

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

**“INFLUENCIA DE LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE CON
ENZIMA TERRASIL EN EL COSTO A NIVEL DE AFIRMADO DEL
TRAMO DE LA CARRETERA MORRO SOLAR – SAN MIGUEL DE LAS
NARANJAS, PROVINCIA DE JAÉN”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Bach. SHEILA VALENTINA DIAZ PINZON

ASESOR:

Mcs. Ing. MARÍA SALOMÉ DE LA TORRE RAMÍREZ

CAJAMARCA – PERÚ

2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. **Investigador:** SHEILA VALENTINA DIAZ PINZON
2. **DNI :**71071387
3. **Escuela Profesional:** Ingeniería Civil
4. **Asesor:** MCs. MARIA SALOME DE LA TORRE RAMIREZ
5. **Facultad:** Ingeniería
6. **Grado académico o título profesional**
☐ Bachiller ☒ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☐ Maestro ☐ Doctor
7. **Tipo de Investigación:**
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
8. **Título de Trabajo de Investigación:** "INFLUENCIA DE LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE CON ENZIMA TERRASIL EN EL COSTO A NIVEL DE AFIRMADO DEL TRAMO DE LA CARRETERA MORRO SOLAR – SAN MIGUEL DE LAS NARANJAS, PROVINCIA DE JAÉN"
9. **Fecha de evaluación:** 05 marzo 2026
10. **Software antiplagio:** ☒ TURNITIN ☐ URKUND (OURIGINAL) (*)
11. **Porcentaje de Informe de Similitud:**18 %
12. **Código Documento: oid:** 3117:564022683
13. **Resultado de la Evaluación de Similitud:**
: ☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 09 de marzo del 2026.



FIRMA DEL ASESOR

María Salomé De la torre Ramírez

DNI: 26731541



Firmado digitalmente por:
BAZAN DIAZ Laura Sofia
FAU 20148258801 soft
Motivo: En señal de
conformidad
Fecha: 09/03/2026 17:18:55-0500

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

ACTA N° 0139-2026

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto en el Art. 035 del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería da a conocer que, a los **diez días del mes de marzo de 2026**, siendo las dieciocho horas (6:00 p.m.) en la Sala de Audiovisuales (Edificio 1A - Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez.
Vocal : Dra. Ing. Rosa Haydee Llique Mondragón.
Secretario : Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada *INFLUENCIA DE LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE CON ENZIMA TERRASIL EN EL COSTO A NIVEL DE AFIRMADO DEL TRAMO DE LA CARRETERA MORRO SOLAR - SAN MIGUEL DE LAS NARANJAS, PROVINCIA DE JAÉN*, presentado por la Bachiller en Ingeniería Civil *SHEILA VALENTINA DIAZ PINZON*, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil - Filial Jaén; asesorada por la M.Cs. Ing. María Salomé De la Torre Ramírez, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron a la sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y la evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA : 06 PTS.
EVALUACIÓN PÚBLICA : 12 PTS.
EVALUACIÓN FINAL : 18 PTS DIECIOCHO (En letras)

En consecuencia, se la declara APROBADA con el calificativo de DIECIOCHO acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las 18:50 horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez.
Presidente

Dra. Ing. Rosa Haydee Llique Mondragón.
Vocal

Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.
Secretario

M.Cs. Ing. María Salomé De la Torre Ramírez.
Asesor

AGRADECIMIENTO

A Dios por acompañarme con sabiduría, fortaleza y luz en cada paso de este camino. Agradezco a mis padres Ruth Pinzón y Juan Carlos Díaz, por brindarme su cariño y apoyo incondicional, son el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional.

A mi asesora de tesis, Ingeniera María Salomé Torre Ramírez, por su dedicación, orientación constante y paciencia durante este proceso. Su experiencia y compromiso fueron esenciales para el desarrollo de esta investigación. Gracias por ser un mentor excepcional.

DEDICATORIA

A mis queridos padres, por haberme enseñado, con su ejemplo, el valor del esfuerzo, del trabajo y de la perseverancia. Cada sacrificio, cada día de entrega y cada decisión tomada pensando en mi bienestar han sido la fuerza que me impulsó a alcanzar mis metas y convertir mis sueños en realidad.

A mis hermanos, por ser mi compañía constante y por brindarme siempre su apoyo y confianza. Deseo que este logro sea una inspiración para ustedes, recordándoles que con disciplina y determinación todo es posible.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE	iv
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Formulación del problema.....	2
1.3. Justificación de la investigación	2
1.4. Delimitación de la investigación.....	3
1.5. Limitaciones	3
1.6. Objetivos	4
1.7. Hipótesis General.....	4
1.8. Variables.....	4
1.9. Descripción de los capítulos de la investigación	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes Teóricos	6
2.2. Bases Teóricas	9
2.3. Definición de Términos Básicos	33
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
3.1. Ubicación de la zona de estudio.....	34
3.2. Metodología:.....	37
3.2.1. Tipo de investigación	37
3.2.2. Nivel de investigación.....	37
3.2.3. Diseño de Investigación	37

3.3. Población y muestra	37
3.4. Técnicas e instrumentos de recopilación de información.....	38
3.6. Materiales y Equipos.....	40
3.7. Procedimiento:.....	40
3.8. Presentación de resultados.....	49
CAPÍTULO IV. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	63
4.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS	63
4.1.1. Propiedades físicas y mecánicas del suelo	63
4.1.2. Influencia del Aditivo Terrasil en el CBR.....	64
4.1.3. Espesor de afirmado con subrasante tratada	65
4.1.4. Presupuesto de carretera a nivel de afirmado	66
4.2. CONSTATACIÓN DE LA HIPOTESIS	67
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	68
5.1. CONCLUSIONES	68
5.2. RECOMENDACIONES	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
ANEXO A. Ensayo de laboratorio.....	73
ANEXO B. Planilla de metrados	129
ANEXO C. Analisis de costos unitarios	140
ANEXO D. Calculo de ejes equivalentes.....	152
ANEXO E. Cuadro de doble entrada para el cálculo del espesor del afirmado	153
ANEXO F. Panel fotográfico	154
ANEXO G. Ficha tecnica del Terrasil	162
ANEXO F. Plano de ubicación de calicatas y secciones de corte	164

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Clasificación de suelos según tamaño de partículas.....	11
Tabla 2	Clasificación de suelos según su índice de plasticidad.....	12
Tabla 3	Sistema de clasificación AASHTO	14
Tabla 4	Especificaciones de los Métodos del Ensayo Próctor	17
Tabla 5	Categorías de la subrasante	20
Tabla 6	Clasificación según la clase de trafico.....	25
Tabla 7	Coordenadas UTM de las calicatas realizadas	36
Tabla 8	Detalle de especímenes de laboratorio	38
Tabla 9	Transito Promedio de cada día	46
Tabla 10	Clasificación del suelo	50
Tabla 11	Resultados del ensayo Próctor modificado	51
Tabla 12	Ensayo de CBR de las calicatas	51
Tabla 13	Resultados del ensayo de Gravedad Especifica de los sólidos	51
Tabla 14	Ensayo Próctor modificado de la Calicata 01 con Terrasil.....	52
Tabla 15	Ensayo Próctor modificado de la Calicata 02 con Terrasil.....	53
Tabla 16	Ensayo próctor modificado de la Calicata 02 con Terrasil.....	54
Tabla 17	Influencia del Terrasil en el CBR de la muestra de la Calicata 01.....	55
Tabla 18	Influencia del Terrasil en el CBR de la muestra de la Calicata 02.....	56
Tabla 19	Influencia del Terrasil en el CBR de la muestra de la Calicata 03.....	57
Tabla 20	Diseño de espesor de afirmado para el CBR patrón.....	59
Tabla 21	Diseño de espesor de afirmado para el CBR con Aditivo Terrasil 0.30 lt/m3.....	60
Tabla 22	Diseño de espesor de afirmado para el CBR con Aditivo Terrasil 0.50 lt/m3.....	60
Tabla 23	Presupuesto de afirmado sin subrasante tratada (CBR al 95% de la MDS a 0.1”)	61
Tabla 24	Presupuesto de afirmado con subrasante estabilizada.	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Influencia de la energía de compactación.....	16
Figura 2	Curvas de penetración " CBR" para distintos tipos de suelos	18
Figura 3	Determinación de espesor de capa de revestimiento granular.....	29
Figura 4	Mapa Político del Perú	34
Figura 5	Mapa del departamento de Ccajamarca	35
Figura 6	Mapa de la provincia de Jaén	35
Figura 7	Localización del tramo Morro Solar – C.P. San Miguel de las Naranjas	36
Figura 8	Estudio del tráfico semanal estudiado.....	47
Figura 9	Nrep acumulada de ejes equivalentes a 8.2 tn, para caminos no pavimentados.....	49
Figura 10	Parámetros de compactación de la Calicata N° 01	53
Figura 11	Parámetros de compactación de la Calicata N° 02	54
Figura 12	Parámetros de Compactación de la Calicata N° 03	55
Figura 13	Comparación de valor CBR vs CBR con Aditivo en Calicata 01	56
Figura 14	Comparación de valor CBR vs CBR con Aditivo en Calicata 02	57
Figura 15	Comparación de valor CBR vs CBR con Aditivo en Calicata 03	58
Figura 16	Relación entre el índice CBR con Aditivo al 95% de la Densidad Seca máxima ...	58
Figura 17	Relación entre el índice CBR con Aditivo al 100% de la Densidad Seca máxima ..	59

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo general determinar la influencia de la estabilización de la subrasante con la enzima Terrasil en el costo a nivel de afirmado del tramo Morro Solar – San Miguel de las Naranjas en Jaén, empleando para ello una metodología de tipo aplicada, nivel experimental y de diseño correlacional donde la unidad de análisis fue la influencia de la estabilización de la subrasante en el costo, evaluada mediante la caracterización física y mecánica de tres calicatas (C1, C2 y C3). Se realizaron ensayos de laboratorio siguiendo la normativa MTC y ASTM, incluyendo análisis granulométrico, límites de Atterberg, Próctor Modificado y CBR, para este último se realizó tres dosificaciones de Terrasil (0.30 lt/m^3 , 0.50 lt/m^3 y 1.00 lt/m^3), obteniendo como resultados que los suelos son gravas arcillosas (GC) y arcillas de baja plasticidad (CL) con valores de CBR natural críticamente bajos entre 2.80% y 5.05% al 95% de la MDS, logrando que tras la estabilización química se produzca un incremento sustancial en la capacidad portante que permitió optimizar el diseño estructural reduciendo el espesor del afirmado de un diseño tradicional de 35 cm a un espesor estabilizado de solo 20 cm, lo cual finalmente se tradujo en un análisis económico con una reducción significativa del presupuesto de obra donde el costo total disminuyó de S/. 775,659.06 a S/. 566,337.81, representando así un ahorro neto del 28.8%

PALABRAS CLAVE: Subrasante, Terrasil, CBR (Capacidad de Soporte California), Afirmado, Costo.

ABSTRACT

This research had the general objective of determining the influence of the stabilization of the subgrade with the Terrasil enzyme on the cost at the level of the Morro Solar – San Miguel de las Naranjas section in Jaén, using for this an applied methodology with a quantitative approach and an explanatory level experimental design where the unit of analysis was the influence of stabilization on the cost, evaluated through the physical and mechanical characterization of three test pits (C1, C2 and C3). Laboratory tests were conducted following MTC and ASTM standards, including Granulometric Analysis, Atterberg Limits, Modified Proctor, and CBR, the latter under three Terrasil dosages (0.30 lt/m³, 0.50 lt/m³, and 1.00 lt/m³). The results showed that the soils are clayey gravels (GC) and low-plasticity clays (CL) with critically low natural CBR values between 2.80% and 5.05% at 95% of the MDS. After chemical stabilization, a substantial increase in bearing capacity was achieved, allowing for optimization of the structural design by reducing the base course thickness from a traditional 35 cm to a stabilized thickness of only 20 cm. This ultimately resulted in a significant reduction in the construction budget, with the total cost decreasing from S/. 775,659.06 to S/. \$566,337.81, representing a net savings of 28.8%

KEYWORDS: Subgrade, Terrasil, CBR (California Bearing Capacity), Subgrade, Cost.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1.Planteamiento del problema

La durabilidad de una carretera a nivel de afirmado depende de la capacidad portante de la subrasante. Cuando el terreno natural presenta características mecánicas deficientes, como alta plasticidad o baja resistencia al corte, la estructura se vuelve vulnerable ante las cargas vehiculares y los agentes climáticos. Esta problemática técnica deriva en una deformación acelerada de la vía, obligando a la colocación de capas de afirmado de gran espesor que elevan considerablemente los presupuestos de ejecución inicial. (Quevedo et al.,2021).

En diversos países de Latinoamérica y Asia, el uso de métodos tradicionales de afirmado suele derivar en ciclos de vida cortos debido a la rápida erosión y pérdida de material granular. Según la investigación de García et al. (2021) destaca que los costos de mantenimiento preventivo y correctivo en vías no pavimentadas pueden consumir hasta el 60% del presupuesto vial anual de una región.

En el Perú, la problemática adquiere mayor relevancia debido a la brecha de infraestructura existente. Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones el 78.25% de la Red Vial Nacional se encuentra en condiciones inadecuadas, siendo la Red Vial Vecinal la más afectada por la ausencia de soluciones definitivas de pavimentación. De acuerdo con el Informe de Cierre de Brechas del Ministerio de Economía y Finanzas, la inversión destinada a vías vecinales se ha incrementado en un 125% durante la última década, pasando de 1,800 millones a más de 4,000 millones de soles, principalmente orientada a mantenimientos rutinarios y periódicos que no ofrecen soluciones a largo plazo. (MEF,2024).

En términos económicos, el costo de mantenimiento rutinario para un camino afirmado en el Perú oscila, en promedio, entre los S/ 10,000 y S/ 15,000 por kilómetro al año, dependiendo de la complejidad geográfica, sin embargo, este gasto es paliativo, ya que no mejora la capacidad portante estructural del suelo, lo que genera un ciclo de gasto ineficiente

donde el Estado invierte millones de soles en materiales que son arrastrados por las lluvias en cada temporada climática. (Provías Nacional, 2023).

En la provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, esta situación se manifiesta con mayor impacto debido a las condiciones climáticas y geotécnicas propias de la zona. Informes de la Municipalidad Provincial de Jaén reportan que proyectos de mantenimiento rutinario han superado los S/ 330,000 en tramos específicos, evidenciando que el costo por kilómetro se incrementa considerablemente cuando la subrasante presenta baja estabilidad y deficiente capacidad de soporte.

Particularmente, en la carretera no pavimentada Morro Solar – San Miguel de las Naranjas, se observa que la subrasante poseen un CBR deficiente, lo que obliga a diseñar capas de afirmado de gran espesor para proteger la vía. Esto no solo incrementa el costo inicial de adquisición y transporte de material de préstamo, sino que también eleva la frecuencia del mantenimiento correctivo.

1.2. Formulación del problema

¿En cuánto influye la estabilización de la subrasante con enzima Terrasil en el costo a nivel de afirmado del tramo de la carretera Morro Solar – San Miguel de las Naranjas?

1.3. Justificación de la investigación

La presente investigación se justifica técnicamente en la necesidad de optimizar el diseño del afirmado de la carretera Morro Solar – San Miguel de las Naranjas, donde la baja capacidad portante de la subrasante obliga actualmente al uso de espesores de afirmado excesivos y costosos. Al emplear la enzima Terrasil, se busca transformar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante, permitiendo una reducción en el volumen de material de préstamo y una disminución en los costos de transporte y extracción de canteras.

Desde la perspectiva económica, el estudio es fundamental debido a que el método de afirmado convencional en la zona genera un ciclo de gasto ineficiente, donde los mantenimientos rutinarios pueden representar hasta el 60% del presupuesto vial anual sin ofrecer soluciones duraderas. Por lo tanto, la inversión en estabilización química resulta más rentable en el ciclo de vida del proyecto que el mantenimiento periódico constante, ya que prolonga la vida útil de la vía y reduce la frecuencia de reparaciones. Por lo tanto, esta investigación busca demostrar que la aplicación de Terrasil disminuye el costo total por kilómetro, permitiendo que los recursos públicos de la provincia de Jaén se administren con mayor eficiencia y sostenibilidad financiera.

1.4.Delimitación de la investigación

El estudio se desarrolló en el tramo de la carretera que conecta el sector Morro Solar con el centro poblado San Miguel de las Naranjas, en la Provincia de Jaén, Departamento de Cajamarca, abarcando una longitud de 3.30 km. Esta vía corresponde a una carretera de bajo volumen de tránsito (camino vecinal), con presencia de suelos de baja capacidad portante

Se realizó la estabilización química de suelos mediante el uso de la enzima Terrasil, aplicando tres dosificaciones: 0.30 lt/m³, 0.50 lt/m³ y 1.00 lt/m³.

Es importante precisar que, dada la clasificación de la vía como carretera no pavimentada de bajo tránsito, el diseño estructural se delimita exclusivamente a la capa de afirmado.

1.5.Limitaciones

La investigación no contempló el análisis químico del aditivo Terrasil, debido a que se dispone de la ficha técnica oficial del producto, en la cual se detallan sus propiedades y características. Asimismo, no se realizaron ensayos para determinar las propiedades de los agregados utilizados en la capa de afirmado, asumiéndose que estos cumplen con las especificaciones técnicas establecidas en el Manual del MTC.

1.6.Objetivos

1.6.1. *Objetivo General*

Evaluar la influencia de la estabilización de la subrasante con enzima Terrasil en el costo a nivel de afirmado en el tramo de la carretera Morro Solar – San Miguel de las Naranjas.

1.6.2. *Objetivos Específicos*

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante en su estado natural en el tramo de estudio.
- Analizar la variación de la capacidad de soporte (CBR) de la subrasante al incorporar tres dosificaciones del aditivo Terrasil: 0.30 lt/m³, 0.50 lt/m³ y 1.00 lt/m³.
- Calcular el espesor de la capa de afirmado con y sin la aplicación del aditivo, conforme a los lineamientos establecidos por la normativa vigente del MTC.
- Realizar un análisis comparativo de los costos obtenidos entre el método de diseño convencional y estabilizado con Terrasil.

1.7.Hipótesis General

La estabilización de la subrasante con la enzima Terrasil reduce el costo a nivel de afirmado en 15%, en el tramo de la carretera Morro Solar – San Miguel de las Naranjas.

1.8.Variables

1.8.1. *Variable independiente*

Estabilización con enzima Terrasil.

1.8.2. *Variable Dependiente*

Costo a nivel de afirmado

1.9.Descripción de los capítulos de la investigación

1.9.1. Capítulo I: Introducción

Comprende la realidad problemática, la formulación del problema, las hipótesis y la justificación de la investigación. También se presenta los objetivos que se alcanzaron.

1.9.2. Capítulo II: Marco Teórico

El presente apartado desarrolla contexto internacional, nacional y local relacionado con esta investigación, así como los fundamentos teóricos vinculados al estudio y la estabilización de suelos, y finaliza con la definición de términos básicos.

1.9.3. Capítulo III: Materiales y Métodos.

Se describe la ubicación del área de estudio, la metodología empleada en la investigación y el procedimiento seguido, desde la recolección de datos en campo hasta su procesamiento y análisis en gabinete.

1.9.4. Capítulo IV: Análisis y Discusión de Resultados

Se presentan los resultados obtenidos a partir de los ensayos de suelos, en relación a las características de la subrasante y la aplicación de la enzima Terrasil, así como su influencia en el costo a nivel de afirmado de la carretera analizada.

1.9.5. Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones

Se exponen las conclusiones derivadas de los objetivos planteados, así como las recomendaciones orientadas a mejorar futuras investigaciones y aplicaciones en contextos similares.

1.9.6. Referencias Bibliográficas

Se describen las citas bibliográficas que han aportado a la investigación.

1.9.7. Anexos

Se describe el panel fotográfico y el procesamiento de datos obtenidos de los ensayos realizados en el laboratorio y los análisis de costos unitarios y presupuesto.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Teóricos

2.1.1. Antecedentes Internacionales

(Paye & Miranda, 2022) en su tesis titulada “Estabilización de suelos lateríticos de subrasante, utilizando el producto químico biodegradable Terrasil en el tramo carretero Rurrenabaque - Riberalta”, contempló la ejecución de tres calicatas (C-1, C-2 y C-3) clasificando la subrasante como Grava arcillosa (GC), obteniendo valores iniciales de CBR de 4.80%, 4.50% y 5.10% respectivamente; tras la aplicación de una dosificación óptima de 0.05% de Terrasil, los índices de resistencia se incrementaron significativamente a 24.00% en la C-1, 22.80% en la C-2 y 25.50% en la C-3, este incremento de resistencia permitió optimizar el diseño del pavimento reduciendo los espesores de la capa de afirmado en un 35%, lo que derivó en un ahorro directo en costos de transporte y extracción de materiales de cantera, además de una deflación proyectada del 50% a los gastos de mejoramiento rutinario.

(Condori, 2018) en su tesis titulada “Análisis comparativo de la densidad y humedad de la subrasante natural y la subrasante utilizando producto Terrasil”, realizó el mejoramiento de la subrasante en el Circuito de Obrajes (Bolivia), caracterizando suelos tipo CL-ML, SC-SM y CL. Al emplear dosificaciones de Terrasil entre 0.2 kg/m³ y 2.5 kg/m³, logró elevar el CBR del suelo CL-ML de 5.0% a 15.3% y el SC-SM de 6.0% a 18.9%. En cuanto a la cuantificación económica, el estudio determinó que el aumento de la cabida portante permitió una reducción del 25% en el grosor de la capa de rodadura, lo cual generó un ahorro directo en la partida de materiales y transporte. Además, se concluyó que la estabilización con este aditivo incrementó el rendimiento de la maquinaria en un 15% debido a la mayor facilidad de compactación del suelo tratado, logrando una reducción del costo total de ejecución por kilómetro.

Pineda y Loayza (2020), en su indagación titulada “Evaluación de la estabilización de la subrasante a través del uso del aditivo nanotecnológico Terrasil en la vía rural de la parroquia San Juan, Ecuador”, evaluaron suelos limosos de baja plasticidad (ML). La metodología experimental permitió determinar que una dosificación de 0.8 L/m³ elevó el CBR de 4.2% a 18.5%. En cuanto al beneficio económico, cuantificaron una reducción del 28% en el espesor de la estructura vial, lo que representó un ahorro de \$4.15 USD por metro cuadrado en la ejecución de la obra.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Quito (2024), en su tesis titulada: “Influencia del uso del aditivo Terrasil en la estabilización del Camino Vecinal San Nicolás - Huaraz - Ancash – 2023”, evaluó la estabilización química de suelos que, según la clasificación SUCS, correspondían a arenas arcillosas (SC) y limos de baja plasticidad (ML). El estudio determinó que la dosificación óptima del 3% permitió elevar el CBR al 100% de la MDS de forma significativa: en la C-01 de 4.20% al 18.90%, en la C-02 de 5.80% al 30.10%, y en la C-03 de 5.10% al 15.00%. La investigación concluyó que la mejora de la subrasante permitió una optimización del diseño del pavimento que redujo el grosor de la capa granular, generando un ahorro del 12.55% en el costo directo por kilómetro en comparación con el método tradicional.

Según Gutiérrez & Cerón, (2020) en su tesis titulada “Análisis de la optimización del suelo de la base con aditivo químico terrasil para el diseño de pavimentos industriales del almacén de concentrados mineros – almacenes logisminsa , Ventanilla – Callao”, evaluaron un suelo clasificado como Arena Mal Graduada (SP), determinando que la dosificación óptima de Terrasil fue de 1.0 kg/m³. Los resultados presentaron que el suelo en estado fresco poseía un CBR de 13.50%, el cual se incrementó drásticamente a un 89.20% tras la estabilización química, esta mejora excepcional en la capacidad portante permitió optimizar el diseño

estructural, reduciendo el espesor de la losa de concreto de 25 cm a 20 cm, lo que se tradujo en una reducción de costos directos del 12.35%.

Hurtado (2020), en su tesis titulada “Influencia de la estabilización química de la subrasante en el costo del pavimento flexible de la Av. Los Geranios, Huaral, 2020”, analizó la aplicación de organosilanos (Terrasil) en la subrasante clasificada como CL – Arcilla de baja plasticidad con arena. En su estado natural, el suelo obtuvo un CBR de 6.4% al 95% de la MDS, lo cual representa una subrasante de capacidad portante limitada. Se concluyó que el uso de este método permite una optimización económica del 18.06% en el costo por metro cuadrado (m²) de la estructura del pavimento.

Flores Q. y Flores S. (2020) en su tesis titulada “Estabilización de la subrasante mediante los aditivos químicos Terrasil y Perma Zyme en la carretera no pavimentada Mache – Cruz de Mayo, Otuzco – La Libertad”, evaluaron la mejora de suelos arcillosos de alta plasticidad clasificados como A-7-6 (AASHTO) y CL (SUCS). Los resultados mostraron que con una dosis de 1 kg/m³ de Terrasil, el CBR en la calicata C-09 se elevó de 5.96% a 10.83%, mientras que en la calicata C-07 subió de 13.22% a 21.77%. El estudio comparó el rendimiento económico de dos estabilizadores químicos por lo que realizaron un presupuesto detallado para el tratamiento de un 1.00 kilómetro de carretera, obteniendo que el costo con Terrasil es de S/. 36,729.00 y con Perma Zyme de S/. 30,987.00, determinando que para las condiciones de Otuzco, el Perma Zyme resultó ser la opción más económica, representando un ahorro del 15.63% en comparación con el costo del Terrasil.

2.1.3. Locales

Salcedo (2021), en su tesis titulada: “Caracterización del uso de estabilizantes químicos para mejorar la capacidad portante del pavimento a nivel de afirmado y propuesta de aplicación, Cajamarca 2021, evaluó suelos que, según la codificación SUCS, correspondían a Arcillas de baja plasticidad (CL), Limos (ML) y Arenas Arcillosas (SC), se analizaron investigaciones que

emplearon dosificaciones de Terrasil de 1.0 kg/m³ y 1.5 kg/m³ lo que permitió elevar el CBR de valores iniciales deficientes (4% - 8%) a niveles de hasta 64%, este incremento drástico de la capacidad portante permite una optimización del diseño estructural mediante la disminución de los grosores de las capas de afirmado y optimiza el presupuesto al disminuir directamente el volumen de materiales de cantera, el transporte y las horas-máquina concluyendo que el uso de Terrasil permite una reducción de costo directos del 12.35% en la estructura vial.

2.2.Bases Teóricas

2.2.1. Suelo:

Conjunto de sólidos orgánicos y minerales no cementados que contienen fluidos y gases en sus espacios vacíos. Dado que el suelo actúa como el soporte fundamental de las infraestructuras o como material de construcción en sí mismo, su estudio requiere la determinación precisa de su origen, distribución granulométrica, permeabilidad, compresibilidad y, fundamentalmente, su resistencia al esfuerzo cortante y capacidad de carga. (Das, 2018).

2.2.2. Tipos de suelos:

De acuerdo con la naturaleza y el tamaño predominante de sus partículas constitutivas, los suelos se categorizan de la siguiente manera:

- **Gravas:** Constituidas por fragmentos de roca de tamaño grueso. Comúnmente presentan inclusiones de minerales resistentes como el cuarzo y el feldespato, lo que les otorga una alta capacidad de soporte.
- **Arenas:** Se componen mayoritariamente de partículas de cuarzo y feldespato. Dependiendo de su gradación, pueden presentar un comportamiento friccional crítico en la estabilidad de cimentaciones.

- Limos: Representan las fracciones microscópicas del suelo, formadas por granos finos de cuarzo y partículas micáceas en forma de escamas. A diferencia de las arcillas, los limos tienen baja o nula plasticidad.
- Arcillas: Compuestas esencialmente por silicatos de aluminio hidratados y otros minerales arcillosos. Debido a su estructura microscópica laminar (en forma de escamas) y su carga eléctrica superficial, presentan propiedades de cohesión y plasticidad ante la presencia de agua. (Das, 2018)

2.2.3. Propiedades físicas de los suelos para subrasante

Se entiende por propiedades físicas a aquellas características medibles que detallan la condición física del suelo y la interacción entre sus elementos. Dentro de este grupo se incluyen la distribución de partículas, la porosidad, la textura y la permeabilidad, así como aspectos descriptivos fundamentales como el olor, el color y la consistencia del estrato. (Rodríguez, 2023)

2.2.3.1. Granulometría

La granulometría del suelo es el estudio de la composición del suelo según el tamaño de las partículas que lo forman, este procedimiento es esencial para caracterizar la textura del material y establecer sus propiedades físicas fundamentales, permitiendo una clasificación técnica precisa y la predicción del comportamiento mecánico del suelo frente a esfuerzos de carga y condiciones de uso. (MTC, 2014).

Tabla 1*Clasificación de suelos según su tamaño de partículas*

Tipo de Material		Tamaño de las partículas
Grava		75 mm – 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
		Arena media: 2.00 mm – 0.425mm
		Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente. Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014.

2.2.3.2.Contenido de Humedad

Se define como la proporción entre la masa de agua alojada en los espacios vacíos de un suelo y la masa de los sólidos que lo forman expresada usualmente en términos porcentuales. Para su determinación experimental, es preciso someter la muestra a un proceso de secado en horno a una temperatura constante de $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante un periodo de 24 horas, logrando así la evaporación total del fluido intersticial hasta alcanzar una masa constante. (Das, 2018)

2.2.3.3.Plasticidad

La plasticidad es la posesión de los suelos finos (limos y arcilla) que les permite experimentar deformaciones rápidas sin presentar cambios volumétricos apreciables, sin agrietarse y sin desmoronarse bajo un estado de consistencia determinado. Esta propiedad se encuentra influenciada por la cantidad de humedad presente y por el tipo de minerales arcillosos que conforman el suelo; su determinación se realiza mediante los llamados Límites de Atterberg, los cuales establecen los niveles de humedad en los que el suelo experimenta cambios entre los estados rígido, parcialmente sólido, moldeable y fluido (Das, 2018).

