 ABS: 0+500	***SOLICITA:**	GAD GUARANDA
DESCRIPCIÓN MUESTRA:	Muestra tomada en Campo	***GAD GUARANDA**	ING. FABIÁN CHIMBO
CONDICIÓN MUESTRA:	Condicion de trabajos normales	***CONTRATISTA:**	ING. PABLO MANOTOA
ENSAYADO POR:	D.M	***CONTACTO:**	-
FECHA RECEPCIÓN:	2025-07-04	***CORREO:**	-
FECHA ENSAYO:	2025-07-04	**NORMA:**	AASHTO T 193
FECHA REPORTE:	2025-07-04		

ENSAYO CBR

N.° DE MOLDE		*M009*		*M018*		*M008*	
N.° DE CAPAS		5		5		5	
N.° DE GOLPES POR CAPA		56		27		11	
		ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
PESO HÚMEDO + MOLDE	g	11025.00	11056.70	10301.00	10453.00	10398.00	10763.90
PESO MOLDE	g	6372.40	6372.40	5925.00	5925.00	6370.80	6370.80
PESO MUESTRA HÚMEDA	g	4652.60	4684.30	4376.00	4528.00	4027.20	4393.10
VOLUMEN DE LA MUESTRA	cm³	2104.81	2104.81	2103.96	2103.96	2098.30	2098.30
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm³	2.210	2.226	2.080	2.152	1.919	2.094
DENSIDAD SECA	g/cm³	1.984	1.938	1.867	1.847	1.725	1.724
DENSIDAD SECA PROMEDIO	g/cm³	1.961		1.857		1.724	

CONTENIDO DE HUMEDAD

TARRO N.°		*E4*	*H2*	*Y-1*	*A-4*	*M2*	*R4*
PESO HÚMEDO + TARRO	g	306.50	222.47	243.15	175.50	330.21	232.17
PESO MUESTRA SECA + TARRO	g	282.30	198.47	224.01	159.67	306.74	198.40
PESO TARRO	g	70.02	36.54	56.14	64.00	98.31	41.04
PESO AGUA	g	24.20	24.00	19.14	15.83	23.47	33.77
PESO MUESTRA SECA	g	212.28	161.93	167.87	95.67	208.43	157.36
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	11.40	14.82	11.40	16.55	11.26	21.46
AGUA ABSORBIDA	%		3.42		5.14		10.20

Tabla 29 Ensayo de Compactación CBR M4

PABLO DANIEL
MANOTOA PAREDES
INGENIERO CIVIL
0999706968

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

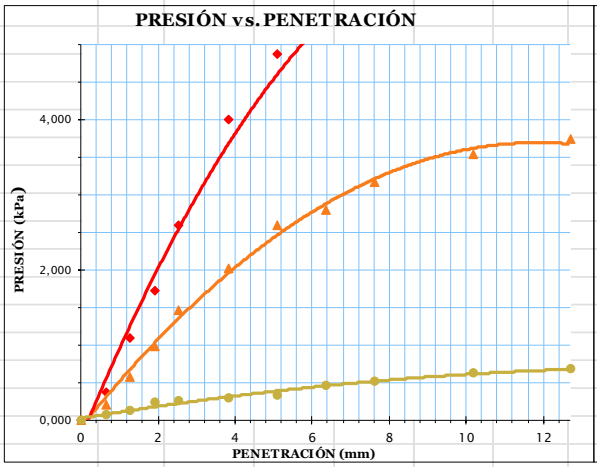
*PROYECTO:	REALIZAR INVESTIGACIONES PROFESIONALES Y ANÁLISIS DE LABORATORIO		
*LOCALIZACIÓN:	GUARANDA/VÍA ATANDAHUA-SAN JUAN DE LLULLUNDUNGO	N.º TRABAJO:	TLb-2025-263
*MUESTRA:	SUBBASE CLASE 3 ABS: 0+500	*CONTRATISTA:	ING. PABLO MANOTOA
FECHA RECEPCIÓN:	2025-07-04	*CONTACTO:	-
FECHA ENSAYO:	2025-07-04	*CORREO:	-
FECHA REPORTE:	2025-07-04	NORMA:	AASHTO T-193