Los límites de Atterberg que evalúan la cohesión del suelo incluyen el límite líquido (LL, de acuerdo con el ensayo MTC E 110) y el límite plástico (LP, según el ensayo MTC E 111). Además de estos dos límites, se calcula el Índice de Plasticidad (IP), que se determina como la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico:

$$IP = LL - LP$$

El Índice de Plasticidad (IP) es una medida que indica la cabida de un suelo para experimentar deformación sin que ocurra rotura. Este índice es útil para clasificar suelos y entender su comportamiento mecánico, especialmente en condiciones de humedad variable. Un IP alto sugiere un suelo más plástico y maleable, mientras que un IP bajo indica un suelo más rígido y menos susceptible a deformaciones. Cabe destacar que la presencia de arcilla es uno de los componentes más desfavorables para una carretera, principalmente por su marcada vulnerabilidad al agua. (MTC, 2014, p. 34).

Tabla 1

Clasificación de suelos según su índice de plasticidad

Índice de Plasticidad (IP)	Características del Suelo	Nivel de Plasticidad
IP = 0	Suelos sin presencia de arcilla	No Plástico (NP)
IP < 7	Suelos con poca cantidad de arcilla	Baja
7 < IP ≤ 20	Suelos moderadamente arcillosos	Media
IP > 20	Suelos con alta cantidad de arcilla	Alta

2.2.4. Clasificación de Suelos

Los sistemas de sistematización de suelos son métodos utilizados para categorizar y organizar los diferentes tipos de suelos según sus características mecánicas y físicas. La sistematización que mejor se adecúa para fulgurar las propiedades de un suelo como subrasante es la de AASHTO.

2.2.4.1. Clasificación AASHTO

El sistema AASHTO tuvo su origen en 1928 como una propuesta empírica creada por los ingenieros Terzaghi y Hogentogler para la Oficina de Vías Públicas de Estados Unidos. Debido a su eficacia para proyectos viales, fue adoptada por la American Association of State Highway and Transportation Officials, llegando a ser uno de los procedimientos de clasificación más utilizados en todo el mundo para el diseño y la construcción de vías. Este sistema clasifica los suelos en siete grupos fundamentales de acuerdo con características como tamaño de grano, límites de plasticidad y contenido de partículas finas. Estos a su vez se dividen en un total de 12 subgrupos. (Guerra, 2018).

Este sistema, fundamentado en las investigaciones de Casagrande, organiza los suelos en ocho grupos principales (del A-1 al A-8). Los grupos A-1, A-2 y A-3 comprenden materiales de textura gruesa, caracterizados porque la cantidad de partículas que atraviesan el tamiz N.º 200 representa como máximo el 35 % de la muestra analizada. En contraste, los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 incluyen suelos de grano fino, principalmente formados por limos y arcillas, donde la fracción que pasa por el tamiz N.º 200 supera el 35 % del material total. Finalmente, la clasificación A-8 corresponde a suelos constituidos en su mayoría por materia orgánica. (Das, 2018).

Tabla 2

Sistema de clasificación AASHTO

CLASIFICACIÓN GENERAL	MATERIALES GRANULARES (35% o menos del total de la muestra que pasa por tamiz N° 200)							MATERIALES LIMO – ARCILLOSOS (Más de 35% pasa tamiz N°200)				
GRUPO	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Granulometría % que pasa												
N° 10	50 Máx											
N° 40	30 Máx	50 Máx	51 Mín									
N° 200	15 Máx	25 Máx	10 Máx	35 Máx	35 Máx	35 Máx	35 Máx	36 Mín	36 Mín	36 Mín	36 Mín	
Características de la fracción que pasa tamiz N° 40												
Limite Liquido				40 Máx	41 Mín	40 Máx	41 Min	40 Máx	41 Mín	40 Máx	41 Min	
Índice de plasticidad	6 Máx		N.P.	10 Máx	10 Máx	11 Min	11 Min	10 Máx	10 Máx	11 Mín	11 Min	
(Índice de grupo)	0		0	0		4 Máx		8 Máx	12 Máx	16 Máx	20 Máx	
Tipos de material más destacados constituyente	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Limo o arcilloso Grava y arena				Suelos Limosos		Suelos arcillosos		
Calidad general como subrasante	EXCELENTE A BUENA					REGULAR A POBRE						

2.2.5. Propiedades mecánicas de los suelos

Las propiedades mecánicas permiten clasificar los suelos en función de su respuesta ante sollicitaciones mecánicas. Estas incluyen indicadores críticos como la densidad seca máxima, obtenida mediante ensayos de compactación, y el índice de CBR, que mide la resistencia a la penetración y sirve como base para determinar la aptitud del suelo para sustentar estructuras viales. (Rodriguez, 2023).

2.2.5.1.Compactación:

La compactación es un mecanismo mediante el cual se acrecienta la densidad de un suelo al reducir los vacíos de aire a través de la aplicación de energía mecánica. Este proceso permite mejorar sus propiedades mecánicas, como la resistencia y la estabilidad, haciéndolo más adecuado para soportar cargas en obras de ingeniería. (Juarez Badillo & Rico Rodriguez, 2010).

Durante el proceso de compactación, la humedad del suelo tiene una influencia determinante. Cuando el suelo se encuentra seco, se requiere aplicar una mayor energía para compactarlo, ya que es necesario superar la fricción interna existente entre las partículas. En cambio, un suelo con una ligera presencia de agua demanda menor esfuerzo, debido a que el agua forma una fina capa alrededor de cada partícula, disminuyendo el rozamiento y funcionando como un agente lubricante. Sin embargo, si se continúa incorporando agua, llegará un punto en el que los vacíos del suelo se saturarán, lo que generará un incremento de volumen por la dificultad de comprimir el líquido; en consecuencia, la expulsión del agua se vuelve más difícil y el grado de compactación del suelo se reduce. (Guerra, 2018).

Para ello, se emplean ensayos de laboratorio que reproducen estas condiciones controladas, siendo el ensayo de compactación Próctor, en su versión modificada, uno de los

más utilizados para determinar los parámetros óptimos que garanticen un adecuado desempeño del suelo en obra.

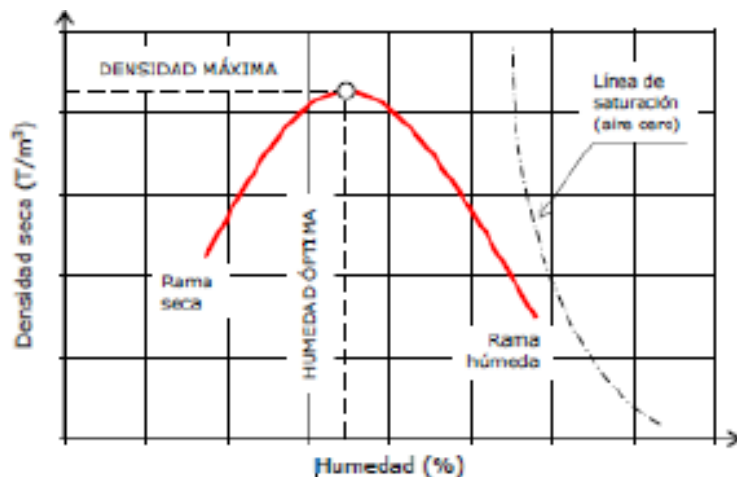
Ensayo próctor modificado

El Ensayo próctor modificado consiste en compactar el suelo en un molde metálico mediante el impacto de un pisón normalizado. A través de este ensayo se obtiene la Máxima Densidad Seca (MDS) y la Humedad Óptima de Compactación (OCH), parámetros críticos para garantizar que el suelo alcance su máxima estabilidad y mínima susceptibilidad a asentamientos futuros. (Das, 2018).

Posteriormente, se realizarán entre 4 y 6 pruebas, ajustando el grado de humedad de la muestra, con el objetivo de elaborar la gráfica conocida como Curva de contenido de humedad - Densidad seca. El pico de esta gráfica revelará en el eje horizontal la humedad ideal y en el eje vertical la densidad seca.

Figura 1

Curva de compactación típica humedad-densidad seca



Nota: El punto máximo de la curva de compactación indica la densidad seca máxima y la humedad óptima, obtenido de Guerra, 2018.

Tabla 3*Especificaciones de los Métodos del Ensayo Próctor*

Concepto	Método A	Método B	Método C
Diámetro del molde	4”(101.6 mm)	4 ”(101.6 mm)	6”(152.4 mm)
Volumen del molde	943.3 cm ³	943.3 cm ³	2124 cm ³
Peso del pisón	44.5 N	44.5 N	44.5 N
Altura de caída del pisón	18”(457.2 mm)	18”(457.2 mm)	18”(457.2 mm)
Nº Golpes por capa	25	25	56
Capas de compactación	5	5	5
Energía de compactación	2700 kN.m/m ³	2700 kN.m/m ³	2700 kN.m/m ³
Suelo utilizado	Se usa el material que pasa el tamiz Nº 4 (4.75mm)	Se usa el material que pasa el tamiz 3/8" (9.5mm)	Se usa el material que pasa el tamiz 3/4" (19.0mm)
	Si <= 25% de material es retenido en el tamiz Nº 4 (4.75mm)	Si <=25% del material es retenido en el tamiz 3/8" (9.5mm)	Si <=30% del material es retenido en el tamiz 3/4" (19.0mm)
Uso	Si se retiene de 5 al 25% en el tamiz Nº4 (4.75mm) se requiere corrección de gran tamaño	Si se retiene de 5 al 25% en el tamiz 3/8" (9.5mm) se requerirá corrección de gran tamaño	
Otros usos	Si este requisito de graduación no puede ser cumplido, entonces se pueden usar los Métodos B o C.	Si este requisito de graduación no puede ser cumplido, entonces se pueden usar el Métodos C.	

Fuente. Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014.

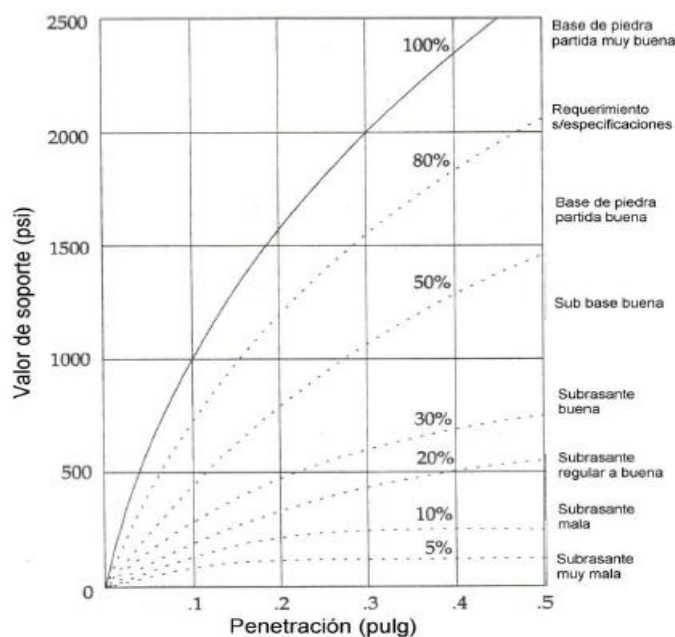
2.2.5.2. Valor De Soporte California (CBR)

El Valor de Soporte California (CBR) es una prueba de evaluación que se utiliza para determinar la capacidad de soporte de un suelo y materiales granulares en la construcción de sub-bases y bases de pavimentos (Arya et al., 2022). Determina la resistencia del suelo frente a la introducción de un pistón de 1935 mm² (3 pulg²) de área. El ensayo se realiza con una probeta de 15 cm (6 pulg) de diámetro y 12.5 cm (5 pulg) de altura, aplicando una velocidad constante de penetración de 1.27 mm/min (0.05 pulg/min). A medida que el pistón penetra en la muestra, se mide la fuerza requerida en diferentes puntos de penetración.

Los resultados se expresan como un porcentaje del valor estándar, donde un mayor valor CBR indica un suelo con mayor resistencia y, por lo tanto, mayor capacidad de soporte para las estructuras de pavimento. Este valor es crucial para el diseño estructural de pavimentos, pues permite determinar el espesor y los materiales necesarios para las capas del pavimento.

Figura 2

Curvas de penetración " CBR" para distintos tipos de suelos



2.2.6. Subrasante

Se le denomina Subrasante al “suelo que sirve como fundación para todo el paquete estructural de un pavimento”. El MTC (2014), define a la subrasante la capa de material natural que se encuentra directamente bajo la superficie de pavimento o las capas estructurales de una carretera. Esta capa debe poseer la cabida de resistir las cargas transmitidas por el tráfico sin deformarse de manera significativa. La calidad y preparación adecuada de la subrasante son esenciales para garantizar la durabilidad y la permanencia de la estructura del pavimento, evitando problemas como hundimientos y fisuras en la superficie.

La subrasante actúa como capa de cimentación en todas las condiciones de tráfico y climatológicas y asegura la distribución uniforme de la carga de tráfico en profundidad. En el caso de las carreteras de bajo volumen de tráfico, la subrasante desempeña un papel importante, ya que la magnitud de la tensión de los vehículos se distribuye principalmente en el nivel de la subrasante (Zeng et al., 2023) .

2.2.7. Propiedades de los suelos para subrasante:

El MTC (2014), indica que las características de la subrasante son propiedades esenciales que determinan cómo se comportará el suelo bajo las cargas y condiciones climáticas. Las propiedades de los suelos pueden dividirse en dos categorías:

1. Propiedades físicas: se aplican para escoger materiales, definir normas de construcción y realizar el seguimiento del control de calidad.
2. Propiedades ingenieriles: proporcionan un análisis de la calidad de los materiales utilizados en carreteras. Es posible vincular la calidad de los suelos para subrasantes con el valor de soporte del suelo y el módulo de reacción de la subrasante (Moayedian & Hejazi, 2024).

Los suelos ubicados por debajo de la parte superior de la subrasante, hasta una profundidad mínima de 0.60 m, deben presentar condiciones apropiadas y estabilidad suficiente, con un valor de CBR mayor o igual al 6 %. En caso de que el suelo situado por

debajo de este nivel tenga un CBR menor al 6 % (considerado una subrasante de baja calidad o insuficiente), se requerirá la estabilización de dichos suelos. (MTC, 2014).

Tabla 4

Categorías de la subrasante

Categoría de la Subrasante	Valor de CBR
Inadecuada	$\text{CBR} < 3\%$
Pobre	CBR entre 3% y menos de 6%
Regular	CBR entre 6% y menos de 10%
Buena	CBR entre 10% y menos de 20%
Muy Buena	CBR entre 20% y menos de 30%
Excelente	$\text{CBR} \geq 30\%$

Fuente. Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014.

2.2.8. Estabilización de suelos

La estabilización del suelo es un procedimiento fundamental en la ingeniería civil que permite optimizar las propiedades físicas y mecánicas del terreno con el fin de incrementar su capacidad portante, su resistencia y su vida útil. Esta práctica es esencial para prevenir problemas como la erosión, el asentamiento excesivo y la inestabilidad en construcciones, lo que resulta vital en la construcción de carreteras, fundaciones y otras infraestructuras. Mediante técnicas como la adición de cemento, cal, o polímeros, o la compactación mejorada, la estabilización de suelos asegura que el terreno pueda soportar adecuadamente las estructuras construidas sobre él (Dang et al., 2021)

2.2.8.1. Tipos de estabilización

Se dispone de múltiples procedimientos para efectuar la mejora del suelo, entre los cuales se encuentran la sustitución parcial del material existente y la mezcla con otros tipos de suelo, además de la incorporación de agentes mejoradores como cal, cemento, escorias

industriales, emulsiones bituminosas o materiales geosintéticos. Cualquiera que sea la técnica aplicada, el tratamiento generalmente implica la densificación del terreno mediante compactación, lo que permite un método de ejecución práctico y, al mismo tiempo, genera ventajas desde el punto de vista económico. (MTC,2014).

A. Estabilización química.

Según lo establecido en la Norma Técnica E1109 (2004) - MTC sobre Estabilización Química, esta es una tecnología basada en el uso de productos químicos, comúnmente denominados estabilizadores químicos, que al ser agregados al suelo pueden formar una sustancia continua y uniforme, de acuerdo con lo señalado en las especificaciones técnicas correspondientes a cada aditivo. El objetivo principal al aplicar estabilizadores químicos es mejorar las características de comportamiento del suelo tratado durante el proceso de construcción o durante la puesta en servicio (Tanyıldızı et al., 2023)

Al elegir un aditivo estabilizante, es importante considerar que cumpla con las normas internacionales de certificación ISO y pueda mezclarse fuerte y uniformemente con el suelo a tratar. Los métodos, dosificaciones y pruebas de control que se realizarán deben ser supervisado con el personal técnico y los proveedores del producto antes de su uso.

También se recomienda seleccionar los aditivos con mejor afinidad para el suelo en particular o dependiendo de las propiedades resultantes de las condiciones ambientales y geográficas en las que se utilizará. Para mejorar el comportamiento estructural del terreno, se requiere que el material contenga en su composición un porcentaje superior al 25 % de partículas finas de naturaleza cohesiva, así como la utilización de aditivos destinados al control del polvo. (Tanyıldızı et al., 2023)

2.2.9. Aditivo Terrasil

El Terrasil es un avanzado aditivo para suelos compuesto completamente por organosilanos. Este producto ofrece capacidades de impermeabilización, evitando la absorción

y el hinchamiento del suelo, además de ser resistente al calor y a la radiación ultravioleta. Como agente impermeabilizante, Terrasil mejora significativamente la estabilización del suelo, superando las técnicas tradicionales al proporcionar durabilidad y resistencia adicionales.

2.2.9.1. Características Típicas del Aditivo.

Se presenta en estado líquido y posee una tonalidad rojiza clara. Su punto de inflamación es mayor a 90 °C (en recipiente cerrado) y su punto de ebullición alcanza los 200 °C. No se considera un material explosivo. Presenta una densidad de 1.04 g/ml y una viscosidad entre 100 y 500 cps a 25 °C. En una solución al 10 %, muestra un pH neutro o levemente ácido.

Dosificación del Aditivo:

La dosificación del aditivo se emplea de acuerdo a la cantidad de suelo, su peso unitario suelto y a la humedad natural. De acuerdo a la siguiente ecuación:

$$T = \frac{Q}{PUS} \times D \times \rho$$

Donde:

T : cantidad de Terrasil por muestra

Q : cantidad de muestra

PUS : peso unitario suelto en kg/m^3

D : dosificación de Terrasil l/m^3

ρ : densidad del agua en kg/m^3

2.2.9.2. Ventajas técnicas del aditivo organosilanos

- Mejora de la adherencia: Los organosilanos son eficaces para mejorar la adhesión entre materiales inorgánicos y orgánicos. Esto es crucial en aplicaciones como la fabricación de composites, donde se requiere una unión fuerte entre refuerzos como la fibra de vidrio y la matriz polimérica.

- **Incremento de la Resistencia a Compresión Simple:** El aditivo Terrasil aumenta significativamente la resistencia a compresión del suelo. Esto se traduce en una mejor capacidad del suelo para soportar cargas sin deformarse, lo que es crucial en la construcción de cimientos y estructuras de soporte.
- **Multiplifica el índice CBR:** Al aplicar Terrasil, se observa un incremento notable en el Valor de Soporte California (CBR) del suelo. Esto indica una mejora en la capacidad del suelo para soportar cargas de pavimentación, reduciendo la necesidad de capas adicionales de material en la construcción de carreteras y pavimentos.
- **Incremento de Densidades:** Este aditivo contribuye al aumento de la densidad del suelo, lo cual es fundamental para lograr una mayor compactación y estabilidad del suelo, reduciendo el riesgo de asentamientos y mejorando la resistencia global del terreno.
- **Evita la Absorción de Agua:** Terrasil reduce la capacidad del suelo de absorber agua, lo que disminuye la susceptibilidad a cambios volumétricos debido a la humedad. Esto es esencial para mantener la integridad estructural del suelo en condiciones variables de humedad (Pohl et al., 2022)
- **Minimiza la Expansividad del Suelo:** La aplicación de Terrasil ayuda a controlar y minimizar la expansividad del suelo, una propiedad que puede causar serios problemas estructurales si el suelo se expande y contrae con cambios en el contenido de humedad. Esto asegura una mayor estabilidad y menor mantenimiento de las infraestructuras construidas sobre estos suelos tratados.

2.2.9.3. Ventajas económicas

La estabilización del suelo constituye un método aplicado en la ingeniería civil para mejorar las propiedades del terreno y adaptarlo de manera más eficiente a obras de construcción. Las ventajas económicas de la estabilización de suelos incluyen:

Reducción de costos de material: Al mejorar las características de los suelos in situ, se reduce la necesidad de importar materiales costosos como gravas o arenas. Esto puede significar un ahorro sustancial en los costos de transporte y compra de materiales.

El bajo costo de mantenimiento: Los suelos estabilizados son más resistentes a las condiciones climáticas adversas y al tráfico pesado, lo que reduce la necesidad de reparaciones y mantenimiento frecuente.

Duración: Al mejorar la base sobre la que se construyen carreteras, edificios y otras estructuras, la estabilización de suelos puede aumentar significativamente la vida útil de estas infraestructuras. Esto se traduce en menos reparaciones y reconstrucciones a largo plazo (Desmond et al., 2023)

2.2.10. Carreteras

Las carreteras se pueden clasificar según sus capas superiores y la superficie de rodadura de la siguiente manera:

2.2.10.1. Con superficie de rodadura no pavimentada

a) Carreteras de tierra, que están formadas por suelo natural mejorado con grava seleccionada a través de zarandeo. (Pohl et al., 2022)

b) Vías de superficie gravosa que presentan una capa de rodadura compuesta por material rocoso natural no procesado, seleccionado de forma manual o por medio de zarandas, con un tamaño 75 mm máximo. (Pohl et al., 2022)

c) Vías afirmadas que cuentan con una capa superficial elaborada con materiales extraídos de cantera, los cuales pueden ser clasificados de manera natural o a través de métodos mecánicos como el zarandeo, respetando una dosificación establecida. Dicha capa se conforma por una mezcla equilibrada de tres tipos de materiales: piedra, arena y finos o arcilla, con un tamaño máximo de 25 mm. (Pohl et al., 2022)

c.1) Afirmadas con gravas naturales o zarandeadas.

- c.2) Afirmadas con gravas homogenizadas a través de chancado.
- d) Carreteras que cuentan con una superficie de rodadura estabilizada mediante materiales industriales:
 - d.1 Carreteras con base de grava, cuya capa superficial se fortalece con la aplicación de materiales como asfalto (imprimación reforzada), cemento, cal y diversos aditivos químicos.
 - d.2 Suelos de origen natural que se acondicionan mediante la adición de material granular y fracciones finas, junto con el uso de asfalto (imprimación reforzada), cemento, cal, aditivos químicos u otros estabilizantes (Poletto et al., 2024).

2.2.10.2. Estudio de Tráfico

Es un análisis detallado de las condiciones de tránsito en una determinada área o carretera. Su objetivo es evaluar el flujo de vehículos y peatones para identificar problemas y diseñar soluciones que mejoren la movilidad y la seguridad vial. (MTC, Manual de Carreteras, 2014).

En el diseño de la capa de rodadura, únicamente se toman en cuenta los vehículos de mayor peso, como buses y camiones, cuyo peso bruto excede las 2.5 toneladas. Los demás tipos de vehículos, tales como motocicletas, autos y camionetas, que pesan menos, generan un impacto mínimo en la capa de rodadura, por lo que no se incluyen en los cálculos. El tráfico proyectado al año horizonte, se clasificará según lo siguiente:

Tabla 5

Clasificación según la clase de tráfico

CLASE	T0	T1	T2	T3
IMDA (Total vehículos ambos sentidos)	<15	16 - 50	51 - 100	101 - 200
Vehículos pesados (carril de diseño)	<6	6 - 15	16 - 28	29 - 56

2.2.10.2.1. Índice Medio Diario Anual (IMDA)

El Índice Medio Diario Anual (IMDA) es una medida que representa el volumen promedio de tráfico vehicular que pasa por un punto específico de una carretera o autopista a lo largo de un año. Se calcula sumando el total de vehículos que circulan por esa ubicación durante todo el año y dividiendo esa cifra por 365 días. El IMDA es una métrica crucial en la planificación y gestión del tráfico, ya que proporciona una visión general del uso diario de una vía a lo largo de diferentes estaciones y condiciones climáticas, ayudando en la toma de decisiones sobre el diseño de carreteras, mantenimiento y mejoras necesarias. (MTC, 2014)

Se define como el promedio aritmético de los flujos diarios de tránsito considerados a lo largo de todo el año. El cálculo del IMDA se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$\text{IMDa} = \text{IMDS} \times \text{FC}$$

Donde:

IMDa: Índice Medio Diario Anual

IMDs: Índice Medio Diario Semanal

FC: Factor de Corrección Estacional

2.2.10.3. Número de repeticiones de ejes equivalentes

El análisis del impacto del tráfico sobre la infraestructura vial se realiza mediante la estimación del número acumulado de Ejes Equivalentes (EE) durante un periodo de diseño específico. De acuerdo con la AASHTO, un EE se define como el daño causado por un eje simple con dos ruedas, que tiene un peso de 8.2 toneladas y neumáticos inflados a 80 lbs/pulg², tal como se detalla en el Manual de Carreteras del MTC (2014) en la sección de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

El cálculo de los EE de 8.2 t se efectuará utilizando las ecuaciones correspondientes a cada categoría de transporte pesado. El resultado global corresponderá a la adición de todos los tipos de vehículos pesados incluidos en el análisis:

$$N_{REP} EE_{8.2ton} = \Sigma (EE_{\text{día - carril}} \times 365 \times (1+t)^{n-1}) / t$$

$$EE_{\text{día - carril}} = EE \times \text{Factor Direccional} \times \text{factor carril}$$

$$EE = \text{de vehículos según tipo} \times \text{factor de carga} \times \text{factor de presión de llantas}$$

Donde:

N_{rep} de EE 8.2t = Número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2t.

$EE_{\text{día-carril}}$ = Ejes equivalentes por día para el carril de diseño.

365 = Número de días del año.

t = tasa de proyección del tráfico, en centésimas.

EE = Ejes Equivalentes.

Factor direccional = 0.5, corresponde a carreteras de dos direcciones por calzada.

Factor carril = 1, corresponde a un carril por dirección o sentido.

Factor de presión de llantas = 1, este valor se estima para los CBVT y con capa de revestimiento granular.

2.2.11. Afirmado

El material de afirmado está conformado por la mezcla de tres tipos principales de componentes: piedra, arena y partículas finas o arcillosas. Cuando la proporción de estos elementos no es la adecuada, el resultado puede ser una capa de afirmado con características deficientes. Por ello, es fundamental disponer de una proporción apropiada de piedra que permita resistir las cargas aplicadas, además de contar con arena seleccionada que rellene los vacíos entre las piedras y proporcione firmeza a la capa. Asimismo, se requiere incorporar cierta cantidad de finos con propiedades plásticas que faciliten la cohesión entre los materiales que integran la capa de afirmado.

Entre los usos más comunes del afirmado se encuentra su aplicación como superficie de rodamiento en caminos no pavimentados y como capa granular inferior o capa de protección contra la contaminación del material subyacente. Cuando el afirmado funciona como capa de rodadura y no contiene la cantidad necesaria de finos, puede perder estabilidad y dispersarse con facilidad. En la construcción vial, es indispensable considerar una proporción adecuada — aunque no excesiva— de partículas finas y plásticas que actúen como agentes ligantes, permitiendo estabilizar la mezcla de gravas (Giongo et al., 2022)

Para determinar el espesor de la capa de afirmado, se utilizó una ecuación del método NAASRA (Asociación Nacional de Autoridades de Carreteras de Australia, actualmente conocida como AUSTROADS). Esta ecuación establece una relación entre el valor de soporte del suelo (CBR) y la carga que actúa sobre la capa de afirmado, la cual se expresa en términos de repeticiones. (Giongo et al., 2022)

$$e = [219 - 211 \times (\log_{10} CBR) + 58 \times (\log_{10} CBR)^2] \times \log_{10}(N_{rep}/120)$$

Donde:

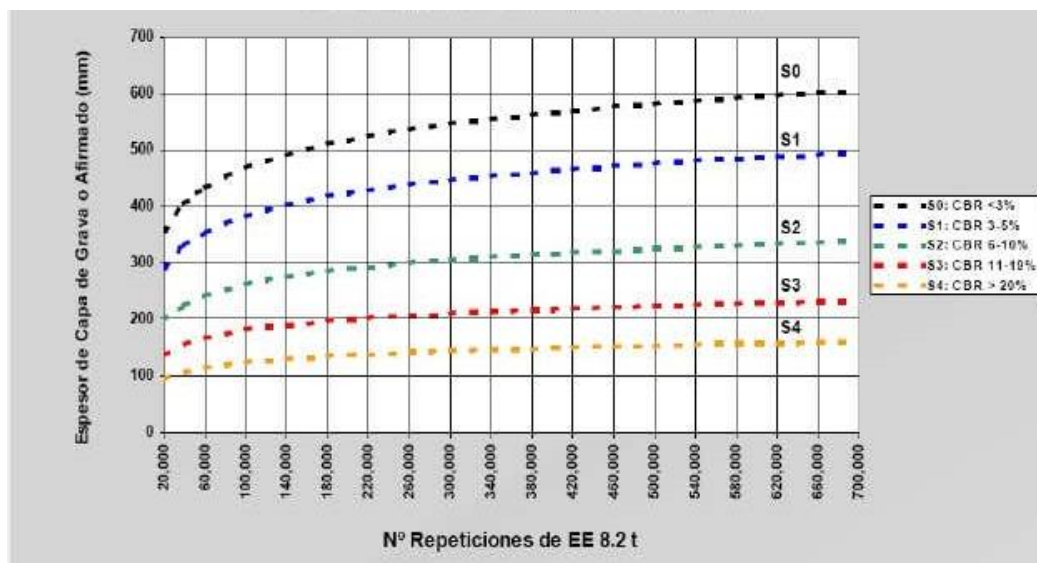
e = espesor de la capa de afirmado en mm.

CBR = valor del CBR de la subrasante.

N_{rep} = número de repeticiones de EE para el carril de diseño.

Figura 3

Determinación de espesor de capa de revestimiento granular



Nota. Manual de Diseño de Carreteras / Método NAASRA.

2.2.12. Gestión de costos en Proyectos viales

2.2.12.1. Presupuesto de Obra

Se define como la estimación económica anticipada de la ejecución de un proyecto. Representa la suma total de los costos directos, costos indirectos e impuestos, calculados en una fecha determinada. En proyectos viales, este presupuesto debe estar actualizado a la fecha de la convocatoria del proyecto. (MTC, 2014).

A. Costo Directo

Son los gastos que quedan físicamente incorporados en la obra. Incluyen la mano de obra, los materiales, los equipos y las herramientas necesarias para la ejecución de cada partida (CAPECO, 2020).

Representa los gastos que se derivan de la ejecución física de las partidas del proyecto vial. En carreteras, los componentes principales son los materiales (como el asfalto o agregados), la

mano de obra especializada y, de manera muy significativa, el costo de operación de la maquinaria pesada. (Ibáñez, 2017).

Costo de Hora-Hombre: se define como la remuneración económica que se paga por una hora de trabajo efectivo de un operario, oficial o peón. Este costo no solo incluye el salario básico, sino también los beneficios sociales y aportes obligatorios.

- **Remuneración Básica (RB):** Es el pago pactado por la jornada laboral. En el Perú, este valor se actualiza anualmente mediante convenios colectivos entre CAPECO (Cámara Peruana de la Construcción) y la Federación de Trabajadores en Construcción Civil.
- **Bonificaciones:** Incluye la Bonificación Unificada de Construcción (BUC) y la Bonificación por Movilidad Acumulada.
- **Leyes Sociales:** Representan el costo adicional que asume el empleador por conceptos como ESSALUD, Seguro de Vida Ley, CTS, gratificaciones, vacaciones y asignación escolar. En obras de edificación e ingeniería civil, este porcentaje suele oscilar entre el 115% y 125% del salario básico.

Costo de Hora-Máquina: Es el valor monetario asignado a la utilización de una maquinaria por una hora de trabajo. Se divide en dos componentes principales:

Costo de Posesión (Cargos Fijos): Son los costos que se generan por el simple hecho de ser dueño de la máquina, trabaje o no.

- **Depreciación:** Pérdida de valor del equipo por el uso o la obsolescencia.
- **Interés de Capital:** El costo de oportunidad del dinero invertido en la compra del equipo.
- **Seguros e Impuestos:** Pagos obligatorios para proteger la inversión.

Costo de Operación (Cargos Variables): Son los gastos que se generan solo cuando la máquina está en funcionamiento.

- Combustibles y Lubricantes: Consumo estimado según la potencia del motor y las condiciones de trabajo (leve, moderada, pesada).
- Filtros y Repuestos: Gastos de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Neumáticos o Rodamientos: Elementos de desgaste rápido que se calculan por separado.
- Operador Especializado: El costo de la hora-hombre del operario que maneja la máquina.

B. Costo Indirecto

Son aquellos gastos que, aunque no se aplican directamente a una partida específica, son indispensables para la ejecución total del proyecto. Se dividen principalmente en dos:

- Gastos Generales: Se dividen en fijos (alquiler de oficina, personal administrativo fijo, papelería y servicios generales) y variables (sueldos del personal de supervisión y residencia, alquiler de camionetas, laboratorios de control de calidad)
- Utilidad: Es el monto destinado a la ganancia de la empresa contratista por asumir el riesgo de la obra. (MTC, 2014)

2.2.12.2. Metrados

Es la cuantificación técnica de las unidades de obra por cada partida. En proyectos viales es el cálculo detallado de las cantidades de trabajo por cada partida, utilizando unidades de medida estandarizadas, deben ser precisos para evitar variaciones presupuestales críticas durante la ejecución. (MTC, 2014). Se dividen en grupos estratégicos:

- Movimiento de tierras: Se calculan los volúmenes (m³) de corte y relleno (terraplenes) mediante el método de las áreas medias a partir de las secciones transversales.
- Pavimentos: Se mide el área (m²) de la subbase, base y carpeta asfáltica, considerando el ancho de la calzada y las bermas.
- Obras de arte y drenaje: Se cuantifican por unidad (und) o longitud (m) elementos como alcantarillas, cunetas y muros de contención.
- Transporte: Se calcula el momento de transporte (m³-km) multiplicando el volumen del material por la distancia entre la cantera y el punto de colocación. (MTC, 2014)

2.2.12.3. Análisis de Costos Unitarios (ACU)

Es el cálculo del costo por unidad de cada partida. En este análisis se considera el rendimiento de las cuadrillas y de la maquinaria, el cual varía según la altitud, el tipo de terreno y la distancia de acarreo de los materiales. En carreteras, este análisis es altamente sensible a la ubicación geográfica y la logística. Según (Ibáñez, 2017) un ACU bien estructurado para vías debe integrar:

- Costo de Mano de Obra: Determinado por el costo hora-hombre (hh) de las cuadrillas (capataz, operario, oficial, peón), afectado por los rendimientos según la zona (costa, sierra o selva).
- Costo de Materiales: Incluye el precio en cantera más el flete. En carreteras, materiales como el asfalto líquido o el cemento para estabilizaciones son determinantes.
- Costo de Equipo y Herramientas: Es el componente más fuerte en carreteras. Se calcula el costo hora-máquina (hm) de tractores, motoniveladoras, rodillos etc. (Ibáñez, 2017).

2.3. Definición de Términos Básicos

Subrasante: Es la capa de material de suelo natural o tratado, que se ubica directamente bajo la infraestructura del pavimento en una vía. Su función esencial es proporcionar un soporte estructural a las capas de pavimento superiores. (MTC, 2014)

La estabilización de suelos: Proceso que mejora las propiedades físicas del suelo para aumentar su resistencia y durabilidad. Esto se logra mediante la incorporación de estabilizantes como cal, cemento o productos químicos, los cuales ayudan a reducir la plasticidad, mejorar la capacidad de soporte y controlar la expansión y contracción del suelo. (Mandol et al., 2023)

Terrasil: Es un estabilizante de suelos a base de nanopolímeros que mejora las propiedades del suelo, aumentando su resistencia y durabilidad. Se utiliza en la construcción de carreteras y otras infraestructuras para crear bases más estables y duraderas, reduciendo la necesidad de mantenimiento (Mandol et al., 2023)

Carretera Afirmada: Es una vía cuya superficie está compuesta de materiales sueltos compactados, como grava, arena y piedra triturada, en lugar de pavimento asfáltico o concreto. Este tipo de carretera proporciona una superficie transitable, aunque puede requerir más mantenimiento debido a la erosión y al desgaste por el tráfico y las condiciones climáticas (Mandol et al., 2023).

Costo: Se define como la valoración económica de los recursos (mano de obra, materiales y equipo) consumidos o utilizados para la ejecución de una partida o un proyecto vial. (CAPECO, 2020).

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación de la zona de estudio

La investigación tuvo lugar en el tramo de la carretera que conduce al centro poblado de San Miguel de las Naranjas entre los Km 0+000 hasta el Km 3+300, Provincia de Jaén, Departamento de Cajamarca.

Figura 4

Mapa Político del Perú



Nota: Ubicación de la zona de estudio en el mapa del Perú, obtenido y adaptado del Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2014.

Figura 5

Mapa del departamento de Ccajamarca



Figura 6

Mapa de la provincia de Jaén

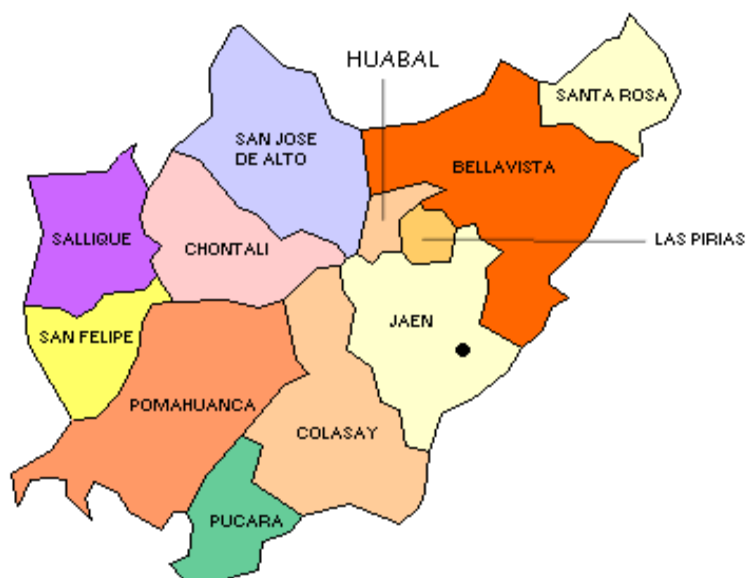
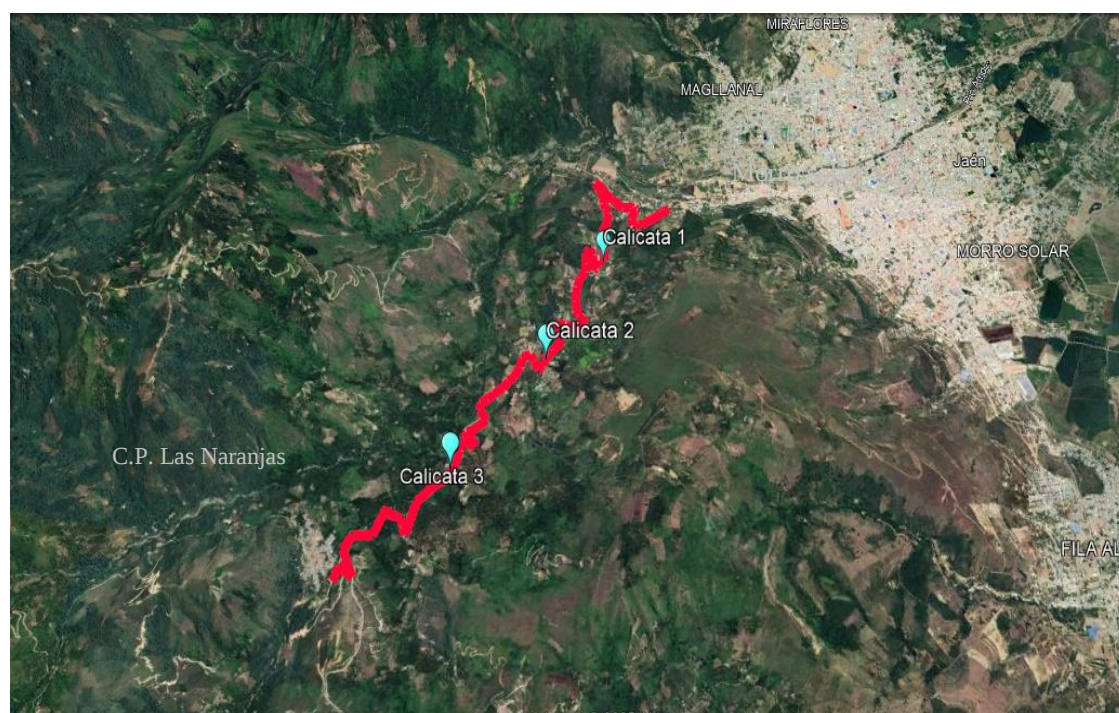


Figura
Localización del tramo Morro Solar – C.P. San Miguel de las Naranjas

7



Fuente. Google Earth.

En la tabla N° 07 se muestran las coordenadas y profundidades de las calicatas ejecutadas, tomando como referencia las investigaciones citadas en los antecedentes del presente estudio.

Tabla 6

Coordenadas UTM de las calicatas realizadas

Calicata	Profundidad	Coordenadas	
		Este (X)	Norte (Y)
C-1	1.50 m	740979.828	9367744.187
C-2	1.50 m	740346.573	9367791.135
C-3	1.50 m	740492.243	9366962.409

3.2. Metodología:

3.2.1. Tipo de investigación

La investigación fue de tipo Aplicada, dado que se orientó a solucionar el problema específico relacionado con la baja capacidad portante de la subrasante identificado en el tramo Morro Solar – San Miguel de las Naranjas, mediante la aplicación de conocimientos científicos; en este sentido, el estudio emplea la nanotecnología del aditivo Terrasil para intervenir las propiedades mecánicas de una subrasante deficiente y convertirla en una subrasante buena.

3.2.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación fue Correlacional, puesto que su propósito fue medir el grado de relación existente entre la estabilización de la subrasante con enzima Terrasil y el costo a nivel de afirmado del tramo en estudio.

3.2.3. Diseño de Investigación

La investigación es de tipo experimental, se manipuló la variable independiente mediante la aplicación de diferentes dosificaciones de la enzima Terrasil (0.30 lt/m³, 0.50 lt/m³ y 1.00 lt/m³), con el propósito de evaluar su efecto sobre las propiedades mecánicas del suelo y su incidencia en el costo del afirmado.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población del estudio abarca todo el suelo de la subrasante correspondiente al tramo de la Carretera Jaén – La Palma Central, la cual posee una longitud total de 7.70 km.

3.3.2. Muestra

Se emplearon 90 especímenes según el tipo de ensayo como se detalla:

Tabla 7*Detalle de especímenes de laboratorio*

Ensayo	Calicatas	Condición del Suelo	Cantidad de Especímenes	Descripción del Espécimen
Análisis Granulométrico	C-1, C-2, C-3	Natural	3	Porción representativa para clasificación SUCS/AASHTO.
Límites de Atterberg	C-1, C-2, C-3	Natural	3	Porciones de suelo que pasan el tamiz N° 40.
Próctor Modificado	C-1, C-2, C-3	Natural	12	Muestras compactadas para hallar MDS y OCH.
CBR (Suelo Natural)	C-1, C-2, C-3	Natural	9	3 especímenes por calicata (12, 25 y 56 golpes).
Próctor modificado + Terrasil	C-1, C-2, C-3	Con Aditivo	36	Muestras compactadas con dosificación de 0.30 lt/m ³ , 0.50 lt/m ³ y 1.00 lt/m ³ .
CBR + Terrasil	C-1, C-2, C-3	Con Aditivo	27	3 especímenes por calicata con dosificación de 0.30 lt/m ³ , 0.50 lt/m ³ y 1.00 lt/m ³ .
TOTAL			90	Total de unidades de ensayo (especímenes)

3.3.3. Unidad de análisis

Correlación entre el incremento de la capacidad portante estabilizada con Terrasil y la reducción del costo de ejecución a nivel de afirmado.

3.4. Técnicas e instrumentos de recopilación de información**3.4.1. Técnicas**

Para el desarrollo de la presente investigación se emplearon las siguientes técnicas:

- Observación directa, aplicada durante el reconocimiento del tramo de estudio y la ejecución de calicatas.

- Estudios experimentales: para la recopilación de información fue la experimentación mediante la manipulación de variables, por ser la más eficiente y ampliamente utilizada en la recolección de datos de campo y en el desarrollo de ensayos en el laboratorio.

3.4.2. Instrumentos

- Formatos de recolección de muestras y ensayos.
- Normas MTC para la realización de los diferentes ensayos en el laboratorio.
- Manual de carreteras de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014).

3.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de información

3.5.1. Técnicas

- Procesamiento de Datos: Consiste en la organización, cálculo y análisis de los resultados obtenidos tanto en el laboratorio como en la etapa de costeo. Incluye la tabulación de datos, la aplicación de fórmulas de diseño del afirmado (NAASRA) y la elaboración de los Análisis de Precios Unitarios (APU).
- Análisis de datos: correspondiente a la estadística descriptiva, la cual permite resumir, caracterizar y presentar de manera ordenada las propiedades principales del conjunto de datos

3.5.2. Instrumentos

- Software de Ingeniería: Hojas de cálculo (Excel) para el procesamiento de datos de laboratorio, cálculos de espesores y metrados.
- Software de Costos y Presupuestos (S10): Para la determinación de los costos unitarios y el presupuesto total del afirmado.

3.6.Materiales y Equipos

Materiales

- Suelo
- Aditivo Terrasil
- Agua potable

Equipos

- Juego de Tamices con aberturas de (1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", N° 4, N° 10, N° 20, N° 30, N° 40, N° 60, N° 100 y N°200).
- Balanzas electrónicas digitales de 20 kg (con sensibilidad de 1gr).
- Balanzas electrónicas digitales de 1000 gr (con sensibilidad de 0.1gr).
- Estufa con control de temperatura de 50 C° a 250 C°.
- Taras de todos los tamaños.
- Copa Casagrande.
- Placa de vidrio para el limite plástico.
- Equipos del Próctor Modificado (Molde cilíndrico de acero de 4" y 6", Pisón de compactación con un peso de 4.54 kg y una altura de caída de 18")
- Equipos del CBR (Prensa de carga, tres moldes cilíndricos de acero con un diámetro interior de 152.4 mm y de 177.8 mm de altura, disco espaciador de metal, pisón de compactación con un peso de 2.5 kg, dial medidor de penetración y pesas de metal).

3.7.Procedimiento:

3.7.1. Reconocimiento de la vía

Se realizó una inspección visual del tramo de 3.30 km para identificar las condiciones actuales de la vía y el flujo vehicular.

3.7.2. Ubicación, realización de calicatas y extracción de muestra

Las excavaciones exploratorias (calicatas) se efectuaron en las progresivas 0+600, 1+700 y 2+700. Una vez recolectadas las muestras respectivas, se procedió a su traslado al laboratorio para llevar a cabo los análisis mecánicas y físicas.

3.7.3. Ensayos físicos y mecánicos del suelo

Los ensayos del laboratorio que se realizaron para este estudio, con sus respectivas normas se detallan a continuación:

A. Determinación del contenido de humedad

El ensayo de contenido de humedad se realizó conforme a la norma MTC E 108, la cual establece el procedimiento para determinar la cantidad de agua presente en una muestra de suelo.

Procedimiento:

Para ello, se registró la masa del recipiente vacío (W_t) y, posteriormente, se colocó en él una porción representativa de suelo húmedo, obteniéndose el peso total (W_{h+t}). La muestra fue secada en horno a una temperatura constante de 110°C hasta alcanzar un peso estable. Una vez completado el secado, se registró el peso del recipiente más el suelo seco (W_{s+t}). Finalmente, con los valores obtenidos, se calculó el contenido de humedad del suelo mediante la expresión:

$$W(\%) = \frac{(W_{s+t}) - (W_t)}{(W_{h+t}) - (W_t)} \times 100$$

B. Análisis Granulométrico

El análisis granulométrico se realizó de acuerdo con los lineamientos establecidos en la Norma MTC E 107 del Manual de Ensayo de Materiales del MTC, con el propósito de determinar la distribución de tamaños de las partículas del suelo y facilitar su clasificación según su comportamiento en estructuras viales

Procedimiento

a) Fracción gruesa

La muestra seca fue sometida al proceso de tamizado utilizando la serie de tamices de aberturas: 3", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", ⅜", ¼" y N°4. Posteriormente, se registró el peso del material retenido en cada uno de los tamices para su análisis y cálculo correspondiente.

b) Fracción fina

- La fracción fina del suelo fue secada previamente en horno a una temperatura de 110 °C. Luego, se colocó la muestra en remojo para desintegrar los aglomerados y facilitar el lavado.
- El material se lavó cuidadosamente sobre el tamiz N°200, eliminando las partículas menores arrastradas por el agua. El material retenido fue recolectado, secado nuevamente en horno bajo las mismas condiciones de temperatura y posteriormente pesado.
- Una vez seca, la muestra fue tamizada a través de la serie de tamices N°10, N°20, N°30, N°40, N°60, N°100 y N°200, registrándose el peso retenido en cada uno.

C. Determinación de límite líquido

La determinación del límite líquido se efectuó conforme a los procedimientos establecidos en la Norma MTC E 110 del Manual de Ensayo de Materiales del MTC.

Procedimiento

- La muestra de suelo, previamente tamizada por la malla N°40, se mezcló con agua hasta obtener una pasta homogénea. Una porción de esta pasta se colocó en la copa de Casagrande, alcanzando una profundidad aproximada de 10 mm en su punto más alto, formando una superficie nivelada.
- Posteriormente, se realizó una ranura en el centro con el acanalador, dividiendo la muestra en dos partes.

- La copa fue elevada y dejada caer girando el manubrio hasta que ambas mitades del suelo se unieran en la base a lo largo de una distancia de 13 mm, registrándose el número de golpes necesarios para el cierre de la ranura.
- El material de la zona de contacto fue colocado en un recipiente previamente pesado para determinar su contenido de humedad, secándolo en horno a una temperatura de 110 °C.

El procedimiento se repitió en tres ocasiones, ajustando la cantidad de agua o el secado de la muestra para obtener diferentes valores de humedad y número de golpes, comprendidos entre 6 y 35 golpes. Con los resultados obtenidos se construyó el diagrama de fluidez (número de golpes versus contenido de humedad), considerando como límite líquido el contenido de humedad correspondiente a 25 golpes en la curva obtenida.

D. Determinación de límite plástico

La determinación del límite plástico se realizó conforme a los lineamientos de la Norma MTC E 111 del Manual de Ensayo de Materiales del MTC.

Procedimiento

- Se utilizó el material remanente del ensayo de límite líquido, al cual se le permitió evaporar parcialmente la humedad hasta obtener una masa con consistencia plástica y trabajable.
- Se moldeó la muestra en forma de elipsoide y se procedió a rodarla con los dedos sobre una superficie de vidrio esmerilado, aplicando una presión uniforme hasta formar cilindros de aproximadamente 3.2 mm de diámetro.
- El ensayo concluyó en el momento en que los cilindros comenzaron a agrietarse al alcanzar dicho diámetro. Las porciones que presentaron este comportamiento se colocaron en recipientes previamente pesados, se registró su masa y posteriormente fueron secadas en horno a 110°C para determinar su contenido de humedad.

E. Ensayo Próctor modificado

La determinación de la densidad seca máxima y del contenido óptimo de humedad se efectuó conforme a los lineamientos establecidos en la Norma MTC E 115 del Manual de Ensayo de Materiales del MTC

Procedimiento

- De acuerdo con los resultados del análisis granulométrico, se aplicó el método A para las muestras obtenidas en las calicatas N°02 y N°03, y el método C para la muestra correspondiente a la calicata N°01.
- Primero, se registraron el peso (W_m) y el volumen (V_m) de los moldes de compactación. Posteriormente, se prepararon cuatro muestras con distintos contenidos de humedad, variando aproximadamente 2% entre cada una.
- Cada muestra fue compactada en cinco capas, aplicando 25 golpes por capa en el molde de 4 pulgadas (método A) y 56 golpes por capa en el molde de 6 pulgadas (método C).
- Una vez completada la compactación, se enrasó la superficie del espécimen con una regla metálica para obtener una cara uniforme.
- Posteriormente, el material fue retirado del molde y se extrajeron muestras representativas de la parte superior e inferior para determinar el contenido de humedad ($W\%$).

F. California Bearing Ratio (CBR)

El ensayo CBR se realizó conforme a la Norma MTC E 132 del Manual de Ensayo de Materiales, con el objetivo de determinar la capacidad de soporte del suelo compactado.

Procedimiento

- Se prepararon tres especímenes compactados a diferentes energías (56, 27 y 13 golpes por capa) utilizando el contenido de humedad óptimo obtenido del ensayo Próctor Modificado
- Terminada la compactación, se quitó el collar y se niveló la muestra con un enrasador. Después se desarmó el molde, se extrajo el disco espaciador y se colocó nuevamente el molde en posición invertida. Finalmente, se colocó un papel filtro entre la base y el molde y se procedió a efectuar el pesado.
- En la superficie de la muestra invertida se colocaron el collar, la placa perforada con vástago y el peso de sobrecarga. Luego se posicionó el trípode de medición sobre el molde y se anotó el valor obtenido, así como el día y la hora del registro.
- Posteriormente, el molde fue colocado dentro de un tanque con agua durante un período de 96 horas (4 días), manteniendo aproximadamente constante el nivel del agua. Durante cada día se registraron las lecturas de expansión y, al concluir el tiempo de inmersión, se realizó nuevamente la medición con el deformímetro. La expansión se determinó expresándola como un porcentaje de la altura de la probeta.
- La sobrecarga se ubicó sobre el molde y el sistema completo se trasladó a la prensa. Después se montó el reloj comparador de modo que pudiera medir el desplazamiento o penetración del pistón.
- La presión fue aplicada al pistón de penetración con una velocidad uniforme de aproximadamente 1.27 mm por minuto (0.05 pulg/min). A lo largo de la prueba se anotaron los valores de carga en los niveles de penetración de 0.050, 0.075, 0.100, 0.125, 0.150, 0.200, 0.300, 0.400 y 0.50 pulgadas.

3.7.4. Cálculo del espesor del afirmado con la aplicación de aditivo y sin mejoramiento de suelos

Estudio de Tráfico

A partir del estudio de tráfico realizado, se determinó el Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS) mediante un aforo vehicular efectuado durante los siete días de la semana. El registro del flujo vehicular se llevó a cabo en el horario comprendido entre las 6:00 a. m. y las 6:00 p. m., correspondiente a las horas de mayor circulación, organizando el número de vehículos en intervalos de una hora.

Tabla 8

Transito Promedio de cada día

Días	Vehículos					Total
	Camioneta	Camión 2 ejes	Camión 3 ejes	Autos	Combis	
Lunes	41	3	0	36	33	113
Martes	9	0	37	36	127	209
Miércoles	35	10	0	41	44	130
Jueves	32	12	0	46	39	129
Viernes	37	17	0	50	43	147
Sábado	86	14	0	71	55	226
Domingo	120	7	0	71	68	266
IMDs	51.00	9.00	5.00	50.00	58.00	174.00

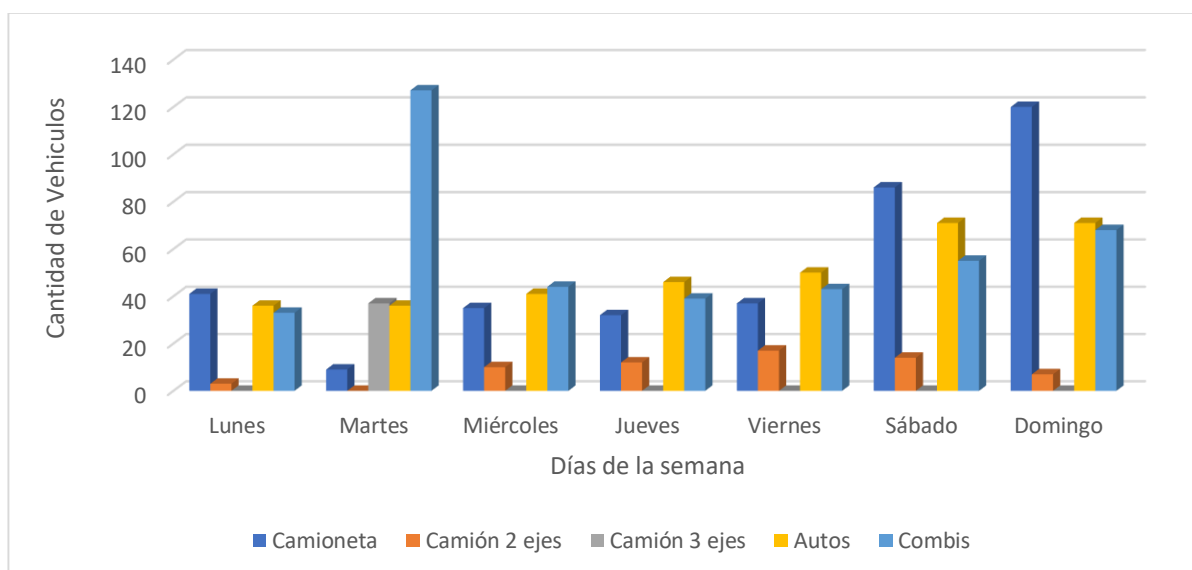
De la tabla 8, se tiene resultados resumen de la cantidad de vehículos por día, extraídos de las fichas de campo.

$$\text{IMDs} = \frac{113 + 209 + 130 + 129 + 147 + 226 + 266}{7}$$

$$\text{IMDs} = 174 \text{ veh/día.}$$

Figura 8

Estudio del tráfico semanal estudiado



3.7.5. Diseño de afirmado

Para el diseño del espesor de la capa de afirmado conforme a las directrices del Manual del MTC, se adoptó la ecuación representativa del método NAASRA (National Association of Australian State Road Authorities, actualmente conocido como AUSTROADS). Dicho método correlaciona la capacidad portante del suelo, expresada mediante el índice CBR, con la carga que actúa sobre la capa de afirmado, la cual se representa a través del número de repeticiones de ejes equivalentes (EE):

$$e = [219 - 211 \times (\log_{10} CBR) + 58 \times (\log_{10} CBR^2)] \times \log_{10} \left(\frac{N_{rep}}{120} \right) \dots \text{Ecuación 01}$$

Donde:

e = espesor de la capa de afirmado en mm.

CBR = valor del CBR de la sub rasante.

Nrep = número de repeticiones de EE para el carril de diseño.