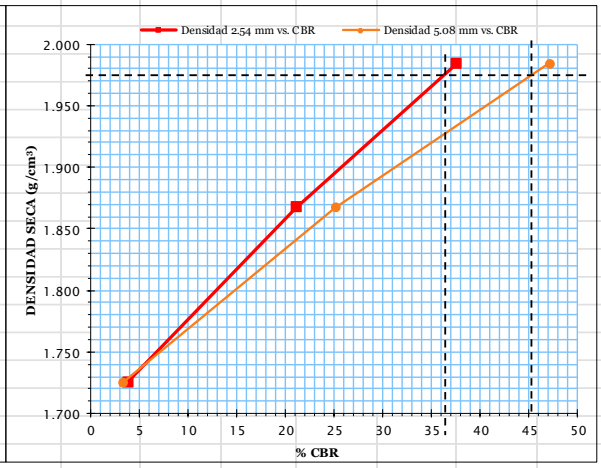
ESPONJAMIENTO - LECTURA DIAL (in ×10 $^{-2}$)

MOLDE NÚMERO			M009				M018				M008			
FECHA	TIEMPO		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ	
DÍA Y MES	HORA	DÍAS	DIAL	Mues	in	%	DIAL	Mues	in	%	DIAL	Mues	in	%
			in	in	×10 $^{-2}$		in	in	×10 $^{-2}$		in	in	×10 $^{-2}$	
	18:10	0	0.13	5.00	0.00	0.00	0.13	5.00	0.00	0.00	0.07	5.00	0.00	0.00
	18:08	1	0.17		4.41	0.88	0.17		4.41	0.88	0.09		1.57	0.31
	18:10	2	0.20		7.56	1.51	0.20		7.56	1.51	0.11		3.58	0.72

CARGA PENETRACIÓN - ÁREA DEL PISTÓN: 19.291 cm²

MOLDE NÚMERO			M009				M018				M008			
TIEMPO		PENET.	Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR
			LECT	LEÍDA	CORRG		LECT	LEÍDA	CORRG		LECT	LEÍDA	CORRG	
MIN	SEG	mm	[kN]	kPa		%	[kN]	kPa		%	[kN]	kPa		%
0	0	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00			0.00	0.00		
0	30	0.64	0.70	362.9			0.40	207.4			0.12	62.2		
1	0	1.27	2.10	1088.6			1.10	570.2			0.25	129.6		
1	30	1.91	3.30	1710.7			1.90	984.9			0.45	233.3		
2	0	2.54	5.00	2591.9	2591.9	**37.6**	2.80	1451.5	1451.5	**21.1**	0.50	259.2	**259.2**	**3.8**
3	0	3.81	7.70	3991.5			3.90	2021.7			0.55	285.1		
4	0	5.08	9.40	4872.8	4872.8	**47.1**	5.00	2591.9	2591.9	**25.1**	0.65	336.9	**336.9**	**3.3**
5	0	6.35	10.30	5339.3			5.40	2799.2			0.90	466.5		
6	0	7.62	11.00	5702.2			6.10	3162.1			1.00	518.4		
8	0	10.16	11.90	6168.7			6.80	3525.0			1.20	622.1		
10	0	12.70	12.50	6479.7			7.20	3732.3			1.30	673.9		
CBR corregido 2.54 mm						**37.6**				**21.1**				**3.8**
CBR corregido 5.08 mm						**47.1**				**25.1**				**3.3**





Densidad Seca γd		vs.	Resistencia CBR				Densidad Máxima Seca	1.974	g/cm³	
g/cm³	1.984		37.6	%	47.1	%	95% de *DMS*	1.875	g/cm³	
g/cm³	1.867		21.1	%	25.1	%				
g/cm³	1.725		3.8	%	3.3	%	**CBR PUNTUAL**			**35.30 %**

Tabla 30 CBR Puntual M4

1. IMÁGENES

Calicata 1 717830,14 9830155,51 1+000	Calicata 2 717970,74 9830544,68 2+000
Calicata 3 717485,69 9830789,54 3+000	Calicata 4 717118,97 9831419,16 3+500

Fotografía 3 Toma de muestra campo

Fotografía 4 Granulometrías

Fotografía 5 Límites de plasticidad

Fotografía 6 Ensayo de compactación

Fotografía 7 Ensayo de CBR