A partir del estudio de tráfico y del cálculo de ejes equivalentes de 8.2 t para el período de diseño de la vía, el manual establece el uso de una expresión específica para cada tipo de

vehículo. El valor final se obtiene sumando los resultados correspondientes a todos los vehículos pesados considerados:

$$N_{rep. de EE} = \sum (EE_{día - carril} \times 365 \times Fca)$$

$$EE_{día - carril} = IMD \times Fd \times Fc \times Fv$$

Donde:

Fca = Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo

IMD = Índice medio diario según el tipo de vehículo

Fd = Factor direccional

Fc = Factor carril

Fv = Factor vehículo pesado del tipo seleccionado, calculado según la composición de ejes

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

Donde:

r = tasa de crecimiento de vehículos

n = periodo de diseño.

El cálculo del número de repeticiones de ejes equivalentes se detalla en el (Anexo D).

El Manual establece que los caminos no pavimentados con afirmado (revestimiento granular) presentan un rango de aplicación de hasta 300,000 repeticiones de ejes equivalentes (EE) en el carril durante el período de diseño. En este caso, el proyecto corresponde a la categoría de tráfico pesado TON_P3, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Figura 9

Nrep acumulada de ejes equivalentes a 8.2 tn, para caminos no pavimentados

Tipos Tráfico Pesado expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado expresado en EE
TON_{P1}	$\leq 25,000$ EE
TON_{P2}	$> 25,000$ EE $\leq 75,000$ EE
TON_{P3}	$> 75,000$ EE $\leq 150,000$ EE
TON_{P4}	$> 150,000$ EE $\leq 300,000$ EE

Fuente: Datos tomados del MTC (2014).

Para calcular el espesor del afirmado, se emplea la fórmula de la Ecuación 01, reemplazando los valores encontrados o en su defecto se presenta en el (Anexo E), Cuadro de doble entrada donde Los espesores de afirmado propuestos se determinan en función de subrasantes con valores de CBR comprendidos entre mayores al 6 % y superiores al 30 %, bajo condiciones de tráfico que alcanzan hasta 150,000 repeticiones de ejes equivalentes.

3.8. Presentación de resultados

Los resultados obtenidos fueron organizados conforme a los diferentes ensayos de laboratorio realizados, con el propósito de evaluar las características mecánicas y físicas del suelo. Dado que las muestras provienen de tres calicatas (C1, C2 y C3), se presentan los resultados de cada una de ellas de manera individual, permitiendo observar las variaciones entre zonas de muestreo.

Asimismo, se incluyen los hallazgos de las mezclas tratadas con el aditivo Terrasil, a fin de comparar el resultado del suelo natural frente al suelo estabilizado y analizar la influencia del producto en sus propiedades geotécnicas.

3.8.1. Características físicas de la subrasante

A. Clasificación del suelo mediante método AASHTO y SUCS

Tabla 9

Clasificación del suelo

Parámetros	Calicata C-1	Calicata C-2	Calicata C-3
Análisis Granulométrico			
% Pasa Tamiz N° 3/8"	73.55	91.58	90.77
% Pasa Tamiz N° 4	59.76	78.58	86.79
% Pasa Tamiz N° 10	45.19	75.69	82.38
% Pasa Tamiz N° 40	28.36	71.29	76.89
% Pasa Tamiz N° 200	19.96	66.54	72.28
Límites de Atterberg			
Límite Líquido (LL)	36.00	34.00	26.00
Límite Plástico (LP)	22.00	19.00	15.00
Índice de Plasticidad (IP)	14.00	15.00	11.00
Estado Natural			
Contenido de Humedad	11.97	13.45	10.95
Clasificación del Suelo			
Clasificación SUCS	GC	CL	CL
Clasificación AASHTO	A-2-6 (1)	A-6 (10)	A-6 (12)
Descripción	Grava arcillosa con arena	Arcilla de baja plasticidad	Arcilla de baja plasticidad

Fuente: Elaboración propia.

B. Próctor modificado:

Mediante este ensayo se determinó la Densidad Seca máxima y el contenido óptimo de humedad:

Tabla 10*Resultados del ensayo Próctor modificado*

Calicata	Densidad máxima (gr/cm ³)	Humedad óptima (%)
C-1 (GC)	2.045	9.60
C-2 (CL)	2.000	12.00
C-3 (CL)	1.974	12.20

*Fuente: Elaboración propia.***C. Ensayo California Bearing Ratio (CBR)**

Del ensayo de CBR en estado natural se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 11*Ensayo de CBR de las calicatas*

Calicata	CBR al 95% de la MDS a 0.1"	CBR al 100% de la MDS a 0.1"
C-1 (GC)	5.05	8.00
C-2 (CL)	2.80	4.20
C-3 (CL)	3.50	4.90

*Fuente: Elaboración propia.***D. Gravedad Especifica de los solidos****Tabla 12***Resultados del ensayo de Gravedad Especifica de los sólidos*

Calicata	Clasificación (SUCS / AASHTO)	Fracción Ensayada	Método de Ensayo (MTC)	Gravedad Específica (Gs)
C-1	GC / A-2-6 (1)	Suelo Integral	Ponderado (E 113 / E 206)	2.700
C-2	CL / A-6 (10)	Pasante Malla N° 4	Picnómetro (E 113)	2.658
C-3	CL / A-6 (12)	Pasante Malla N° 4	Picnómetro (E 113)	2.674

3.8.2. Influencia del aditivo Terrasil en la capacidad de soporte del suelo a nivel de subrasante.

De las muestras obtenidas, las calicatas C-1, C-2 y C-3 presentan valores inferiores al 6% para el CBR. Por lo que, a cada muestra se le ha estabilizado con un porcentaje de 0.30 lt/m³, 0.50 lt/m³ y 1.00 lt/m³ de Terrasil para determinar la influencia del Terrasil en los parámetros del ensayo próctor y CBR.

3.8.2.1. Parametros de compactación del suelo – Terrasil

Los resultados obtenidos reflejan el efecto del aditivo Terrasil en las muestras de suelo arcilloso correspondientes a las clasificaciones GC y CL, evidenciándose modificaciones en las características y comportamiento de cada una de ellas.

Tabla 13

Ensayo Próctor modificado de la Calicata 01 con Terrasil.

CALICATA N° 01	Muestra Patrón	Muestra de suelo con Terrasil		
		0.30 lt/m ³ de Terrasil	0.50 lt/m ³ de Terrasil	1.00 lt/m ³ de Terrasil
Densidad seca máxima (gr/cm ³)	2.045	2.061	2.078	2.088
Óptimo contenido de humedad (%)	9.60	9.60	10.20	9.70

Figura 10

Parámetros de compactación de la Calicata N° 01

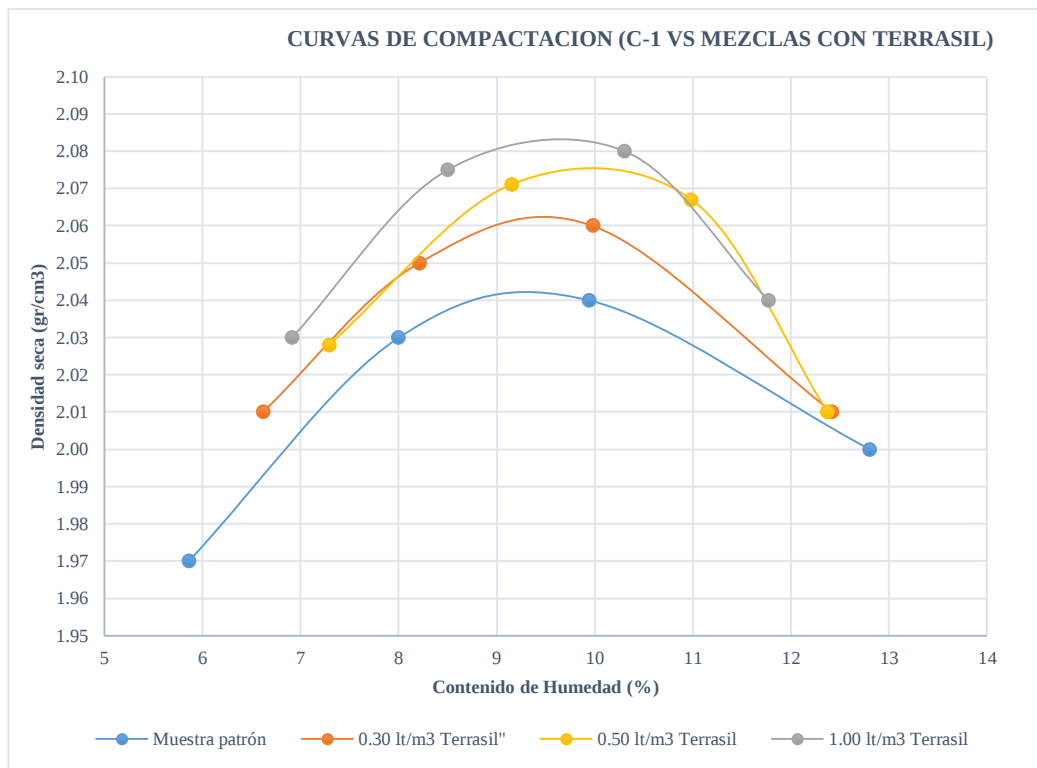


Tabla 14

Ensayo Próctor modificado de la Calicata 02 con Terrasil.

CALICATA N° 02	Muestra Patrón	Muestra de suelo con Terrasil		
		0.30 lt/m3 de Terrasil	0.50 lt/m3 de Terrasil	1.00 lt/m3 de Terrasil
Densidad seca máxima (gr/cm3)	2.00	2.01	2.02	2.03
Óptimo contenido de humedad (%)	12.00	11.20	11.90	14.10

Figura 11

Parámetros de compactación de la Calicata N° 02

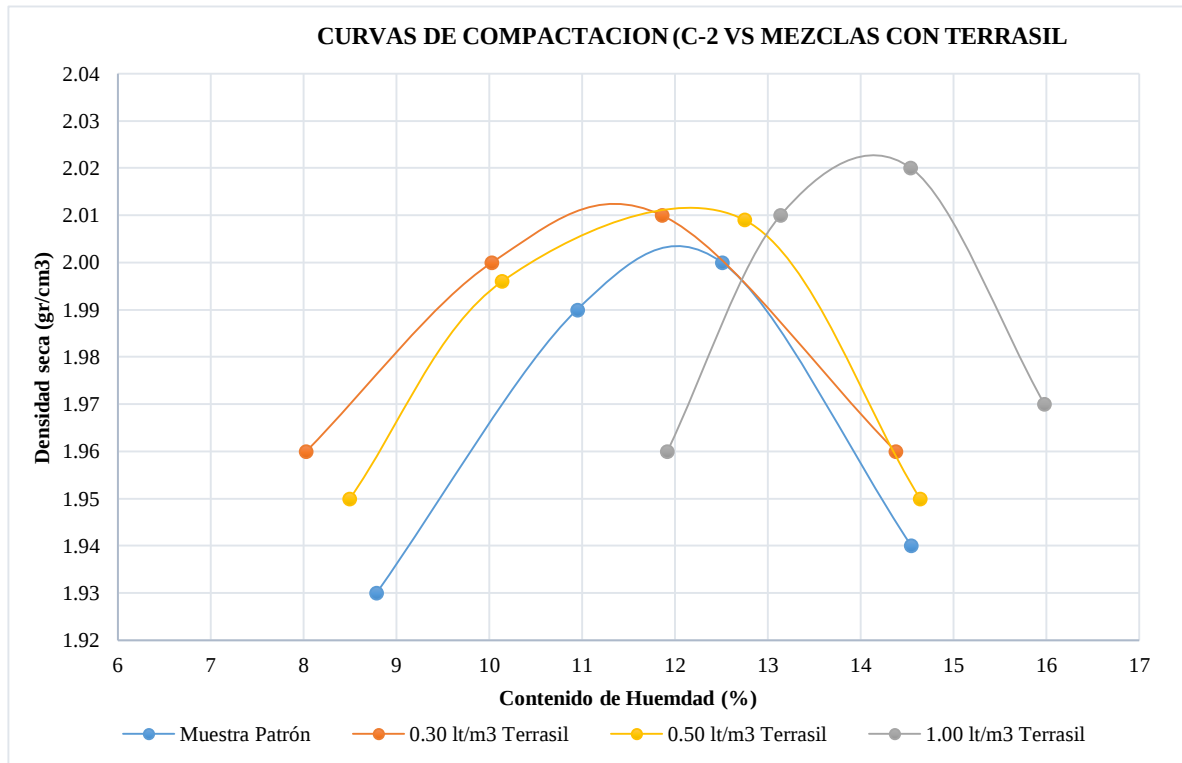


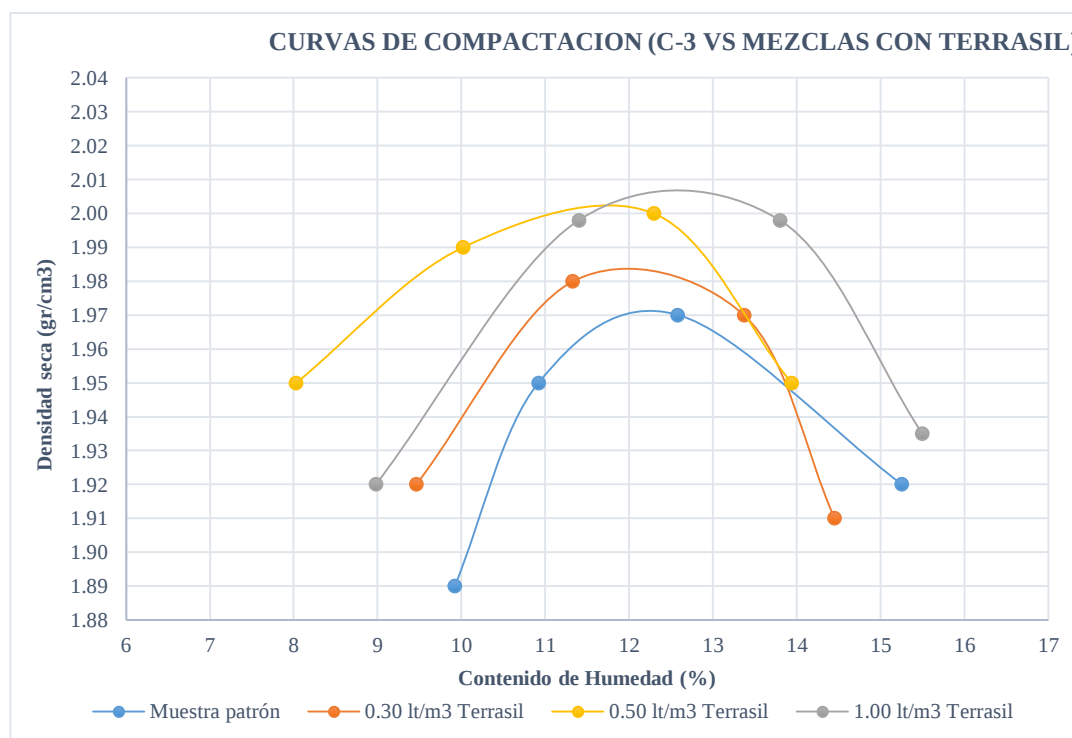
Tabla 15

Ensayo próctor modificado de la Calicata 02 con Terrasil.

CALICATA N° 03	Muestra Patrón	Muestra de suelo con Terrasil		
		0.30 lt/m3 de Terrasil	0.50 lt/m3 de Terrasil	1.00 lt/m3 de Terrasil
Densidad seca máxima (gr/cm3)	1.97	1.96	2.01	2.04
Óptimo contenido de humedad (%)	12.20	12.20	11.50	12.70

Figura 12

Parámetros de Compactación de la Calicata N° 03



3.8.3. Índice de CBR con adición de Terrasil

Tabla 16

Influencia del Terrasil en el CBR de la muestra de la Calicata 01

CALICATA N° 01	Muestra Patrón	Adición de Terrasil		
		0.30 lt/m3 de Terrasil	0.50 lt/m3 de Terrasil	1.00 lt/m3 de Terrasil
CBR de 95% DSM (0.1")	5.05	10.00	15.50	17.90
CBR de 100% DSM (0.1")	8.00	15.80	19.00	20.50

Figura 13

Comparación de valor CBR vs CBR con Aditivo en Calicata 01

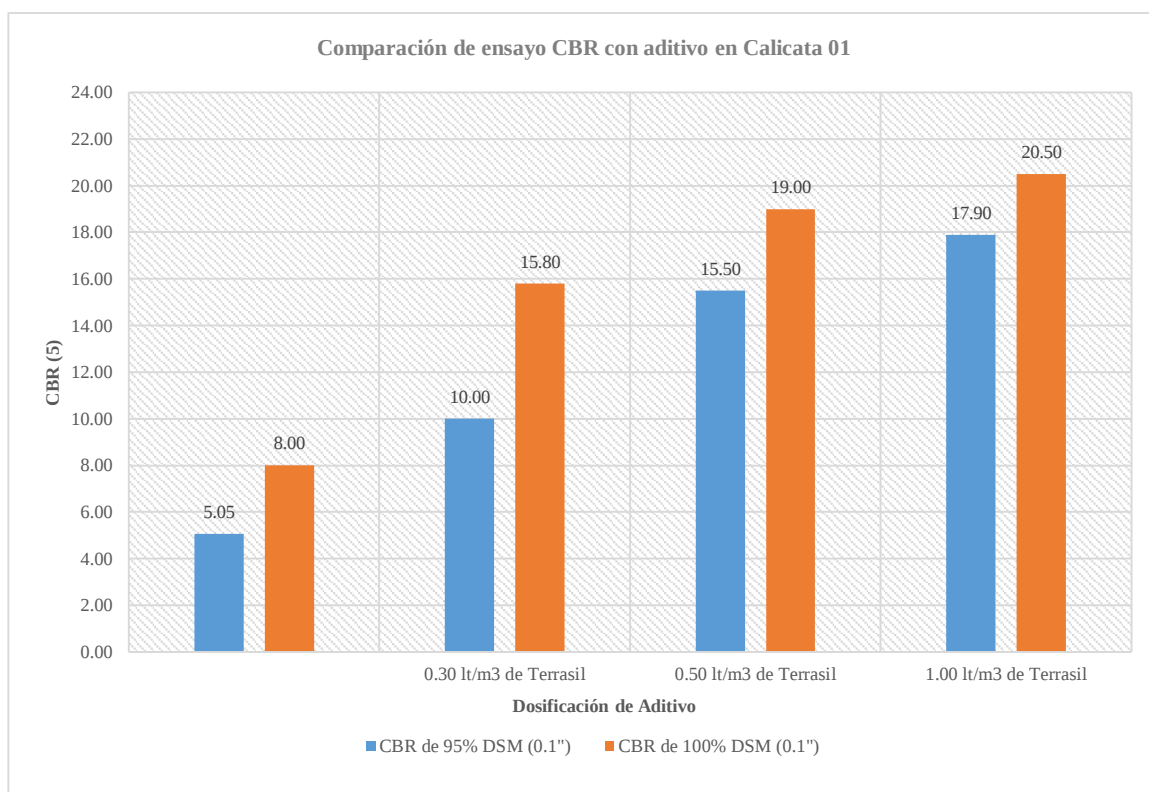


Tabla 17

Influencia del Terrasil en el CBR de la muestra de la Calicata 02

CALICATA N° 02	Muestra Patrón	Adición de Terrasil		
		0.30 lt/m3 de Terrasil	0.50 lt/m3 de Terrasil	1.00 lt/m3 de Terrasil
CBR de 95% DSM (0.1'')	2.80	12.00	17.80	25.50
CBR de 100% DSM (0.1'')	4.20	15.50	20.20	28.80

Figura 14

Comparación de valor CBR con Aditivo en Calicata 02

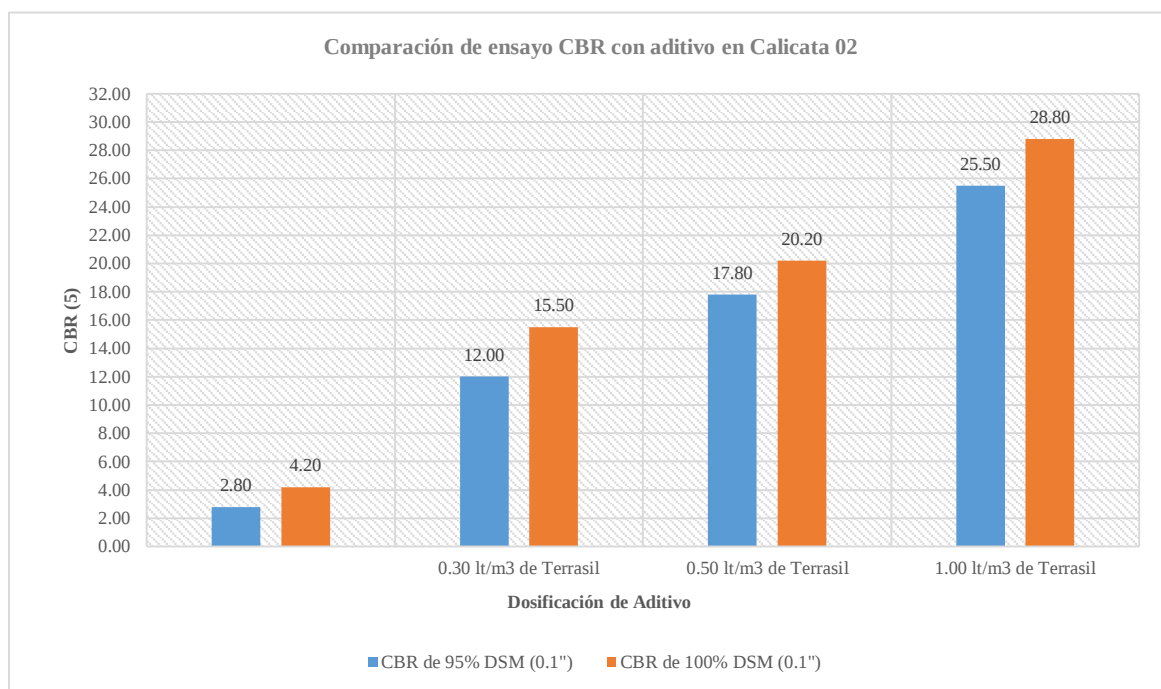


Tabla 18

Influencia del Terrasil en el CBR de la muestra de la Calicata 03

CALICATA N° 03	Muestra Patrón	Adición de Terrasil		
		0.30 lt/m3 de Terrasil	0.50 lt/m3 de Terrasil	1.00 lt/m3 de Terrasil
CBR de 95% DSM (0.1")	3.50	7.50	14.50	21.50
CBR de 100% DSM (0.1")	4.90	12.90	16.80	25.00

Figura 15

Comparación de valor CBR con Aditivo en Calicata 03

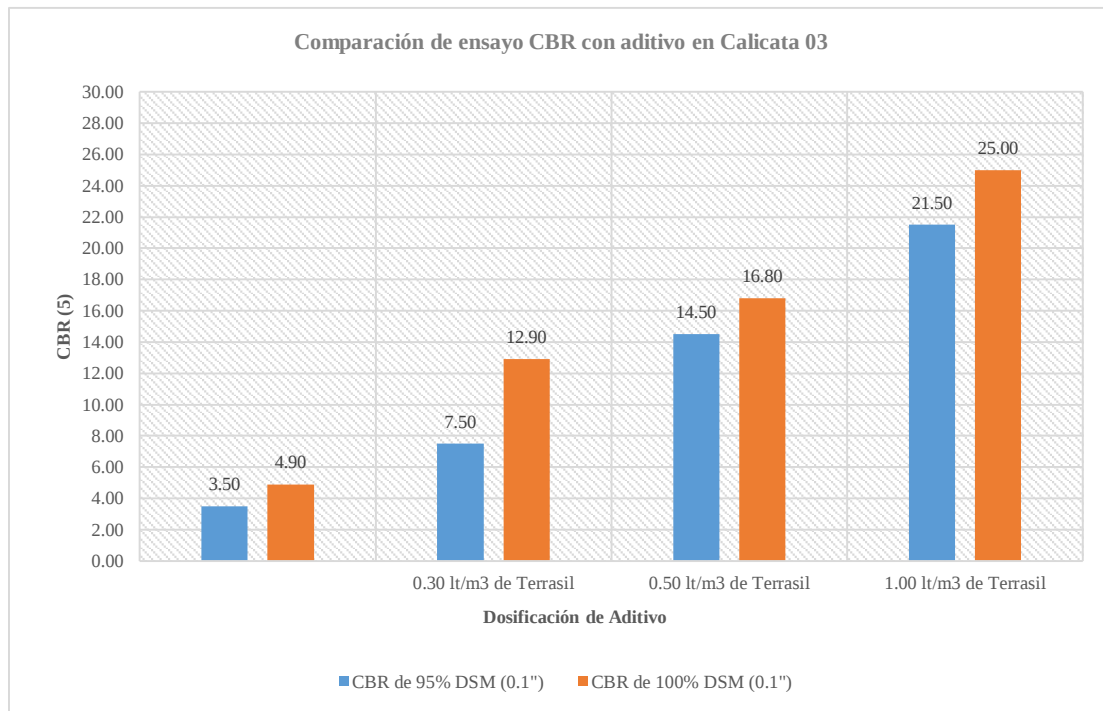


Figura 16

Relación entre el índice CBR con Aditivo al 95% de la Densidad Seca máxima

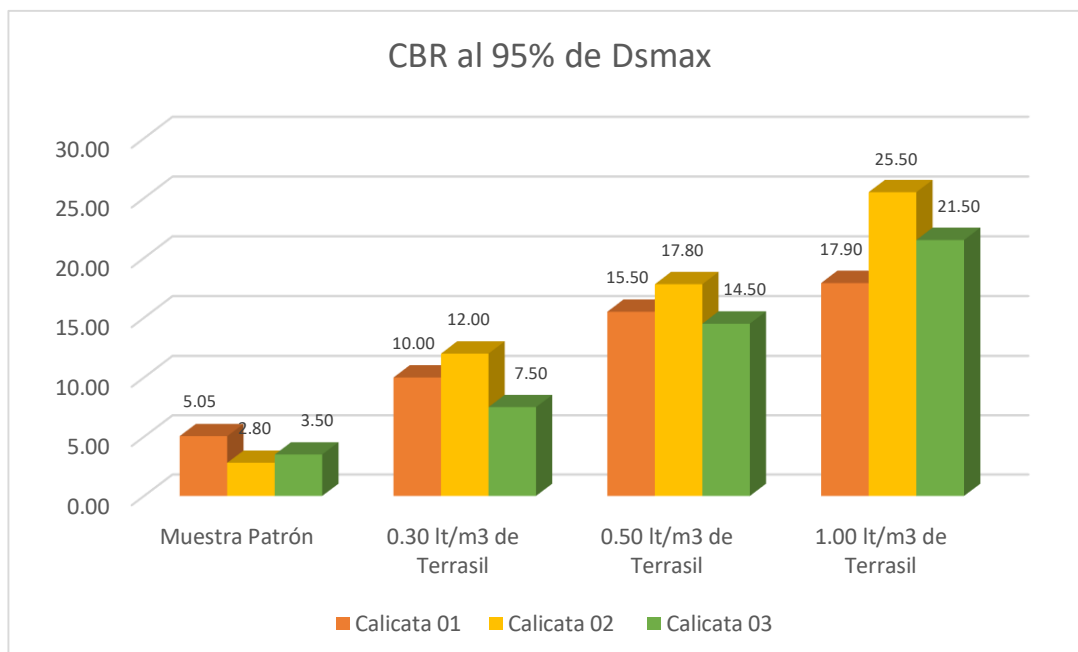
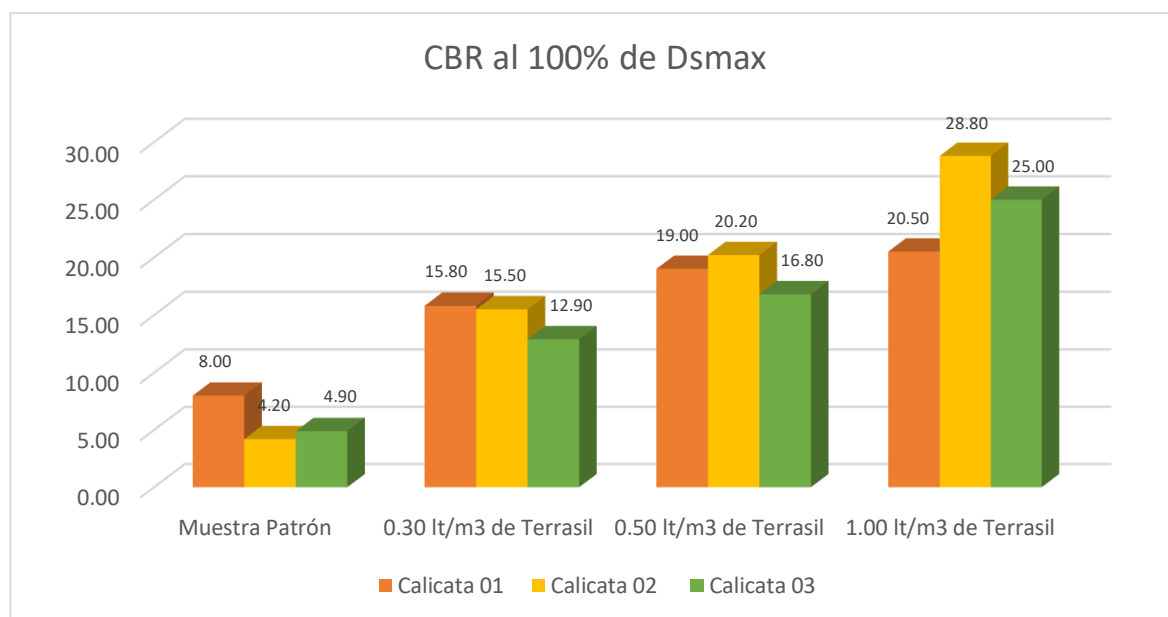


Figura 17

Relación entre el índice CBR con Aditivo al 100% de la Densidad Seca máxima



3.8.4. Cálculo del espesor del afirmado

Tabla 19

Diseño de espesor de afirmado para el CBR patrón

Calicata	CBR al 95% de la MDS a 0.1"	Espesor de afirmado	CBR al 100% de la MDS a 0.1"	Espesor de afirmado
C-1	5.05	29 cm	8.00	22 cm
C-2	2.80	40 cm	4.20	32 cm
C-3	3.50	35 cm	4.90	29 cm
Promedio e =		35 cm		28 cm

Nota. Elaboración propia.

De la tabla 20 se tienen espesores de afirmado diseñados en función del CBR al 95% de la MDS a 0.1" y CBR al 100% de la MDS a 0.1" de la subrasante sin tratar.

Tabla 20*Diseño de espesor de afirmado para el CBR con Aditivo Terrasil 0.30 lt/m³*

Calicata	CBR al 95% de la MDS a 0.1''	Espesor de afirmado	CBR al 100% de la MDS a 0.1''	Espesor de afirmado
C-1	10.00	19 cm	15.80	14 cm
C-2	12.00	17 cm	15.50	14 cm
C-3	7.50	23 cm	12.90	16 cm
Promedio e =		20 cm		15 cm

Nota. Elaboración propia.

De tabla 21 se tienen espesores de afirmado de las calicatas C-1, C-2 y C-3, diseñados en función al CBR al 95% de la MDS a 0.1'' y CBR al 100% de la MDS a 0.1'' de la subrasante tratadas con aditivo Terrasil.

Tabla 21*Diseño de espesor de afirmado para el CBR con Aditivo Terrasil 0.50 lt/m³*

Calicata	CBR al 95% de la MDS a 0.1''	Espesor de afirmado	CBR al 100% de la MDS a 0.1''	Espesor de afirmado
C-1	15.50	14 cm	19.00	12 cm
C-2	17.80	13 cm	20.20	12 cm
C-3	14.50	15 cm	16.80	14 cm
Promedio e =		15 cm		15 cm

De acuerdo con las especificaciones técnicas del Manual de Carreteras del MTC, el espesor mínimo para una capa de afirmado se establece en 15 cm. En consecuencia, a pesar de las mejoras de las propiedades mecánicas de la subrasante mediante la adición de Terrasil con la dosificación de 1.00 lt/m³, se adoptará dicho espesor mínimo de 15 cm para garantizar la estabilidad estructural y durabilidad del afirmado.

3.8.5. Se determinaron los costos de la carretera con la aplicación de aditivo y sin mejoramiento de suelos.

Se determinó el costo de la carretera con el método tradicional de afirmado, tomando como base el valor del CBR al 95% de la MDS, siendo el espesor calculado de 35 cm.

Tabla 22

Presupuesto de afirmado sin subrasante tratada (CBR al 95% de la MDS a 0.1")

Ítem	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	OBRAS PRELIMINARES				25,937.64
01.01	Movilización y desmovilización de equipos	glb	1.00	5,000.00	5,000.00
01.02	Trazo, replanteo y control topográfico	km	3.30	884.74	2,919.64
01.03	Desbroce y limpieza de terreno	m2	9,900.00	1.82	18,018.00
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				59,508.80
02.01	Corte de material suelto con equipo	m3	5,437.10	7.20	39,147.12
02.02	Relleno con material propio	m3	926.33	7.09	6,567.68
02.03	Limpieza y reconformación de cunetas	m	3,300.00	4.18	13,794.00
03	PAVIMENTOS				313,192.21
03.01	Perfilado y compactado de sub-rasante	m2	12,117.70	2.58	31,263.67
03.02	Mejoramiento de la sub-rasante con over	m3	3,742.00	31.57	118,134.94
03.03	Afirmado e=0.35 m	m3	4,241.16	38.62	163,793.60
04	TRANSPORTE				163,188.86
04.01	Transporte de material de afirmado hasta 1 km	m3k	4,241.16	7.14	30,281.88
04.02	Transporte de material de afirmado después de 1 km	m3k	27,694.79	2.11	58,436.01
04.03	Transporte de material de eliminación hasta 1 km	m3k	4,510.76	6.36	28,688.43
04.04	Transporte de material de eliminación después de 1 km	m3k	28,260.83	1.62	45,782.54
Costo Directo					561,827.51
Ítem	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
	Gastos Generales (10%)				56,182.75
	Utilidad (7%)				39,327.93
	SUB TOTAL				657,338.19
	IGV (18%)				118,320.87
TOTAL PRESUPUESTO					775,659.06

Posteriormente se calculó el costo de la carretera con estabilización de Terrasil con una dosificación de 0.30 lt/m³ y un espesor de afirmado calculado de 20 cm.

Tabla 23

Presupuesto de afirmado con subrasante tratada con la dosificación de 0.30 lt/m³ de Terrasil (CBR al 95% de la MDS a 0.1”).

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	OBRAS PRELIMINARES				7,919.64
01.01	Movilización y desmovilización de equipos	glb	1.00	5,000.00	5,000.00
01.02	Trazo, replanteo y control topográfico	km	3.30	884.74	2,919.64
01.03	Desbroce y limpieza de terreno	m ²	9,900.00	1.82	18,018.00
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				62,336.09
01.04	Corte de material suelto con equipo	m ³	5,437.10	7.72	41,974.41
01.05	Relleno con material propio	m ³	926.33	7.09	6,567.68
02.01	Limpieza y reconfiguración de cunetas	m	3,300.00	4.18	13,794.00
03	ESTABILIZACION CON TERRASIL				105,613.20
03.01	Escarificado de suelo existente (e= 0.15 m)	m ²	11,880.00	1.25	14,850.00
03.02	Suelo estabilizado con Terrasil	m ²	11,880.00	7.64	90,763.20
04	PAVIMENTOS				93,576.26
04.01	Afirmado e=0.20 m	m ³	2,423.00	38.62	93,576.26
05	TRANSPORTE				112,492.89
05.01	Transporte de material de afirmado hasta 1 km	m ³ k	1,817.64	7.14	12,977.95
05.02	Transporte de material de afirmado después de 1 km	m ³ k	11,869.18	2.11	25,043.97
05.03	Transporte de material de eliminación hasta 1 km	m ³ k	4,510.76	6.36	28,688.43
05.04	Transporte de material de eliminación después de 1 km	m ³ k	28,260.83	1.62	45,782.54
Costo Directo					399,956.08
GASTOS GENERALES (10%)					39,995.61
UTILIDAD (7%)					39,995.61
SUB TOTAL					479,947.30
IGV (18%)					86,390.51
TOTAL PRESUPUESTO					566,337.81

CAPÍTULO IV. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

4.1.1. *Propiedades físicas y mecánicas del suelo*

Como se puede apreciar en la Tabla 10, los análisis granulométricos revelan una alta concentración de finos en el tramo. En la calicata C1, el 19.96% pasa el tamiz N° 200, mientras que en las calicatas C2 y C3, el porcentaje de finos aumenta drásticamente a 66.54% y 72.28%, respectivamente. Los Índices de Plasticidad (IP) se sitúan entre 11.00% y 15.00%, por lo tanto, bajo el sistema SUCS, la C1 se clasifica como GC (Grava arcillosa), mientras que C2 y C3 se clasifican como CL (Arcilla de baja plasticidad) y en el sistema AASHTO, los suelos se clasifican A-6 y A-2-6.

Según los resultados obtenidos en la Tabla 11, Los ensayos determinaron que la Máxima Densidad Seca (MDS) es de 2.080 g/cm³ (C1), 1.845 g/cm³ (C2) y 1.895 g/cm³ (C3), con un Óptimo Contenido de Humedad (OCH) que oscila entre 10.60% y 12.80%, La mayor MDS obtenida en la C1 se debe a su naturaleza gravosa (GC).

Finalmente, en la Tabla 12 se presentan los resultados del CBR al 95% y 100% de la MDS en condición natural. Los valores obtenidos se encuentran aproximadamente entre: 2.80% y 5.05%, de acuerdo con el Manual de Carreteras – MTC, estos valores clasifican la subrasante como: Pobre a muy pobre, lo que implica que, sin estabilización, el diseño estructural requerirá mayores espesores de afirmado. Estos resultados constituyen la variable base de comparación para determinar la influencia del Terrasil.

4.1.2. Influencia del Aditivo Terrasil en el CBR

De la Tabla 14, se realizó el análisis de las curvas de compactación obtenidas mediante el ensayo Proctor Modificado para las calicatas C1, al ser un suelo tipo GC (Grava arcillosa), presenta la mayor Densidad Máxima Seca (DMS). Se observa que con la dosificación óptima de Terrasil, la DMS incrementa ligeramente de 2.045 g/cm³ a valores superiores, mientras que el Óptimo Contenido de Humedad (OCH) tiende a reducirse. Esto se debe a que el aditivo actúa como un lubricante que reduce la fricción entre partículas gruesas

Asimismo, de la Tabla 15 y Tabla 16, estos suelos finos tipo CL (Arcilla de baja plasticidad), el impacto es más crítico. La incorporación de Terrasil permite una reorganización de las partículas de arcilla, expulsando el agua adsorbida. Esto genera una curva de compactación más "cerrada", logrando una mayor densificación con un menor esfuerzo de compactación en comparación con el estado natural.

De la Tabla 17 y Figura 13, los resultados muestran una mejora significativa en los valores del CBR de la Calicata C1, alcanzando incrementos notables con la dosificación del Terrasil, obteniendo valores de CBR de 5.05 a 10.00%, 15.50% y 17.90%. Estos resultados permiten reclasificar los suelos tratados como materiales aptos para capas de subrasante, conforme a los parámetros establecidos por la normativa vigente del MTC.

De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 18 y la Figura 14, se evidencia una optimización sustancial en la capacidad portante (CBR) de la calicata C2. Con la incorporación de la enzima Terrasil, el CBR se incrementó progresivamente desde un valor base de 2.08% hasta alcanzar 12.00%, 17.80% y 25.50% según las dosificaciones aplicadas. Este incremento técnico permite reclasificar el suelo de una categoría 'insuficiente' a un material 'excelente' para su uso como subrasante.

Finalmente, según se detalla en la Tabla 19 y la Figura 15, los resultados de la calicata C3 demuestran un incremento progresivo en la capacidad de soporte (CBR) tras la aplicación de la enzima. El valor de CBR en estado natural de 3.50% se elevó sustancialmente a 7.50%, 14.50% y 21.50% al emplear dosificaciones de 0.30 lt/m³, 0.50 lt/m³ y 1.00 lt/m³ de Terrasil, respectivamente. Este comportamiento ratifica la eficacia del estabilizador en la mejora de las propiedades mecánicas de la subrasante

4.1.3. Espesor de afirmado con subrasante tratada

Al analizar los resultados obtenidos mediante el método NAASRA, se observa que el espesor del afirmado es inversamente proporcional a la capacidad de soporte (CBR) de la subrasante. Para un número de repeticiones de EE de 87,991.01, los cálculos matemáticos para la subrasante en estado natural (CBR al 95% de la MDS) arrojaron espesores que oscilan entre 35 cm.

De la Tabla 20 , en condiciones naturales y considerando el CBR al 95% de la MDS, el cálculo estructural para una construcción convencional determinó un espesor de afirmado de 35 cm. Este valor refleja la necesidad de una capa granular robusta para compensar la baja resistencia del suelo original y garantizar la estabilidad de la vía. Sin embargo, en la Tabla 21, Con la aplicación de una dosificación inicial de 0.30 lt/m³ de Terrasil, la mejora en las propiedades mecánicas del suelo permitió optimizar el diseño, reduciendo el espesor necesario a 20 cm. Esta variación representa una disminución de 15 cm respecto al método tradicional, validando la eficiencia inmediata del aditivo.

Finalmente, como se detalla en la Tabla 22 , al incrementar la dosificación a 0.50 lt/m³ de Terrasil, se alcanzó el punto de mayor eficiencia técnica, obteniendo un espesor de afirmado de tan solo 15 cm. Es importante precisar que este valor corresponde al espesor mínimo

constructivo recomendado por las normas técnicas, lo que indica que el suelo ha alcanzado una competencia estructural superior.

Como criterio fundamental de esta investigación, se determina que en la práctica de ingeniería vial y bajo los lineamientos del Manual de Carreteras del MTC (Suelos y Pavimentos), el espesor mínimo constructivo para una capa de afirmado es de 15 cm. Por lo tanto, aunque la estabilización química con Terrasil con la dosificación de 1.00 lt/m³ permitiría técnicamente espesores menores, se adopta el valor de 15 cm como espesor de diseño final para garantizar la integridad estructural ante el desgaste por tráfico y factores climáticos.

4.1.4. Presupuesto de carretera a nivel de afirmado

La discusión sobre la eficiencia económica y técnica es clara al comparar ambas alternativas. El sistema convencional como se detalla en la Tabla 23, requiere un espesor de afirmado de 35 cm y una capa de mejoramiento con material Over de 3,742.00 m³, para alcanzar la estabilidad necesaria. Esto eleva el costo directo del proyecto a S/. 561,827.51.

Por otro lado, la propuesta estabilizada con Terrasil, según la Tabla 24 se optimiza el uso de materiales de cantera, reduciendo el volumen de afirmado de 4,241.16 m³ a 2,423.00 m³, esto se traduce en un costo directo de S/. 399,956.08, representando un ahorro aproximado del 28.8% respecto al método tradicional. Estos resultados concuerdan con investigaciones previas sobre nanotecnología en suelos, donde la impermeabilización y mejora de la fricción interna provista por el aditivo permite reducir volúmenes de movimiento de tierras y transporte sin comprometer la transitabilidad.

4.2.CONSTATACIÓN DE LA HIPOTESIS

Estos hallazgos permiten validar la hipótesis general de la investigación, demostrando que la estabilización de la subrasante con Terrasil influye de manera directa y significativa en la optimización del diseño estructural y, por ende, en los costos de ejecución a nivel de afirmado. La influencia económica de la estabilización se manifiesta a través de una reducción sustancial en la inversión requerida. El costo total del proyecto mediante el sistema de construcción tradicional se estimó en S/. 775,659.06, mientras que, con la implementación de la subrasante estabilizada, el costo descendió a S/. 566,337.81. Esto representa un ahorro neto de S/.209,321.25, equivalente a una disminución del 28.8% del presupuesto total.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La mejora de las propiedades mecánicas del suelo al estabilizar con Terrasil permitió optimizar el diseño estructural, logrando una reducción del presupuesto total de S/. 775,659.06 a S/. 566,337.81, lo que representa un ahorro económico del 28.8% respecto al método de construcción tradicional.
- El suelo predominante en el tramo de estudio está conformado por arcillas de baja plasticidad (CL) y gravas arcillosas (GC), estas calicatas presentan una capacidad portante deficiente, con valores de CBR al 95% de la MDS entre 2.80% y 5.05%, clasificándolas como subrasantes de categoría "insuficiente" a "pobre", no aptas para soportar cargas de tránsito sin un espesor de afirmado considerable.
- La adición del aditivo Terrasil en proporciones de 0.30, 0.50 y 1.00 lt/m³ produjo un incremento significativo en el índice CBR de los suelos estudiados. En el suelo tipo GC, el CBR aumentó de 5.05% a 17.90%, y en los suelos CL, de 2.80% – 3.50% a 15.50%–17.90% al 95% de la densidad seca máxima, reclasificándolos como subrasantes de buena calidad.
- Se determinó que la dosificación óptima corresponde a 0.30 lt/m³, ya que genera mejoras notables sin incrementar significativamente los costos.
- El incremento del CBR impacta directamente en la reducción de los espesores del afirmado según el método de diseño empleado (NAASRA). El espesor de la capa granular se redujo de un diseño tradicional de 35 cm a un espesor optimizado de 15 cm con la dosificación de 0.50 lt/m³. Esta disminución del 57% en el espesor estructural es el factor técnico clave que genera la viabilidad del proyecto.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar investigación con la estabilización del Terrasil en dosificaciones de 1.50 lt/m³ y 2.00 lt//m³, y comparar los presupuestos de una vía sin tratamiento, considerando costos iniciales, beneficios a largo plazo y reducción en costos de mantenimiento para determinar la viabilidad económica del tratamiento.
- Se recomienda que futuros proyectos incluyan un análisis costo–beneficio más amplio, considerando los costos de mantenimiento y la vida útil del pavimento

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Canaria, A., & Martínez, A. (2020). Estudio De Estabilización De Material Para La Conformación De Afirmado En Terraplenes Del Municipio De La Primavera – Vichada, Mediante La Adición De Polímeros Sintéticos Ecológicos. [Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas]. In *Universidad Distrital Francisco Jose De Caldas*. <https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/cfb27f74-e218-45eb-a1f4-47a43e2cf803/content>
- CAPECO. (2020). *Costos y Presupuestos en Edificación*. Lima.
- Condori, C. (2018). *Análisis comparativo de la densidad y humedad de la subrasante natural y la subrasante utilizando producto Terrasil [Universidad Autonoma Juan Misael Saracho]*. Bolivia: Repositorio UAJMS.
- Dang, L. C., Khabbaz, H., & Ni, B. J. (2021). Improving engineering characteristics of expansive soils using industry waste as a sustainable application for reuse of bagasse ash. *Transportation Geotechnics*, 31(November), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2021.100637>
- Das, B. M. (2018). *Fundamentos de ingeniería geotécnica (5ta edición)*. México: Cengage Learning.
- Desmond, E., Egbe, E. A., Ukpata, J. O., & Etika, A. (2023). Sustainable subgrade improvement using limestone dust and sugarcane bagasse ash. *Sustainable Technology and Entrepreneurship*, 2(1), 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.stae.2022.100028>
- Flores, E., & Flores, A. (2020). Influencia de los aditivos con enzimas orgánicas terrasil y perma zyme para estabilización de la subrasante de una carretera no pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad [Universidad Privada del Norte]. In *Universidad privada del Norte*. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/25226>
- García-Ramírez, Y., et al. (2021). Análisis de costos entre estabilización suelo cemento y el mantenimiento periódico de vías rurales. *Revista Polo del Conocimiento*, 6(1), 804-821.
- Giongo, P. R., Barbosa de Moraes, K. C., Silva, M. V. da, Santos, A. J. M., Backes, C., Ribon, A. A., & Pandorfi, H. (2022). Chemical and granulometric characterization of soil and its influence on the bromatologic composition of pastures in savannah region, Central Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 114(March), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103703>

- Guerra, J. (2018). *Mecánica de Suelos Conceptos Básicos y Aplicación*. Madrid: Dextra Editorial.
- Gutiérrez, J., & Cerón, E. (2020). *Análisis de la optimización del suelo de la base con aditivo químico terrasil para el diseño de pavimentos industriales del almacén de concentrados mineros – almacenes logisminsa , Ventanilla – Callao* [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/652276/Gutiérrez_RJ.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Hidalgo, M. (2020). Estabilización de suelos con aditivo Terrasil para el mejoramiento de carretera afirmada Patapampa – Apissi, distrito de Arapa, Azángaro 2022 [Universidad Cesar Vallejo]. In *Universidad Cesar Vallejo*. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/107033/Hidalgo_BM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ibáñez, W. (2017). *Costos y Presupuestos de Edificaciones*. Lima: Macro.
- Juarez Badillo, E., & Rico Rodriguez, A. (2010). *Mecánica de suelos (Vol. 1)*. México: Limusa.
- Mandol, S., Bhuyan, M. S., Islam, M. N., Altrin, J. A., Al-Imran, M., Islam, M. T., Senapathi, V., Ranganathan, P. C., Sekar, S., Biswas, R. N., Islam, M. S., Gopalakrishnan, G., & Karthikeyan, S. (2023). Granulometric and geomorphological characteristics of Rezu Khal canal, Bangladesh: Inferences for sustainable ecosystem and management. *Acta Ecologica Sinica*, 43(1), 209–222. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2022.10.001>
- Moayedian, S., & Hejazi, M. (2024). Estimating the modulus of elasticity and the compressive strength of brick, mortar and masonry at different scales. *Structures*, 61(March), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2024.106116>
- MTC. (2014). *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima, Perú.
- Optimasoil. (2020). *Estabilización de Suelos terrasil plus*. <https://doi.org/10.59072/rper.vi28.329>
- Padavala, S. S. A. B., Dey, S., Veerendra, G. T. N., & Phani Manoj, A. V. (2024). Experimental study on concrete by partial replacement of cement with fly ash and coarse aggregates with palm kernel shells (Pks) and with addition of hybrid fibers. *Chemistry of Inorganic Materials*, 2(April), 100033. <https://doi.org/10.1016/j.cinorg.2024.100033>

- Paye, M., & Miranda, N. (2022). *Estabilización de suelos lateríticos de subrasante, utilizando el producto químico biodegradable “Terrasil” en el tramo carretero Rurrenabaque - Riberalta [Tesis de Grado, Universidad Mayor de San Andres]*. La Paz, Bolivia: Repositorio Institucional UMSA.
- Pineda, M. A., & Loayza, R. F. (2020). Evaluación de la estabilización de la subrasante mediante el uso del aditivo nanotecnológico Terrasil en la vía rural de la parroquia San Juan, Ecuador [Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio ESPOCH.
- Pohl, A., Tytła, M., Kernert, J., & Bodzek, M. (2022). Plastics-derived and heavy metals contaminants in the granulometric fractions of bottom sediments of anthropogenic water reservoir – comprehensive analysis. *Desalination and Water Treatment*, 258(May), 207–222. <https://doi.org/10.5004/dwt.2022.28459>
- Poletto, J. C., Neis, P. D., Fauconnier, D., Ramalho, A., De Baets, P., & Ferreira, N. F. (2024). A systematic investigation of grooving and rolling abrasive mechanisms using surface topography. *Wear*, 548–549(June), 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2024.205389>
- Quito, A. (2020). Influencia del uso del aditivo Terrasil en la estabilización del Camino Vecinal San Nicolás - Huaraz - Ancash – 2023 [Universidad Cesar Vallejo]. In *Universidad Cesar Vallejo*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/151202>
- Rodriguez, C., Ortiz, C., Guzman, D., & Diaz, M. (2023). Estabilización de suelo mediante adición de ceniza de caña de azúcar en la vía Jerusalén – Guataqui, Cundinamarca, Colombia. *Universidad Piloto de Colombia*. <https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/3980>
- Rodriguez, W. (2023). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica: Suelos y Cimentaciones*. Lima.
- Tanyıldızı, M., Uz, V., & Gökalp, İ. (2023). Utilization of waste materials in the stabilization of expansive pavement subgrade: An extensive review. *Construction and Building Materials*, 398(September), 22–27. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132435>
- Zeng, B., Zhang, Z., Yang, S., Mo, L., & Jin, F. (2023). Alkanolamines-activated steel slag for stabilization/solidification of heavy metal contaminated soil. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 11(3), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.110301>

ANEXOS

ANEXO A. ENSAYO DE LABORATORIO

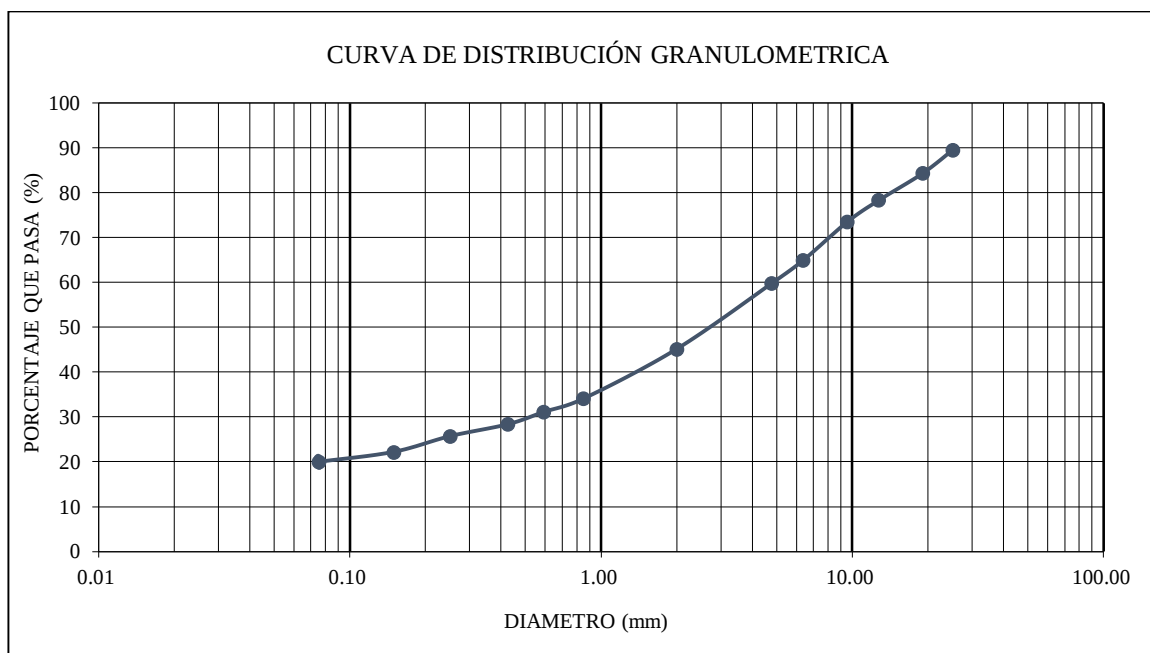
Ensayo de contenido de humedad – Calicata N° 01 – Muestra 01

Título :	CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E 108)		
Descripción :	Calicata 1 – Muestra 01		
Muestra :	1	2	3
W (tara + M. Húmeda) gr	435.00	416.50	375.00
W (tara + M Seca) gr	392.90	376.30	338.40
W agua (gr)	42.10	40.20	36.60
W tara (gr)	41.00	40.00	33.00
W Muestra Seca (gr)	351.90	336.30	305.40
W(%)	11.96%	11.95%	11.98%
W (%) Promedio :	11.97%		

Ensayo de análisis granulométrico – Calicata N° 01 – Muestra 01

Título :	ANALISIS GRANULOMETRICO (ASTM D-421)
Descripción :	Calicata 01 – Muestra 01

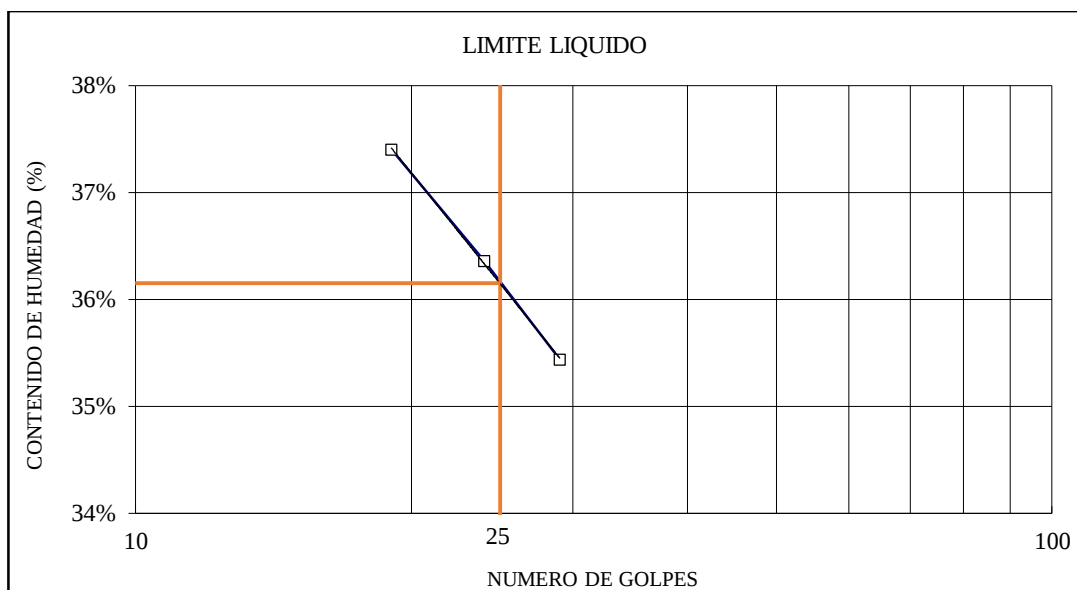
FRACCION GRUESA	TAMIZ		Peso retenido parcial (g)	Peso retenido corregido (g)	Porcentaje retenido parcial (%)	Porcentaje retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
	Nº	Abertura (mm)							
	2"	50.00						PESO DEL MATERIAL	
	1 ½"	37.50							
	1"	25.00	221.00	221.00	10.40	10.40	89.60	Peso inicial (gr) :	2125.00
	3/4"	19.05	110.00	110.00	5.18	15.58	84.42	P. Muestra > Nº4	855.00
	1/2"	12.70	129.00	129.00	6.07	21.65	78.35	P. Muestra < Nº4	1270.00
	3/8"	9.53	102.00	102.00	4.80	26.45	73.55	Peso Fracción Fino (gr) :	500.00
	1/4"	6.35	183.00	183.00	8.61	35.06	64.94		
	Nº4	4.75	110.00	110.00	5.18	40.24	59.76	CLASIFICACION AASHTO	
FRACCION FINA	Nº 10	2.00	121.90	309.63	14.57	54.81	45.19		
	Nº 20	0.85	92.90	235.97	11.10	65.91	34.09	A-2-6 (1)	
	Nº 30	0.59	25.00	63.50	2.99	68.90	31.10		
	Nº 40	0.43	22.90	58.17	2.74	71.64	28.36	CLASIFICACIÓN SUCS	
	Nº 60	0.25	22.30	56.64	2.67	74.30	25.70		
	Nº 100	0.15	29.40	74.68	3.51	77.82	22.18	GC	
	Nº 200	0.08	18.60	47.24	2.22	80.04	19.96		
	CAZOLETA	-,	167.00	424.18	19.96	100.00	0.00	Gravas arcillosas , mezcla gravo-areno-arcillosas	
TOTAL			2125.00						



Ensayo de Limites de Atterberg – Calicata N° 01 – Muestra 01

Titulo :	LIMITE LIQUIDO (MTC E-110/ NTP 339.129 / ASTM D-4318)		
Descripción:	Calicata 1 - Muestra 1		
Ensayo N°	1	2	3
Recipiente N°	T-1	T-2	T-3
Peso de tara + peso suelo húmedo (gr)	48.74	45.40	41.14
Peso de tara + peso suelo seco (gr)	42.74	40.40	37.10
Peso Recipiente (gr)	26.70	26.65	25.70
Peso del agua (gr)	6.00	5.00	4.04
Peso suelo seco (gr)	16.04	13.75	11.40
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	37.41	36.36	35.44
N° DE GOLPES	19	24	29

Titulo :	LIMITE PLASTICO (MTC E- 111 / NTP 339.129 / ASTM D-4318)		
Descripción:	Calicata 1 - Muestra 1		
Recipiente N°	T-4	T-5	Promedio
Peso de tara + suelo húmedo (gr)	35.51	36.22	
Peso de tara + suelo seco (gr)	33.83	34.58	
Peso del agua (gr)	1.68	1.64	
Peso de tara (gr)	26.14	26.95	
Peso suelo seco (gr)	7.69	7.63	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	21.85%	21.49%	22.00 %



LIMITE LIQUIDO % :	36.00
LIMITE PLASTICO % :	22.00
INDICE DE PLASTICIDAD :	14.00

Ensayo de Gravedad especifica de solidos - Calicata N°01 - Muestra 01- muestra patrón

Titulo :	GRAVEDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS DE SUELO (MTC E 113 / ASTM D-854)		
Descripción:	Calicata 1 - Muestra 1		
Ensayo N°	1	2	Promedio
N° de Fiola	F-1	F-2	
Masa de Fiola (mf), g	165.20	165.20	
Masa de suelo seco (ms), g	100.00	101.30	
mf + agua destilada, g	664.80	664.20	
mf + ms + agua destilada	727.53	727.80	
Temperatura agua	29.90	29.90	
Coeficiente de corrección a 20°C (K)	0.99747	0.99747	
Peso específico de sólidos	2.68	2.69	2.685
Gravedad especifica de sólidos (Gs)	2.68	2.68	2.678

Peso específico del agregado grueso - Calicata N°01 - Muestra 01- muestra patrón

Título :	ENSAYO DE PESO ESPECIFICO (MTC E 106 / ASTM C-127)		
Descripción:	Calicata 1 - Muestra 1		
Ensayo N°	1	2	PROMEDIO
Peso de la muestra saturada con superficie seca	2150	2175	
Peso de la muestra sumergida en agua	1359.6	1375.8	
peso de la muestra secada al horno	2128.5	2154	
Peso específico de masa	2.69	2.70	
Pesos específico de masa (SSS)	2.72	2.72	2.72
Peso específico aparente	2.77	2.77	2.77

Fórmula del Peso Específico Promedio

$$G_{sp} = \frac{100}{\left(\frac{\%Grueso}{G_{sg}}\right) + \left(\frac{\%Fino}{G_{sf}}\right)}$$

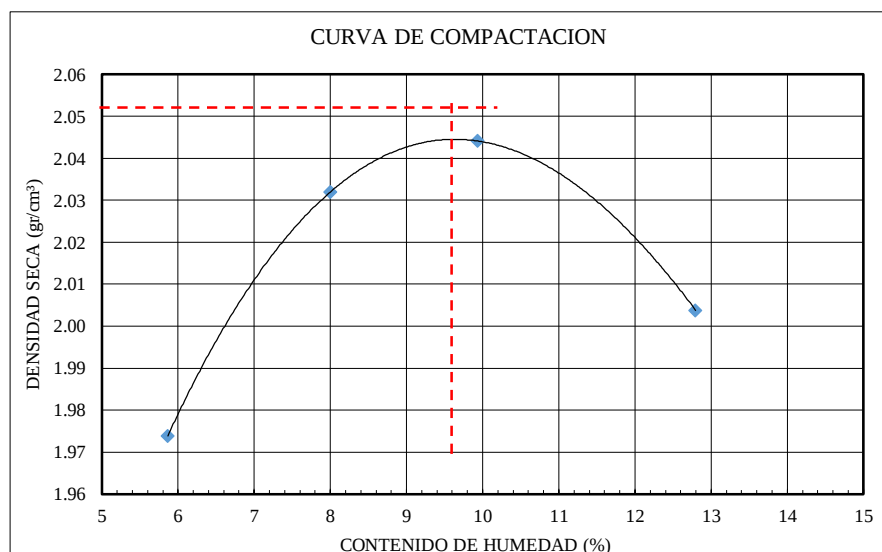
Cálculo Paso a Paso:

1. División del grueso: $40.24 / 2.720 = 14.794$
2. División del fino: $59.76 / 2.684 = 22.265$
3. Suma de denominadores: $14.794 + 22.265 = 37.059$
4. Resultado final: $100 / 37.059$
5. Valor final: 2.70

Ensayo de Próctor Modificado - Calicata N°01 - Muestra 01- muestra patrón

Título :	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (MTC E-115/ ASTM D1557 D698)	Diámetro del molde	6"
Descripción :	Calicata 1 - Muestra Patrón (GC)	Método de ensayo	C

DENSIDAD	NUMERO DE ENSAYO	1		2		3		4	
	N° de Capas	5		5		5		5	
	N° de Golpes por Capa	56		56		56		56	
	Peso Húmedo+ Molde (gr)	11347.00		11566.00		11676.00		11703.00	
	Peso Molde (gr)	6986.00		6986.00		6986.00		6986.00	
	Peso Húmedo (gr)	4361.00		4580.00		4690.00		4717.00	
	Volumen del Molde (cm³)	2087.00		2087.00		2087.00		2087.00	
	Densidad Húmeda (gr/cm³)	2.09		2.19		2.25		2.26	
HUMEDAD	Ensayo	1		2		3		4	
	Peso Húmedo + Tara (gr)	117.20	117.00	111.90	108.20	142.00	135.00	124.00	138.20
	Peso Seco + Tara (gr)	112.00	111.70	105.20	101.90	131.50	124.90	112.80	126.80
	Peso Agua (gr)	5.20	5.30	6.70	6.30	10.50	10.10	11.20	11.40
	Peso Tara (gr)	21.40	23.20	21.50	23.10	25.60	23.50	25.00	38.00
	Peso Muestra Seca (gr)	90.60	88.50	83.70	78.80	105.90	101.40	87.80	88.80
	Contenido de Humedad (%)	5.74	5.99	8.00	7.99	9.92	9.96	12.76	12.84
	C. Humedad (%) promedio	5.86		8.00		9.94		12.80	
	DENSIDAD SECA (cm³)	1.97		2.03		2.04		2.00	



DENSIDAD SECA MAXIMA:	2.045
C. HUMEDAD OPTIMO :	9.60%

Ensayo CBR - Calicata N°01- Muestra 01- muestra patrón

Título :	ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) ASTM D-4429
Descripción :	Calicata 1 – Muestra 01 (GC)

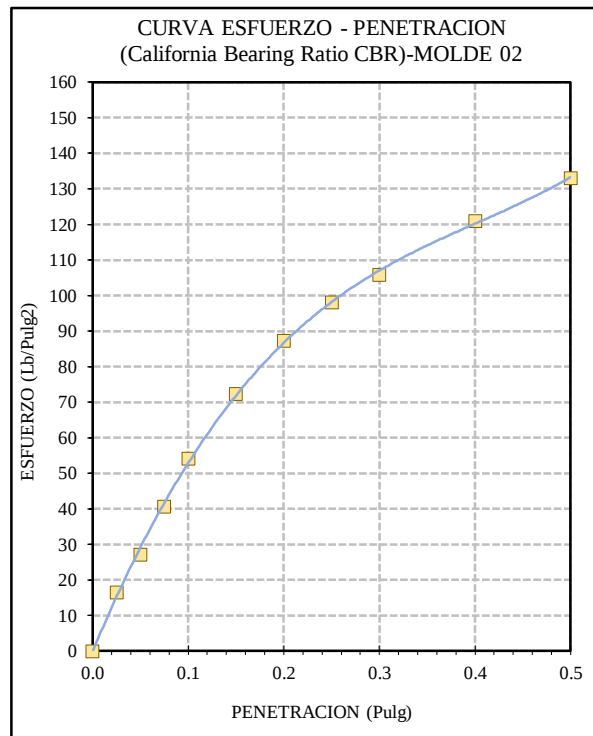
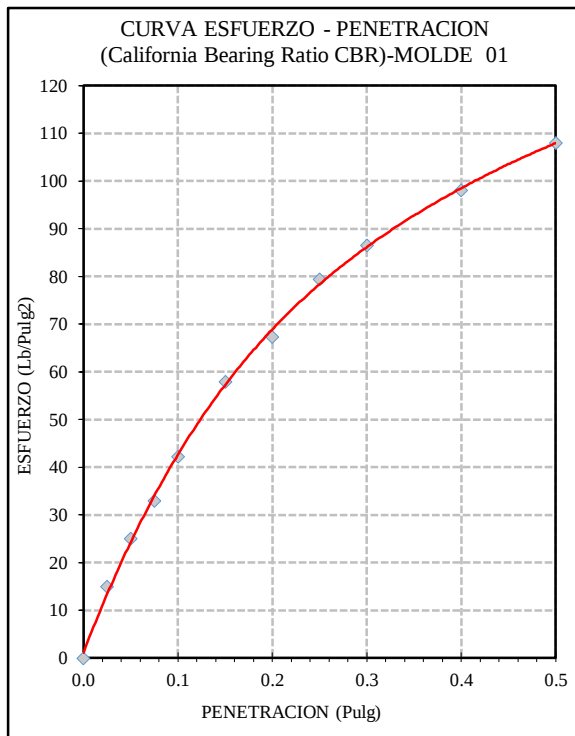
COMPACTACION C B R									
NUMERO MOLDE	1			2			3		
Nº Capas	5			5			5		
NºGolpes x Capa	13			27			56		
Condición de Muestra	NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO	
P. Húmedo + Molde (gr)	8068.00	8365.00		8660.00	8942.0		9720.00	10240.00	
Peso Molde (gr)	3768.00	3768.00		4158.00	4158.0		5022.00	5022.00	
Peso Húmedo (gr)	4300.00	4597.00		4502.00	4784.0		4698.00	5218.00	
Volumen del Molde (cm³)	2132.60	2132.60		2104.90	2104.90		2123.00	2123.00	
Densidad Húmeda (gr/cm³)	2.02	2.16		2.14	2.273		2.21	2.46	
CONTENIDO DE HUMEDAD									
Número de Ensayo	1	2	3	1	2	3	1	2	3
P. Húmedo + Tara (gr)	102.60	104.50	117.80	133.90	129.40	132.80	101.20	108.30	116.60
Peso Seco + Tara (gr)	94.30	96.20	104.20	123.70	119.40	116.90	93.70	100.80	100.60
Peso Agua (gr)	8.30	8.30	13.60	10.20	10.00	15.90	7.50	7.50	16.00
Peso Tara (gr)	18.40	20.10	19.40	21.70	19.90	18.70	19.40	20.40	18.40
P. Muestra Seca (gr)	75.90	76.10	84.80	102.00	99.50	98.20	74.30	80.40	82.20
C. Humedad (%)	10.94 %	10.91 %	16.04%	10.00%	10.05%	16.19%	10.09%	9.33%	19.46%
C. Humedad Promedio (%)	10.92%		16.04%	10.03%		16.19%	9.71%		19.46%
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.818		1.858	1.944		1.956	2.010		2.057

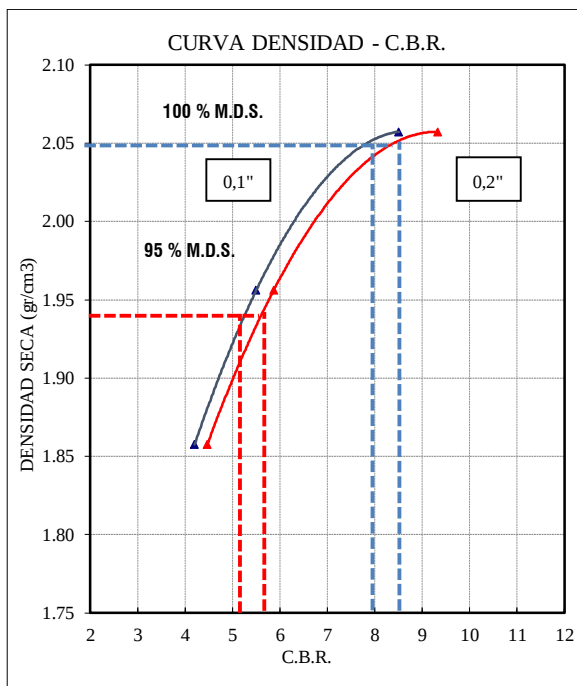
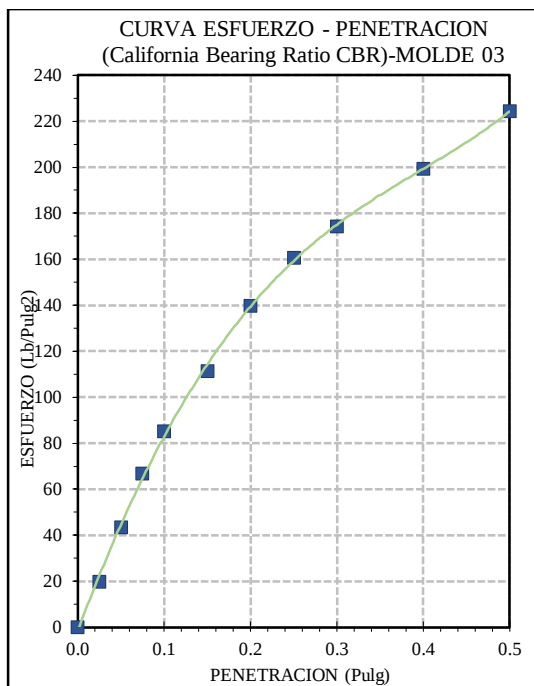
Ensayo CBR - Calicata N°01- Muestra 01 - muestra patrón

ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE N° 1			NUMERO DE MOLDE N° 2			NUMERO DE MOLDE N° 3		
		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
(Hs)	(Días)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	13.050	0.000	0.000	15.270	0.000	0.000	6.280	0.000	0.000
24	1	14.190	1.140	0.980	16.180	0.910	0.782	7.330	1.050	0.903
48	2	14.200	1.150	0.989	16.380	1.110	0.954	7.600	1.320	1.135
72	3	14.220	1.170	1.006	16.400	1.130	0.972	7.610	1.330	1.144
96	4	14.250	1.200	1.032	16.420	1.150	0.989	7.650	1.370	1.178

Ensayo CBR - Calicata N°01- Muestra 01 - muestra patrón

ENSAYO CARGA - PENETRACION										
PENETRACION		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
(mm)	(pulg)	CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO	
			(Kg/cm²)	(Lb/pulg²)		(Kg/cm²)	(Lb/pulg²)		(Kg/cm²)	(Lb/pulg²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00
0.635	0.025	21.40	1.06	15.02	23.50	1.16	16.49	28.20	1.391	19.79
1.270	0.050	35.70	1.76	25.05	38.70	1.91	27.16	61.80	3.047	43.37
1.905	0.075	46.90	2.31	32.91	58.00	2.86	40.70	95.40	4.704	66.95
2.540	0.100	60.20	2.97	42.25	77.20	3.81	54.17	121.20	5.976	85.05
3.810	0.150	82.60	4.07	57.96	103.00	5.08	72.28	158.60	7.821	111.30
5.080	0.200	96.00	4.73	67.37	124.40	6.13	87.30	199.10	9.818	139.72
6.350	0.250	113.20	5.58	79.44	139.70	6.89	98.03	228.80	11.282	160.56
7.620	0.300	123.40	6.08	86.60	150.90	7.44	105.89	248.40	12.249	174.31
10.160	0.400	139.70	6.89	98.03	172.30	8.50	120.91	284.20	14.014	199.44
12.700	0.500	154.00	7.59	108.07	189.70	9.35	133.12	319.60	15.759	224.28





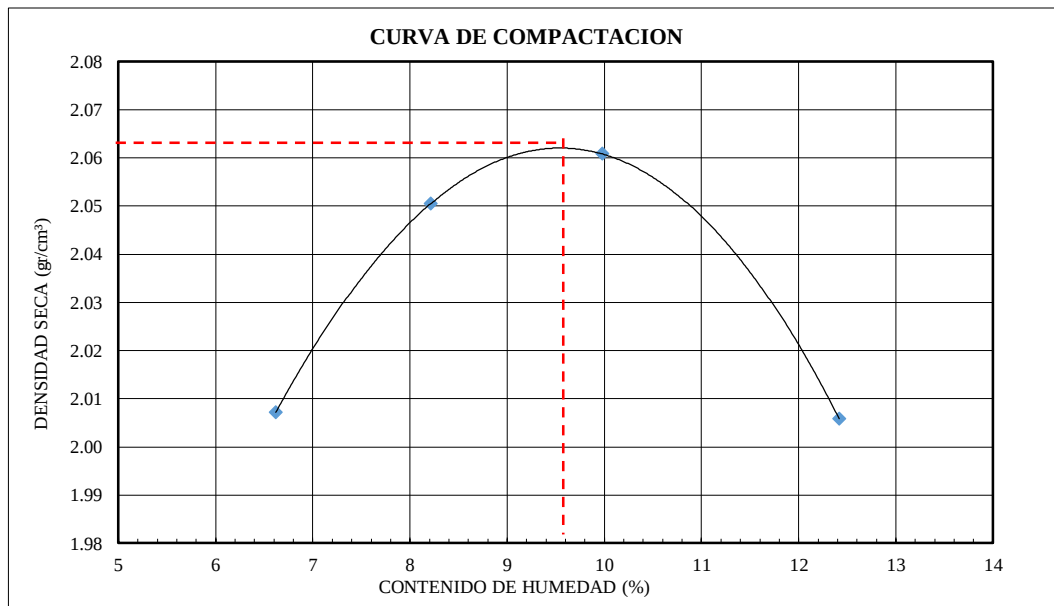
DESCRIPCIÓN	DENSIDAD SECA (gr/cm3)	PRESION APLICADA (0.1") (Lb/pulg2)	CBR (0.1")	PRESION APLICADA (0.2") (Lb/pulg2)	CBR (0.2")
MOLDE 01	1.86	42.00	4.20	67.00	4.47
MOLDE 02	1.96	55.00	5.50	88.00	5.87
MOLDE 03	2.06	85.00	8.50	140.00	9.33

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (A.S.T.M. D 1557)		VALOR C.B.R. (A.S.T.M. D 1883)	
DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm3)	2.05	C.B.R. para el 100% de la M.D.S. a 0.1" =	8.00%
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMO (%)	9.60%	C.B.R. para el 95% de la M.D.S. a 0.1" =	5.05%

Ensayo de Próctor modificado– Calicata N°01 –muestra 01 – 0.30 lt/m³ de Terrasil

Título :	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (MTC E-115/ ASTM D1557 D698)	Diámetro del molde	6"
Descripción :	Calicata 1 - Muestra 01 (GC) + 0.30 lt/m ³ de Terrasil	Método de ensayo	C

DENSIDAD	NUMERO DE ENSAYO	1		2		3		4	
	N° de Capas	5		5		5		5	
	N° de Golpes por Capa	56		56		56		56	
	Peso Húmedo+ Molde (gr)	11452.00		11617.00		11716.00		11692.00	
	Peso Molde (gr)	6986.00		6986.00		6986.00		6986.00	
	Peso Húmedo (gr)	4466.00		4631.00		4730.00		4706.00	
	Volumen del Molde (cm ³)	2087.00		2087.00		2087.00		2087.00	
	Densidad Húmeda (gr/cm ³)	2.14		2.22		2.27		2.25	
HUMEDAD	Ensayo	1		2		3		4	
	Peso Húmedo + Tara (gr)	123.50	117.20	122.70	108.20	126.70	142.20	124.20	138.20
	Peso Seco + Tara (gr)	117.00	110.80	114.40	101.90	116.30	131.80	112.20	125.30
	Peso Agua (gr)	6.50	6.40	8.30	6.30	10.40	10.40	12.00	12.90
	Peso Tara (gr)	18.20	14.60	17.60	21.70	18.10	20.70	17.90	18.80
	Peso Muestra Seca (gr)	98.80	96.20	96.80	80.20	98.20	111.10	94.30	106.50
	Contenido de Humedad (%)	6.58	6.65	8.57	7.86	10.59	9.36	12.73	12.11
	C. Humedad (%) promedio	6.62		8.21		9.98		12.42	
	DENSIDAD SECA (gr/cm³)	2.01		2.05		2.06		2.01	



DENSIDAD SECA MAXIMA:	2.061
C. HUMEDAD OPTIMO :	9.60%

Ensayo de CBR – Calicata N°01- Muestra 01– 0.30 lt/m3 de Terrasil

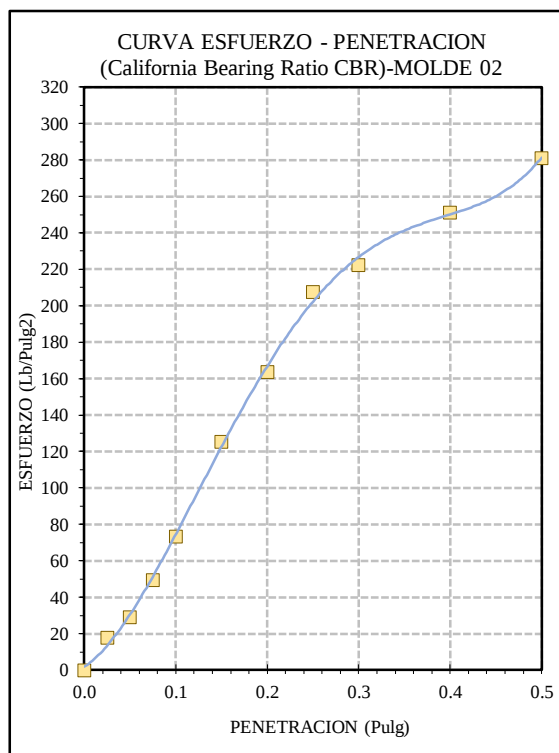
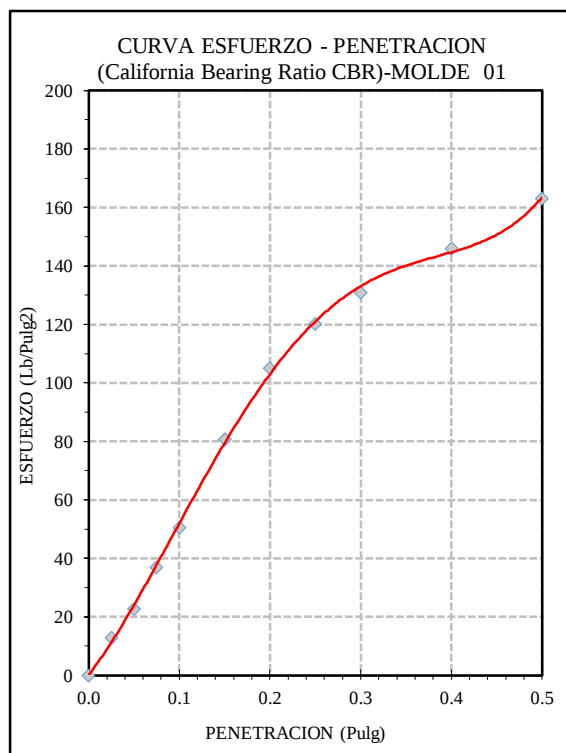
Título :	ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) - ASTM D 4429
Descripción :	Calicata 1 – Muestra 01 (GC) + 0.30 lt/m3 de Terrasil

COMPACTACION C B R									
NUMERO MOLDE	1			2			3		
N° Capas	5			5			5		
N°Golpes x Capa	13			27			56		
Condición de Muestra	NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO	
P. Húmedo + Molde (gr)	9207.0	9576.0		9414.0	9715.0		9680.0	10094.0	
Peso Molde (gr)	4880.0	4880.0		4964.0	4964.0		4980.0	4980.0	
Peso Húmedo (gr)	4327.0	4696.0		4450.0	4751.0		4700.0	5084.0	
Volumen del Molde (cm³)	2104.90	2104.90		2086.80	2086.80		2123.00	2123.00	
Densidad Húmeda (gr/cm³)	2.056	2.231		2.132	2.277		2.214	2.395	
CONTENIDO DE HUMEDAD									
Número de Ensayo	1	2	3	1	2	3	1	2	3
P. Húmedo + Tara (gr)	139.90	119.20	125.60	120.80	128.60	116.00	118.80	124.30	110.10
Peso Seco + Tara (gr)	128.30	109.40	108.40	110.10	117.30	100.90	109.00	114.50	97.40
Peso Agua (gr)	11.60	9.80	17.20	10.70	11.30	15.10	9.80	9.80	12.70
Peso Tara (gr)	22.00	19.80	21.90	19.00	21.10	21.50	17.60	23.50	18.10
P. Muestra Seca (gr)	106.30	89.60	86.50	91.10	96.20	79.40	91.40	91.00	79.30
C. Humedad (%)	10.91%	10.94%	19.88%	11.75%	11.75%	19.02%	10.72%	10.77%	16.02%
C. Humedad Promedio (%)	10.93%		19.88%	11.75%		19.02%	10.75%		16.02%
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.853		1.861	1.908		1.913	1.999		2.076

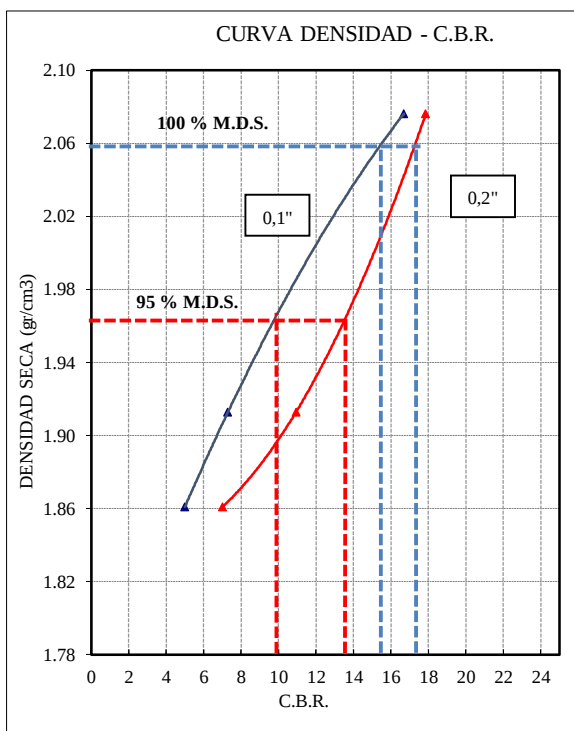
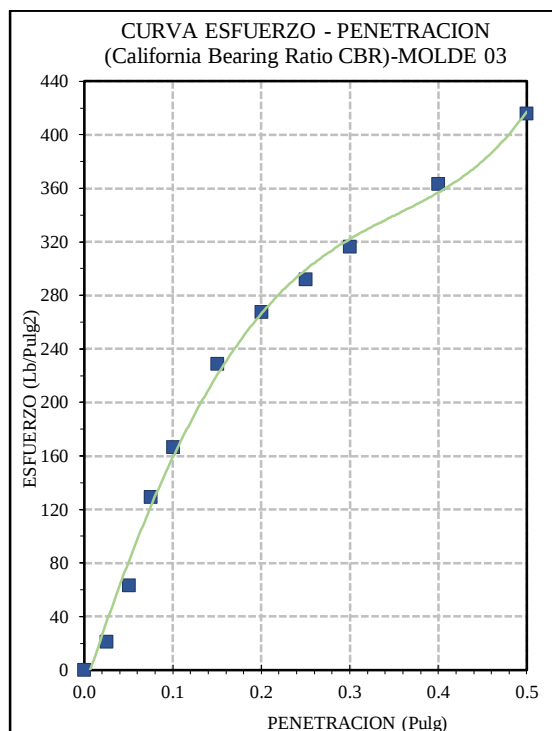
ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE N° 1			NUMERO DE MOLDE N° 2			NUMERO DE MOLDE N° 3		
		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
(Hs)	(Días)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	3.800	0.000	0.000	4.650	0.000	0.000	14.700	0.000	0.000
24	1	4.580	0.780	0.671	5.280	0.630	0.542	15.850	1.150	0.989
48	2	5.270	1.470	1.264	5.620	0.970	0.834	16.030	1.330	1.144
72	3	5.400	1.600	1.376	6.980	2.330	2.003	16.150	1.450	1.247
96	4	5.500	1.700	1.462	6.120	1.470	1.264	16.200	1.500	1.290

Ensayo de CBR – Calicata N°01- Muestra 01 – 0.30 lt/m3 de Terrasil

ENSAYO CARGA - PENETRACION										
PENETRACION		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
(mm)	(pulg)	CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO	
			(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00
0.635	0.025	18.40	0.91	12.91	25.50	1.26	17.89	30.50	1.504	21.40
1.270	0.050	32.60	1.61	22.88	41.80	2.06	29.33	90.40	4.458	63.44
1.905	0.075	52.80	2.60	37.05	70.40	3.47	49.40	184.20	9.083	129.26
2.540	0.100	72.20	3.56	50.67	104.40	5.15	73.26	237.60	11.716	166.73
3.810	0.150	115.30	5.69	80.91	178.60	8.81	125.33	326.30	16.090	228.98
5.080	0.200	149.90	7.39	105.19	233.50	11.51	163.86	381.40	18.807	267.65
6.350	0.250	171.30	8.45	120.21	295.70	14.58	207.51	416.00	20.513	291.93
7.620	0.300	186.60	9.20	130.95	317.10	15.64	222.52	450.70	22.224	316.28
10.160	0.400	208.00	10.26	145.96	357.90	17.65	251.15	518.00	25.542	363.50
12.700	0.500	232.50	11.46	163.16	400.70	19.76	281.19	592.50	29.216	415.78



Ensayo de CBR – Calicata N°01- Muestra 01– 0.30 lt/m3 de Terrasil



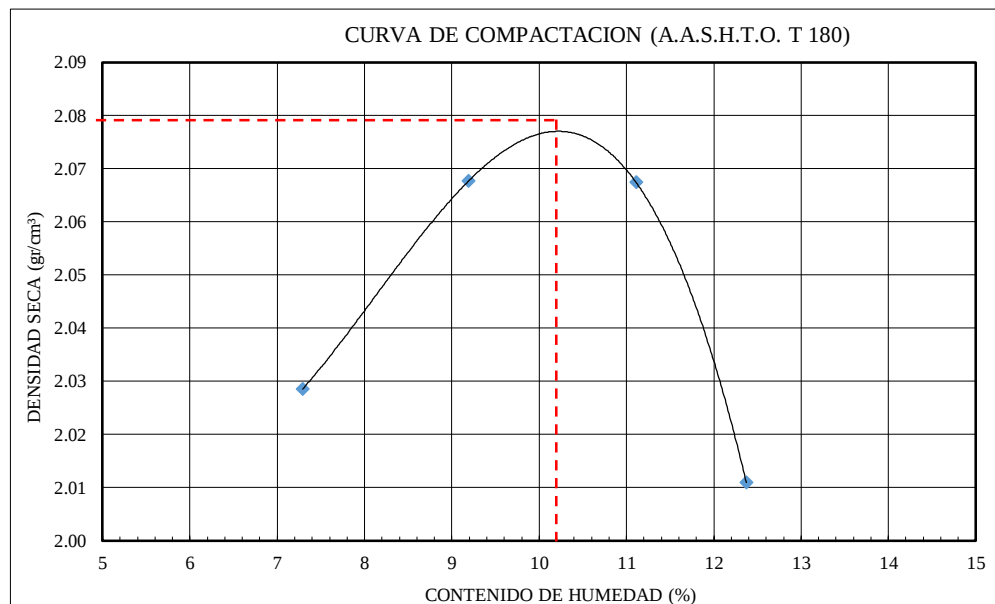
DESCRIPCIÓN	DENSIDAD SECA (gr/cm³)	PRESION APLICADA (0.1") (Lb/pulg²)	CBR (0.1")	PRESION APLICADA (0.2") (Lb/pulg²)	CBR (0.2")
MOLDE 01	1.86	50.00	5.00	105.00	7.00
MOLDE 02	1.91	73.00	7.30	164.00	10.93
MOLDE 03	2.08	167.00	16.70	268.00	17.87

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (A.S.T.M. D 1557)		VALOR C.B.R. (A.S.T.M. D 1883)	
DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm³)	2.06	C.B.R. para el 100% de la M.D.S. a 0.1 "	15.80%
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMO (%)	9.60%	C.B.R. para el 95% de la M.D.S. a 0.1 "	10.00%

Ensayo de Próctor modificado– Calicata N°01 - Muestra 01– 0.50 lt/m³ de Terrasil

Título :	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (MTC E-115/ ASTM D1557 D698)	Diámetro del molde	6"
Descripción :	Calicata 1 – Muestra 01 (GC) + 0.50 lt/m ³ Terrasil	Método de ensayo	C

DENSIDAD	NUMERO DE ENSAYO	1		2		3		4	
	N° de Capas	5		5		5		5	
	N° de Golpes por Capa	56		56		56		56	
	Peso Húmedo+ Molde (gr)	11528.00		11698.00		11780.00		11702.00	
	Peso Molde (gr)	6986.00		6986.00		6986.00		6986.00	
	Peso Húmedo (gr)	4542.00		4712.00		4794.00		4716.00	
	Volumen del Molde (cm ³)	2087.00		2087.00		2087.00		2087.00	
	Densidad Húmeda (gr/cm ³)	2.18		2.26		2.30		2.26	
HUMEDAD	Ensayo	1		2		3		4	
	Peso Húmedo + Tara (gr)	124.50	125.50	112.40	113.50	133.00	135.90	122.50	124.20
	Peso Seco + Tara (gr)	117.00	118.50	104.80	105.60	121.90	124.40	111.20	112.20
	Peso Agua (gr)	7.50	7.00	7.60	7.90	11.10	11.50	11.30	12.00
	Peso Tara (gr)	18.20	18.30	20.50	21.30	21.40	21.50	17.20	17.90
	Peso Muestra Seca (gr)	98.80	100.20	84.30	84.30	100.50	102.90	94.00	94.30
	Contenido de Humedad (%)	7.59	6.99	9.03	9.37	11.04	11.18	12.02	12.73
	C. Humedad (%) promedio	7.29		9.19		11.11		12.37	
	DENSIDAD SECA (gr/cm³)	2.03		2.07		2.07		2.01	



DENSIDAD SECA MAXIMA:	2.078
C. HUMEDAD OPTIMO :	10.20%

Ensayo de CBR – Calicata N°01- Muestra 01– 0.50 lt/m3 de Terrasil

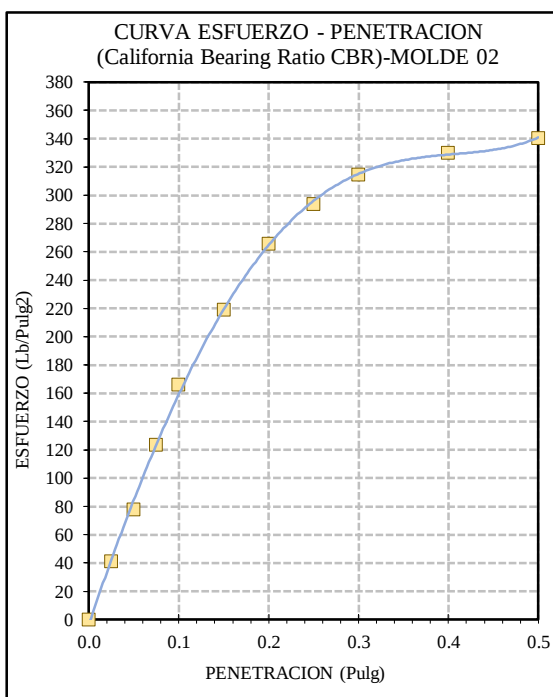
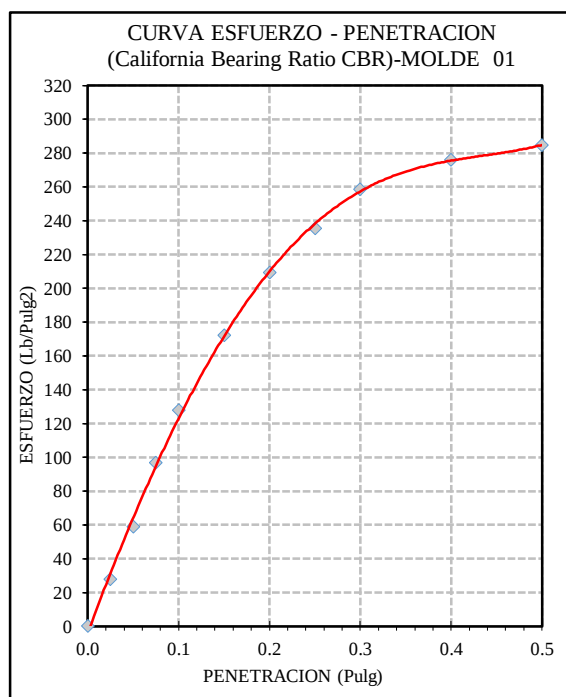
Título :	ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) - ASTM D 4429
Descripción :	Calicata 1 – Muestra 01 (GC) + 0.50 lt/m3 Terrasil

COMPACTACION C B R									
NUMERO MOLDE	1			2			3		
Nº Capas	5			5			5		
NºGolpes x Capa	13			27			56		
Condición de Muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	SATURADO
P. Húmedo + Molde (gr)	8146.0	8385.0	8759.0	8912.0	9825.0	9996.0			
Peso Molde (gr)	3768.0	3768.0	4158.0	4158.0	5022.0	5022.0			
Peso Húmedo (gr)	4378.0	4617.0	4601.0	4754.0	4803.0	4974.0			
Volumen del Molde (cm³)	2123.40	2123.40	2123.40	2123.40	2104.90	2104.90			
Densidad Húmeda (gr/cm³)	2.062	2.174	2.167	2.239	2.282	2.363			
CONTENIDO DE HUMEDAD									
Número de Ensayo	1	2	3	1	2	3	1	2	3
P. Húmedo + Tara (gr)	136.50	138.00	113.20	132.60	131.50	128.10	133.80	134.90	111.60
Peso Seco + Tara (gr)	126.60	128.50	101.10	123.70	122.50	117.50	125.20	126.80	103.30
Peso Agua (gr)	9.90	9.50	12.10	8.90	9.00	10.60	8.60	8.10	8.30
Peso Tara (gr)	21.10	22.10	19.60	23.10	21.30	26.20	23.10	23.60	24.80
P. Muestra Seca (gr)	105.50	106.40	81.50	100.60	101.20	91.30	102.10	103.20	78.50
C. Humedad (%)	9.38%	8.93%	14.85%	8.85%	8.89%	11.61%	8.42%	7.85%	10.57%
C. Humedad Promedio (%)	9.16%		14.85%	8.87%		11.61%	8.14%		10.57%
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.885		1.893	1.991		2.006	2.105		2.137

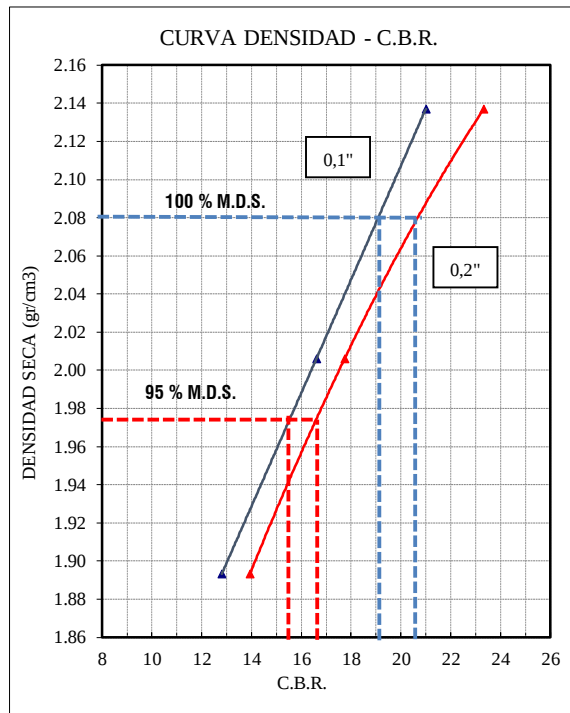
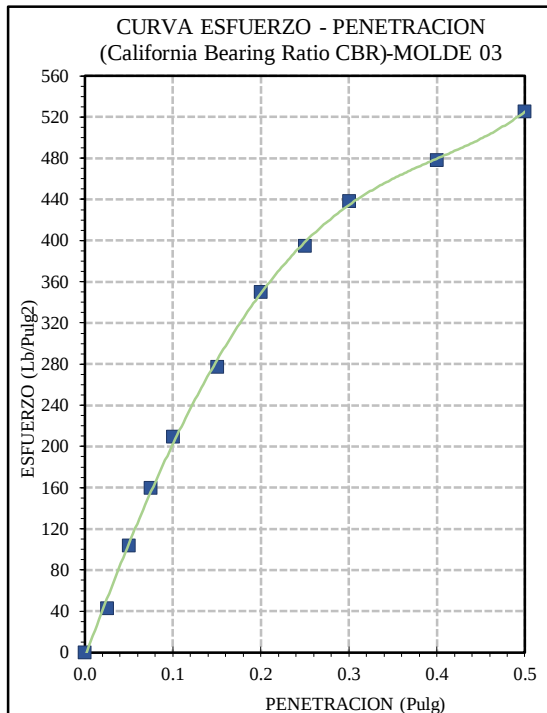
ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE Nº 1			NUMERO DE MOLDE Nº 2			NUMERO DE MOLDE Nº 3		
		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
(Hs)	(Días)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	3.200	0.000	0.000	4.320	0.000	0.000	13.200	0.000	0.000
24	1	3.920	0.720	0.619	4.740	0.420	0.361	13.580	0.380	0.327
48	2	4.200	1.000	0.860	5.200	0.880	0.757	14.100	0.900	0.774
72	3	4.300	1.100	0.946	5.480	1.160	0.997	14.360	1.160	0.997
96	4	4.520	1.320	1.135	5.720	1.400	1.204	14.680	1.480	1.273

Ensayo de CBR – Calicata N°01- Muestra 01– 0.50 lt/m3 de Terrasil

ENSAYO CARGA - PENETRACION										
PENETRACION		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
(mm)	(pulg)	CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO	
			(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00
0.635	0.025	39.40	1.94	27.65	58.70	2.89	41.19	60.80	2.998	42.67
1.270	0.050	84.10	4.15	59.02	110.80	5.46	77.75	148.40	7.318	104.14
1.905	0.075	138.10	6.81	96.91	175.70	8.66	123.30	227.60	11.223	159.72
2.540	0.100	182.00	8.97	127.72	236.60	11.67	166.03	298.80	14.734	209.68
3.810	0.150	245.40	12.10	172.21	312.30	15.40	219.15	395.60	19.507	277.61
5.080	0.200	298.30	14.71	209.33	378.40	18.66	265.54	498.50	24.581	349.82
6.350	0.250	335.50	16.54	235.44	418.70	20.65	293.82	562.70	27.747	394.87
7.620	0.300	368.40	18.17	258.52	448.20	22.10	314.52	624.90	30.814	438.52
10.160	0.400	393.40	19.40	276.07	470.40	23.20	330.10	681.60	33.609	478.31
12.700	0.500	405.70	20.00	284.70	485.10	23.92	340.42	748.50	36.908	525.26



Ensayo de CBR – Calicata N°01- Muestra 01– 0.50 lt/m3 de Terrasil



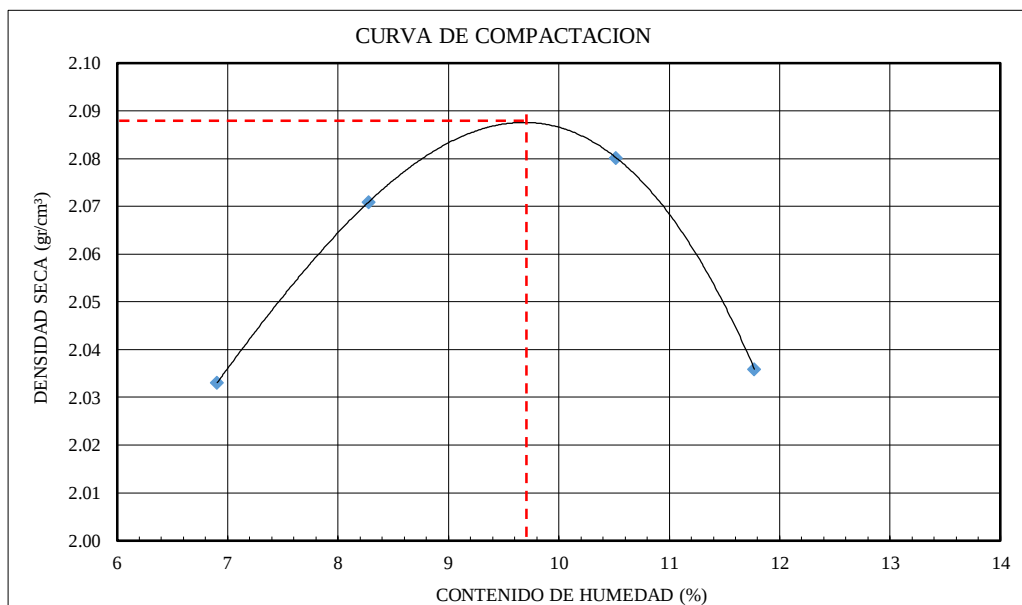
DESRIPIÓN	DENSIDAD SECA (gr/cm3)	PRESION APLICADA (0.1") (Lb/pulg2)	CBR (0.1")	PRESION APLICADA (0.2") (Lb/pulg2)	CBR (0.2")
MOLDE 01	1.89	128.00	12.80	209.00	13.93
MOLDE 02	2.01	166.00	16.60	266.00	17.73
MOLDE 03	2.14	210.00	21.00	350.00	23.33

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO		VALOR C.B.R.	
DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm3) :	2.08	C.B.R. para el 100% de la M.D.S. a 0.1" =	19.00%
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMO (%)	10.20%	C.B.R. para el 95% de la M.D.S. a 0.1" =	15.50%

Ensayo de Próctor modificado– Calicata N°01 - Muestra 01 – 1.00 lt/m³ de Terrasil

Título :	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (MTC E-115/ ASTM D1557 D698)	Diámetro del molde	6"
Descripción :	Calicata 1 – Muestra 01 (GC) + 1.00 lt/m ³ de Terrasil	Método de ensayo	C

DENSIDAD	NUMERO DE ENSAYO	1		2		3		4	
	N° de Capas	5		5		5		5	
	N° de Golpes por Capa	56		56		56		56	
	Peso Húmedo+ Molde (gr)	11522.00		11666.00		11784.00		11735.00	
	Peso Molde (gr)	6986.00		6986.00		6986.00		6986.00	
	Peso Húmedo (gr)	4536.00		4680.00		4798.00		4749.00	
	Volumen del Molde (cm ³)	2087.00		2087.00		2087.00		2087.00	
	Densidad Húmeda (gr/cm³)	2.17		2.24		2.30		2.28	
HUMEDAD	Ensayo	1		2		3		4	
	Peso Húmedo + Tara (gr)	126.80	129.50	115.40	117.20	136.50	138.70	124.50	126.20
	Peso Seco + Tara (gr)	119.80	122.30	108.20	109.8	125.70	127.4	113.50	114.5
	Peso Agua (gr)	7.00	7.20	7.20	7.40	10.80	11.30	11.00	11.70
	Peso Tara (gr)	18.20	18.30	20.40	21.30	21.50	21.50	17.30	17.90
	Peso Muestra Seca (gr)	101.60	104.00	87.80	88.50	104.2	105.90	96.20	96.60
	Contenido de Humedad (%)	6.89	6.92	8.20	8.36	10.36	10.67	11.43	12.11
	C. Humedad (%) promedio	6.91		8.28		10.52		11.77	
	DENSIDAD SECA (gr/cm³)	2.03		2.07		2.08		2.04	



DENSIDAD SECA MAXIMA:	2.088
C. HUMEDAD OPTIMO :	9.70%

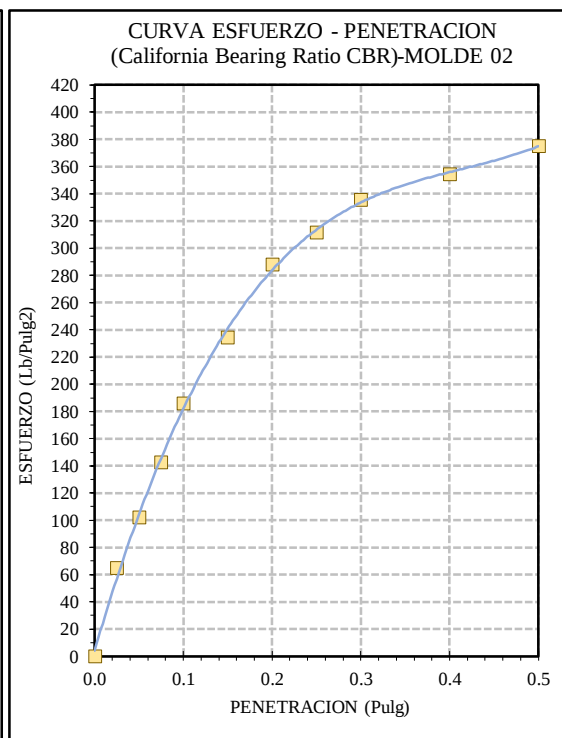
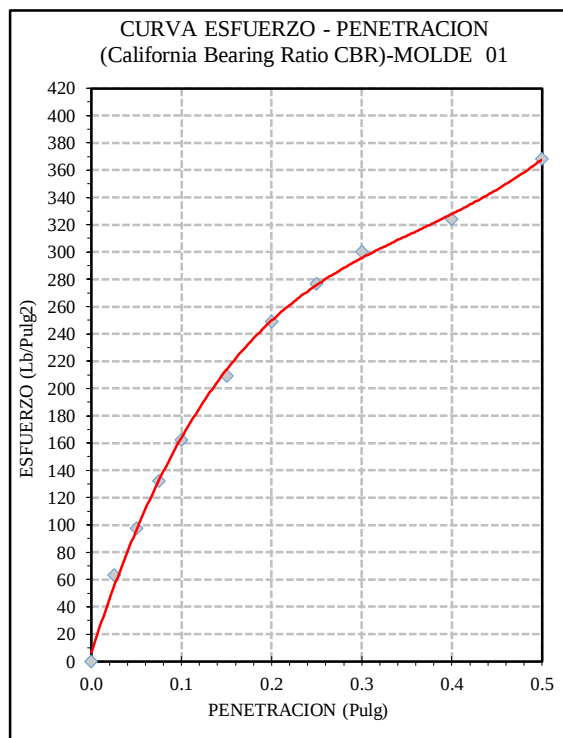
Ensayo de CBR – Calicata N°01- Muestra 01– 1.00 lt/m³ de Terrasil

COMPACTACION C B R									
NUMERO MOLDE	1			2			3		
N° Capas	5			5			5		
N° Golpes x Capa	13			27			56		
Condición de Muestra	NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO	
P. Húmedo + Molde (gr)	8196.0	8385.0		8779.0	8932.0		9845.0	9986.0	
Peso Molde (gr)	3768.0	3768.0		4158.0	4158.0		5022.0	5022.0	
Peso Húmedo (gr)	4428.0	4617.0		4621.0	4774.0		4823.0	4964.0	
Volumen del Molde (cm ³)	2123.40	2123.40		2123.40	2123.40		2123.40	2123.40	
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	2.085	2.174		2.176	2.248		2.271	2.338	
CONTENIDO DE HUMEDAD									
Número de Ensayo	1	2	3	1	2	3	1	2	3
P. Húmedo + Tara (gr)	136.50	136.90	112.20	131.60	130.50	127.00	132.80	134.90	120.20
Peso Seco + Tara (gr)	126.60	127.50	101.10	123.70	121.60	116.80	125.20	126.80	112.80
Peso Agua (gr)	9.90	9.40	11.10	7.90	8.90	10.20	7.60	8.10	7.40
Peso Tara (gr)	21.10	22.00	19.60	23.00	21.30	25.30	23.10	23.60	25.40
P. Muestra Seca (gr)	105.50	105.50	81.50	100.70	100.30	91.50	102.10	103.20	87.40
C. Humedad (%)	9.38%	8.91%	13.62%	7.85%	8.87%	11.15%	7.44%	7.85%	8.47%
C. Humedad Promedio (%)	9.15%		13.62%	8.36%		11.15%	7.65%		8.47%
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.911		1.914	2.008		2.023	2.110		2.155

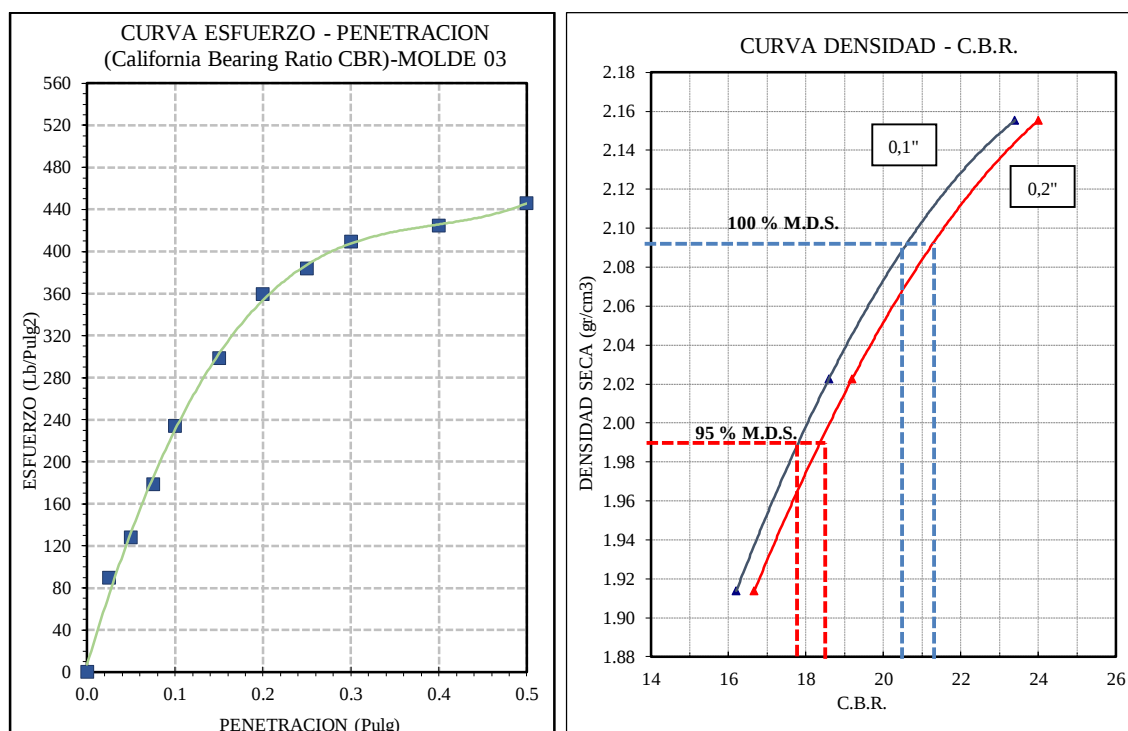
ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO		NUMERO DE MOLDE N° 1			NUMERO DE MOLDE N° 2			NUMERO DE MOLDE N° 3		
ACUMULADO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
(Hs)	(Días)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	4.250	0.000	0.000	6.180	0.000	0.000	13.480	0.000	0.000
24	1	5.050	0.800	0.688	6.650	0.470	0.404	14.260	0.780	0.671
48	2	5.480	1.230	1.058	7.140	0.960	0.825	14.650	1.170	1.006
72	3	5.940	1.690	1.453	7.560	1.380	1.187	15.080	1.600	1.376
96	4	6.220	1.970	1.694	7.880	1.700	1.462	15.460	1.980	1.702

Ensayo de CBR – Calicata N°01- Muestra 01– 1.00 lt/m³ de Terrasil

ENSAYO CARGA - PENETRACION										
PENETRACION		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
(mm)	(pulg)	CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO	
			(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00
0.635	0.025	90.20	4.45	63.30	92.40	4.56	64.84	127.50	6.287	89.47
1.270	0.050	138.90	6.85	97.47	145.70	7.18	102.24	182.30	8.989	127.93
1.905	0.075	188.70	9.30	132.42	203.40	10.03	142.73	254.40	12.544	178.52
2.540	0.100	231.20	11.40	162.24	264.80	13.06	185.82	333.20	16.430	233.82
3.810	0.150	298.40	14.71	209.40	334.40	16.49	234.66	425.60	20.986	298.66
5.080	0.200	354.90	17.50	249.05	410.50	20.24	288.07	512.20	25.256	359.43
6.350	0.250	394.60	19.46	276.91	444.20	21.90	311.71	547.30	26.987	384.06
7.620	0.300	427.80	21.09	300.21	478.60	23.60	335.85	583.60	28.777	409.54
10.160	0.400	462.40	22.80	324.49	505.30	24.92	354.59	605.40	29.852	424.84
12.700	0.500	525.20	25.90	368.56	534.60	26.36	375.15	635.80	31.351	446.17



Ensayo de CBR – Calicata N°01- Muestra 01– 1.00 lt/m³ de Terrasil



DESRIPICIÓN	DENSIDAD SECA (gr/cm3)	PRESION APLICADA (0.1") (Lb/pulg2)	CBR (0.1")	PRESION APLICADA (0.2") (Lb/pulg2)	CBR (0.2")
MOLDE 01	1.91	162.00	16.20	250.00	16.67
MOLDE 02	2.02	186.00	18.60	288.00	19.20
MOLDE 03	2.16	234.00	23.40	360.00	24.00

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO		VALOR C.B.R.	
DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm3) :	2.09	C.B.R. para el 100% de la M.D.S. a 0.1" =	20.50%
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMO (%) :	9.70%	C.B.R. para el 95% de la M.D.S. a 0.1" =	17.90%

Ensayo de contenido de humedad – Calicata N° 02 – Muestra 01

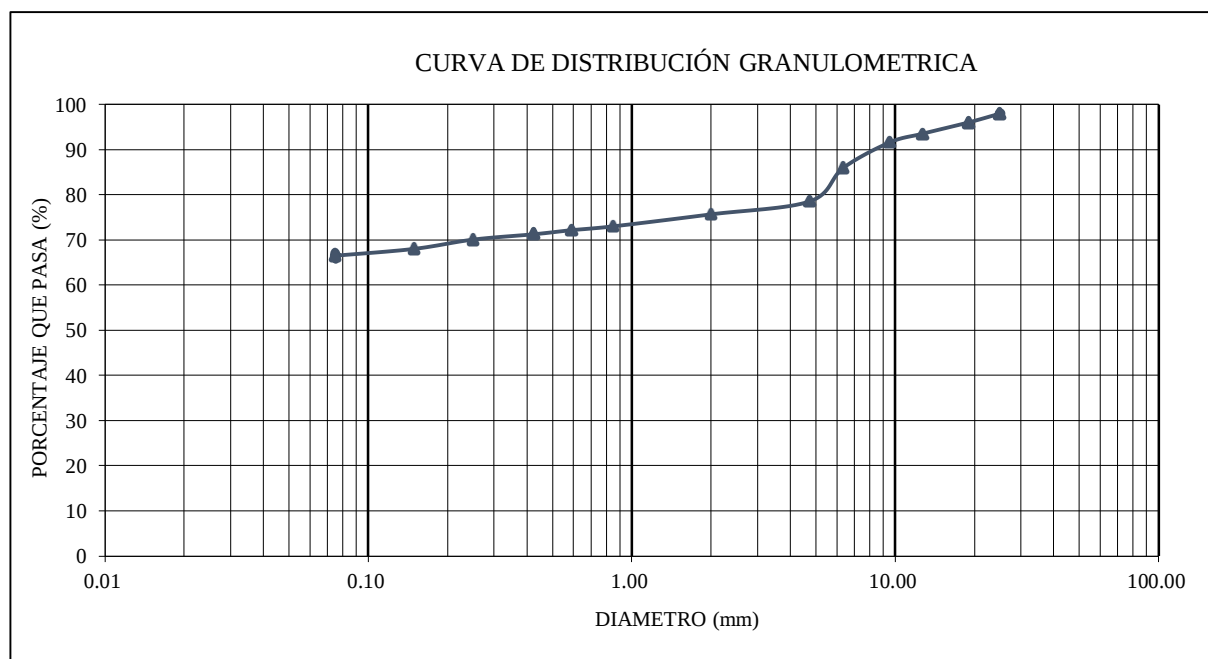
Título :	CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E 108 - ASTM D-2216)		
Descripción :	Calicata 2 – Muestra 01		
Muestra :	1	2	3
W (tara + M.Húmeda) gr	439.00	378.60	420.00
W (tara + M Seca) gr	392.25	338.20	375.30
W agua (gr)	46.75	40.40	44.70
W tara (gr)	44.70	38.30	42.20
W Muestra Seca (gr)	347.55	299.90	333.10
W(%)	13.45%	13.47%	13.42%
W (%) Promedio :	13.45%		

Ensayo de análisis granulométrico – Calicata N° 02 – Muestra 1

Título :	ANALISIS GRANULOMETRICO (ASTM D-421)
Descripción :	Calicata 02 – Muestra 01

	TAMIZ		Peso retenido parcial (g)	Peso retenido corregido (g)	Porcentaje retenido parcial (%)	Porcentaje retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
	Nº	Abertura (mm)					
FRACCION GRUESA	2"	50.00					
	1 ½"	37.50					
	1"	25.00	54.00	54.00	2.05	2.05	97.95
	¾"	19.05	50.80	50.80	1.93	3.98	96.02
	½"	12.70	66.30	66.30	2.52	6.49	93.51
	3/8"	9.53	50.80	50.80	1.93	8.42	91.58
	¼"	6.35	148.50	148.50	5.64	14.06	85.94
	Nº4	4.75	194.00	194.00	7.36	21.42	78.58
FRACCION FINA	Nº 10	2.00	18.40	76.20	2.89	24.31	75.69
	Nº 20	0.85	16.90	69.99	2.66	26.97	73.03
	Nº 30	0.59	5.40	22.36	0.85	27.82	72.18
	Nº 40	0.43	5.70	23.60	0.90	28.71	71.29
	Nº 60	0.25	7.50	31.06	1.18	29.89	70.11
	Nº 100	0.15	13.10	54.25	2.06	31.95	68.05
	Nº 200	0.08	9.60	39.76	1.51	33.46	66.54
	CAZOLETA	-.-	423.40	1753.38	66.54	100.00	0.00
TOTAL				2635.00			

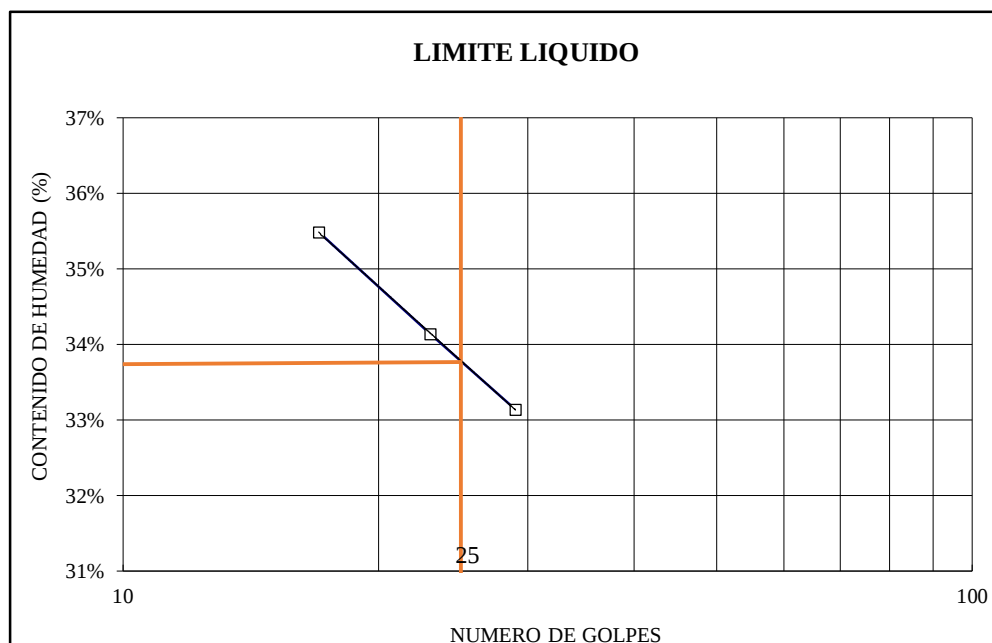
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
PESO DEL MATERIAL	
Peso inicial (gr) :	2635.00
P. Muestra > Nº4	564.40
P. Muestra < Nº4	2070.60
Peso Fracción Fino (gr) :	500.00
CLASIFICACION AASHTO :	
A-6	
CLASIFICACIÓN SUCS :	
CL	
Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media	



Ensayo de Limites de Atterberg – Calicata N° 02 – Muestra 01

Titulo :	LIMITE LIQUIDO (MTC E-110/ NTP 339.129 / ASTM D-4318)		
Descripción:	Calicata 2 - Muestra 1		
Ensayo N°	1	2	3
Recipiente N°	T-1	T-2	T-3
Peso de tara + peso suelo húmedo (gr)	53.76	51.43	46.91
Peso de tara + peso suelo seco (gr)	46.62	45.34	41.78
Peso Recipiente (gr)	26.50	27.50	26.30
Peso del agua (gr)	7.14	6.09	5.13
Peso suelo seco (gr)	20.12	17.84	15.48
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	35.49	34.14	33.14
N° DE GOLPES	17	23	29

Titulo :	LIMITE PLASTICO (MTC E- 111 / NTP 339.129 / ASTM D-4318)		
Descripción:	Calicata 2 - Muestra 1		
Recipiente N°	T-4	T-5	Promedio
Peso de tara + peso suelo húmedo (gr)	33.38	33.56	
Peso de tara + peso suelo seco (gr)	32.30	32.40	
Peso del agua (gr)	1.08	1.16	
Peso Recipiente (gr)	26.45	26.22	
Peso suelo seco (gr)	5.85	6.18	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	18.46%	18.77%	19.00 %



LIMITE LIQUIDO % :	34.00
LIMITE PLASTICO % :	19.00
INDICE DE PLASTICIDAD :	15.00

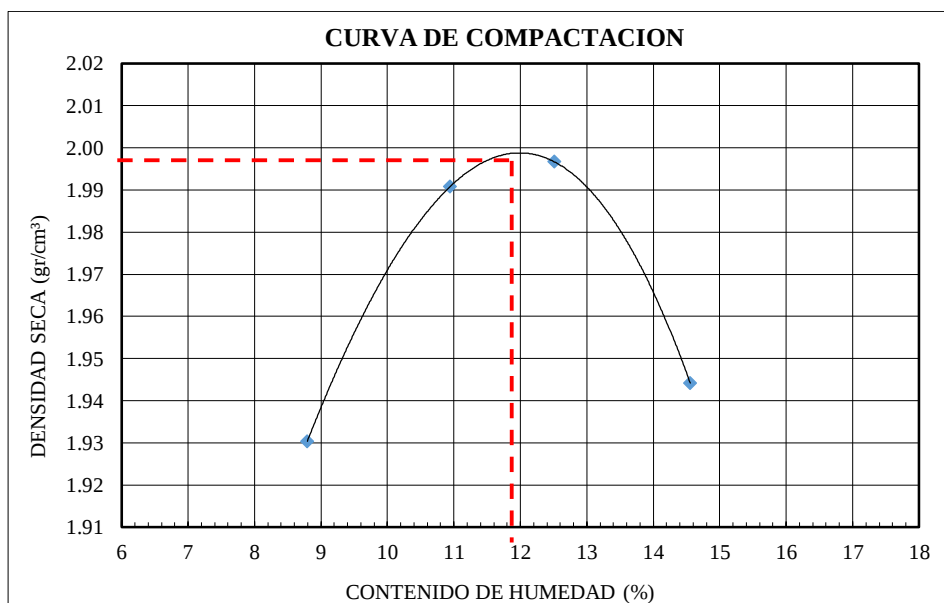
Ensayo de Gravedad específica - Calicata N°02 - Muestra 01- muestra patrón

Título :	GRAVEDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS DE SUELO (MTC E 113 / ASTM D-854)		
Descripción:	Calicata 2 - Muestra 1		
Ensayo N°	1	2	Promedio
N° de Fiola	F-1	F-2	
Masa de Fiola (mf), g	92.40	92.40	
Masa de suelo seco (ms), g	60.00	60.35	
mf + agua destilada, g	341.50	341.10	
mf + ms + agua destilada	378.91	378.76	
Temperatura agua	29.90	29.90	
Coeficiente de corrección a 20°C (K)	0.99747	0.99747	
Peso específico de sólidos	2.66	2.66	2.658
Gravedad específica de sólidos (Gs)	2.65	2.65	2.651

Ensayo de Próctor Modificado - Calicata N°02 - Muestra 01- muestra patrón

Título :	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (MTC E-115/ ASTM D1557 D698)	Diámetro del molde	4"
Descripción :	Calicata 2 - Muestra Patrón (CL)	Método de ensayo	B

DENSIDAD	NUMERO DE ENSAYO	1		2		3		4	
	N° de Capas	5		5		5		5	
	N° de Golpes por Capa	25		25		25		25	
	Peso Húmedo+ Molde (gr)	5759.00		5860.00		5895.00		5877.00	
	Peso Molde (gr)	3808.00		3808.00		3808.00		3808.00	
	Peso Húmedo (gr)	1951.00		2052.00		2087.00		2069.00	
	Volumen del Molde (cm³)	929.00		929.00		929.00		929.00	
	Densidad Húmeda (gr/cm³)	2.10		2.21		2.25		2.23	
HUMEDAD	Ensayo	1		2		3		4	
	Peso Húmedo + Tara (gr)	120.30	126.00	115.50	130.40	136.70	135.90	124.30	125.70
	Peso Seco + Tara (gr)	112.40	118.00	106.40	119.80	124.20	123.10	111.20	112.40
	Peso Agua (gr)	7.90	8.00	9.10	10.60	12.50	12.80	13.10	13.30
	Peso Tara (gr)	22.10	27.50	22.90	23.40	23.40	21.70	20.80	21.40
	Peso Muestra Seca (gr)	90.30	90.50	83.50	96.40	100.80	101.40	90.40	91.00
	Contenido de Humedad (%)	8.75	8.84	10.90	11.00	12.40	12.62	14.49	14.62
	C. Humedad (%) promedio	8.79		10.95		12.51		14.55	
	DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.93		1.99		2.00		1.94	



DENSIDAD SECA MAXIMA:	2.00
C. HUMEDAD OPTIMO :	12.00%

Ensayo CBR - Calicata N°02- Muestra 01- muestra patrón

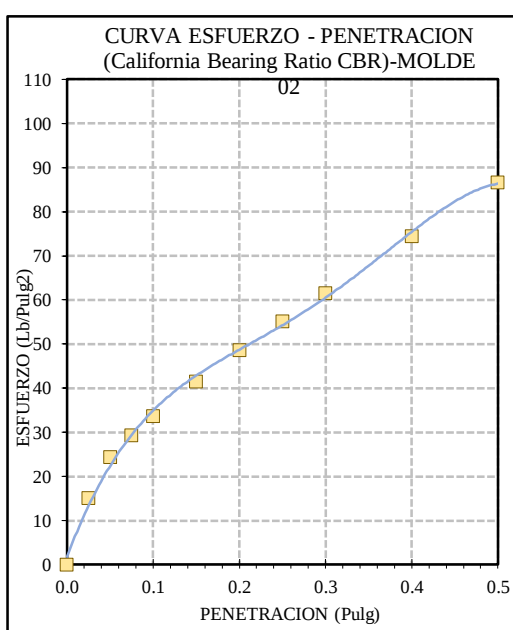
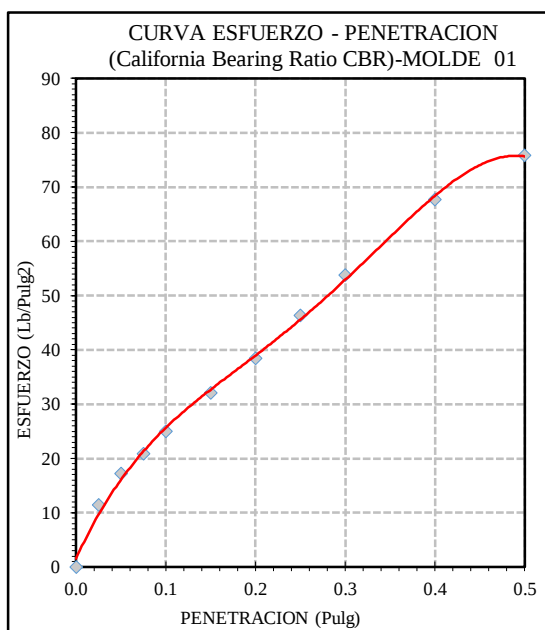
Título :	ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) ASTM D 4429
Descripción :	Calicata 2 - Muestra Patrón (CL)

COMPACTACION C B R									
NUMERO MOLDE	1			2			3		
N° Capas	5			5			5		
N° Golpes x Capa	13			27			56		
Condición de Muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	SATURADO
P. Húmedo + Molde (gr)	9323.0	9542.0	9595.0	9731.0	8890.0	9187.0			
Peso Molde (gr)	4880.0	4880.0	5000.0	5000.0	4202.0	4202.0			
Peso Húmedo (gr)	4443.0	4662.0	4595.0	4731.0	4688.0	4985.0			
Volumen del Molde (cm³)	2104.90	2104.90	2104.90	2104.90	2086.80	2086.80			
Densidad Húmeda (gr/cm³)	2.111	2.215	2.183	2.248	2.247	2.389			
CONTENIDO DE HUMEDAD									
Número de Ensayo	1	2	3	1	2	3	1	2	3
P. Húmedo + Tara (gr)	102.50	109.30	137.40	108.60	112.70	110.90	109.30	105.50	116.30
Peso Seco + Tara (gr)	92.70	98.80	119.60	98.50	102.50	97.60	98.90	95.60	101.40
Peso Agua (gr)	9.80	10.50	17.80	10.10	10.20	13.30	10.40	9.90	14.90
Peso Tara (gr)	18.20	19.20	21.80	21.20	24.10	17.40	17.10	17.60	22.10
P. Muestra Seca (gr)	74.50	79.60	97.80	77.30	78.40	80.20	81.80	78.00	79.30
C. Humedad (%)	13.15%	13.19%	18.20%	13.07%	13.01%	16.58%	12.71%	12.69%	18.79%
C. Humedad Promedio (%)	13.17%		18.20%	13.04%		16.58%	12.70%		18.79%
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.865		1.874	1.931		1.928	1.993		2.011

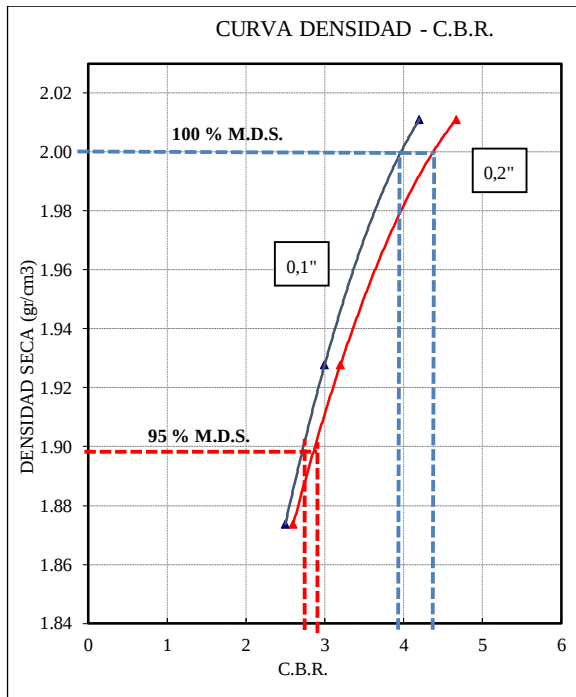
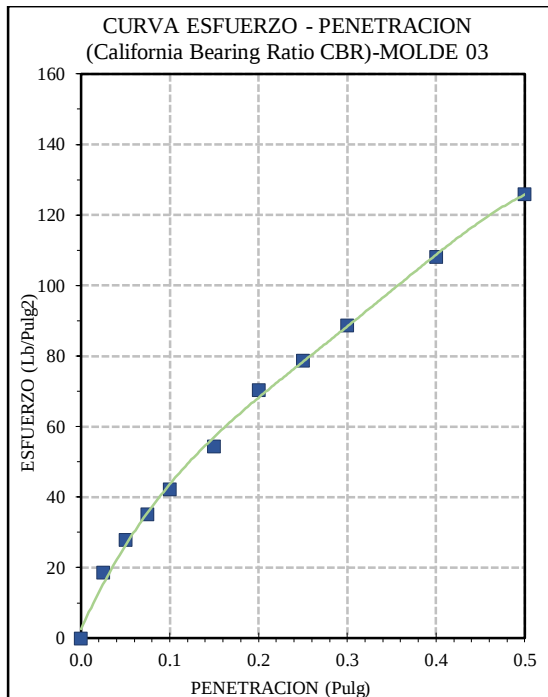
ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE N° 1			NUMERO DE MOLDE N° 2			NUMERO DE MOLDE N° 3		
		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO	
			(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0	5.630	0.000	0.000	4.000	0.000	0.000	14.640	0.000	0.000
24	1	7.500	1.870	1.608	5.320	1.320	1.135	15.760	1.120	0.963
48	2	10.710	5.080	4.368	7.190	3.190	2.743	16.220	1.580	1.359
72	3	10.720	5.090	4.377	7.810	3.810	3.276	17.840	3.200	2.752
96	4	10.750	5.120	4.402	7.900	3.900	3.353	17.900	3.260	2.803

Ensayo CBR - Calicata N°02- Muestra 01- muestra patrón

ENSAYO CARGA - PENETRACION										
PENETRACION		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		Kg.	(Kg/cm²)	(Lb/pulg²)	Kg.	(Kg/cm²)	(Lb/pulg²)	Kg.	(Kg/cm²)	(Lb/pulg²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00
0.635	0.025	16.30	0.80	11.44	21.40	1.06	15.02	26.50	1.307	18.60
1.270	0.050	24.50	1.21	17.19	34.70	1.71	24.35	39.80	1.963	27.93
1.905	0.075	29.60	1.46	20.77	41.80	2.06	29.33	50.00	2.465	35.09
2.540	0.100	35.50	1.75	24.91	47.90	2.36	33.61	60.20	2.968	42.25
3.810	0.150	45.60	2.25	32.00	59.10	2.91	41.47	77.50	3.821	54.39
5.080	0.200	54.80	2.70	38.46	69.30	3.42	48.63	100.20	4.941	70.31
6.350	0.250	66.00	3.25	46.32	78.50	3.87	55.09	112.20	5.533	78.74
7.620	0.300	76.50	3.77	53.68	87.70	4.32	61.54	126.40	6.233	88.70
10.160	0.400	96.40	4.75	67.65	106.10	5.23	74.46	154.00	7.594	108.07
12.700	0.500	108.00	5.33	75.79	123.40	6.08	86.60	179.50	8.851	125.96



Ensayo CBR - Calicata N°02- Muestra 01- muestra patrón



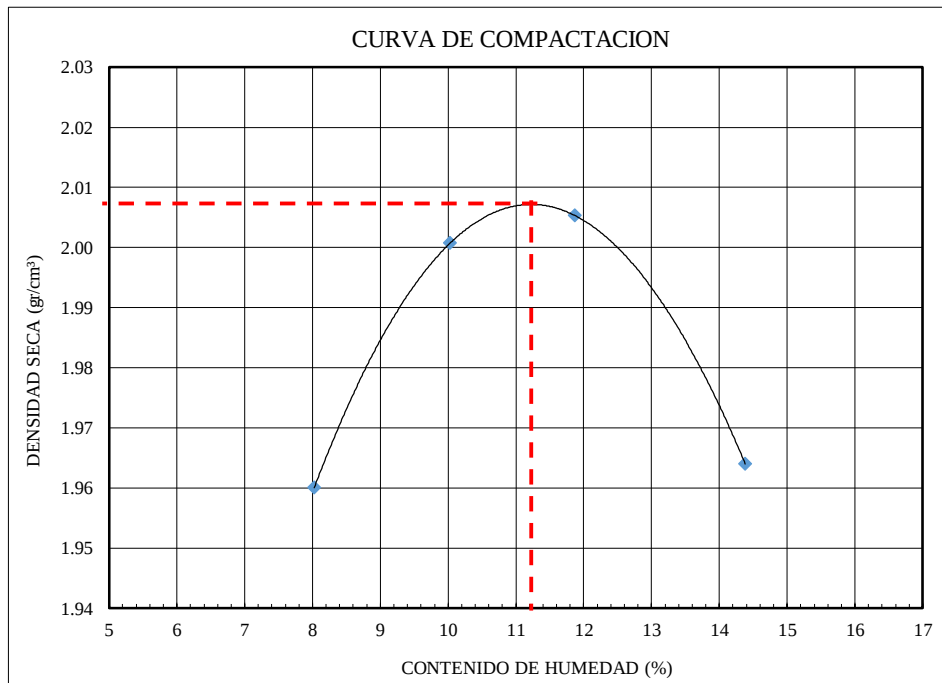
DESRIPIÓN	DENSIDAD SECA (gr/cm3)	PRESION APLICADA (0.1") (Lb/pulg2)	CBR (0.1")	PRESION APLICADA (0.2") (Lb/pulg2)	CBR (0.2")
MOLDE 01	1.87	25.00	2.50	39.00	2.60
MOLDE 02	1.93	30.00	3.00	48.00	3.20
MOLDE 03	2.01	42.00	4.20	70.00	4.67

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO		VALOR C.B.R.	
DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm3) :	2.00	C.B.R. para el 100% de la M.D.S. a 0.1" =	4.20%
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMO (%) :	12.00%	C.B.R. para el 95% de la M.D.S. a 0.1" =	2.80%

Ensayo de Próctor modificado– Calicata N°02 - Muestra 01 – 0.30 lt/m³ de Terrasil

Título :	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (MTC E-115/ ASTM D1557 D698)	Diámetro del molde	4"
Descripción :	Calicata 2 - Muestra 01 (CL) + 0.30 lt/m ³ Terrasil	Método de ensayo	B

DENSIDAD	NUMERO DE ENSAYO	1		2		3		4	
	N° de Capas	5		5		5		5	
	N° de Golpes por Capa	25		25		25		25	
	Peso Húmedo+ Molde (gr)	5775.00		5853.00		5892.00		5895.00	
	Peso Molde (gr)	3808.00		3808.00		3808.00		3808.00	
	Peso Húmedo (gr)	1967.00		2045.00		2084.00		2087.00	
	Volumen del Molde (cm ³)	929.00		929.00		929.00		929.00	
	Densidad Húmeda (gr/cm³)	2.12		2.20		2.24		2.25	
HUMEDAD	Ensayo	1		2		3		4	
	Peso Húmedo + Tara (gr)	116.69	120.45	104.22	115.45	103.95	126.86	105.65	102.26
	Peso Seco + Tara (gr)	109.95	113.78	96.17	107.45	94.69	117.20	94.69	91.84
	Peso Agua (gr)	6.74	6.67	8.05	8.00	9.26	9.66	10.96	10.42
	Peso Tara (gr)	26.99	29.64	17.85	25.60	19.63	32.40	19.63	18.28
	Peso Muestra Seca (gr)	82.96	84.14	78.32	81.85	75.06	84.80	75.06	73.56
	Contenido de Humedad (%)	8.12	7.93	10.28	9.77	12.34	11.39	14.60	14.17
	C. Humedad (%) promedio	8.03		10.03		11.86		14.38	
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)		1.96		2.00		2.01		1.96	



DENSIDAD SECA MAXIMA:	2.008
C. HUMEDAD OPTIMO :	11.20%

Ensayo de CBR – Calicata N°02- Muestra 01– 0.30 lt/m3 de Terrasil

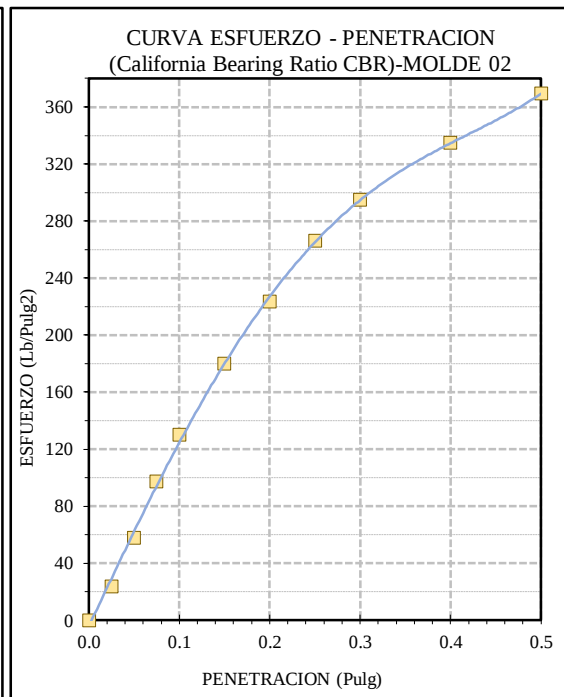
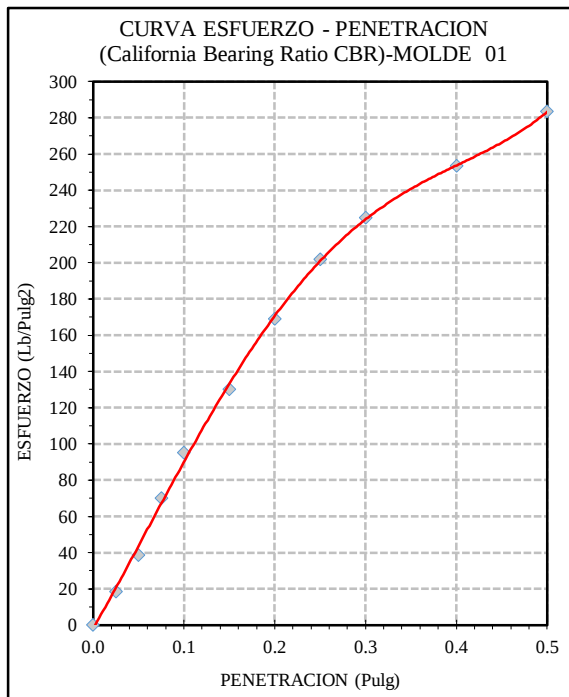
Título :	ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) - ASTM D 4429
Descripción :	Calicata 2 - Muestra 01 (CL) + 0.30 lt/m3 Terrasil

COMPACTACION C B R									
NUMERO MOLDE	1			2			3		
N° Capas	5			5			5		
N° Golpes x Capa	13			27			56		
Condición de Muestra	NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO	
P. Húmedo + Molde (gr)	8202.0	8540.0		9588.0	9843.0		9036.0	9310.0	
Peso Molde (gr)	3768.0	3768.0		5000.0	5000.0		4294.0	4294.0	
Peso Húmedo (gr)	4434.0	4772.0		4588.0	4843.0		4742.0	5016.0	
Volumen del Molde (cm³)	2133.00	2133.00		2104.90	2104.90		2094.00	2094.00	
Densidad Húmeda (gr/cm³)	2.079	2.237		2.180	2.301		2.265	2.395	
CONTENIDO DE HUMEDAD									
Número de Ensayo	1	2	3	1	2	3	1	2	3
P. Húmedo + Tara (gr)	123.80	134.20	145.80	105.20	113.40	120.80	116.10	109.20	105.00
Peso Seco + Tara (gr)	111.80	121.10	124.30	95.50	103.20	104.60	105.70	99.20	91.90
Peso Agua (gr)	12.00	13.10	21.50	9.70	10.20	16.20	10.40	10.00	13.10
Peso Tara (gr)	21.90	23.20	21.80	17.20	21.60	16.20	21.80	19.20	18.40
P. Muestra Seca (gr)	89.90	97.90	102.50	78.30	81.60	88.40	83.90	80.00	73.50
C. Humedad (%)	13.35%	13.38%	20.98%	12.39%	12.50%	18.33%	12.40%	12.50%	17.82%
C. Humedad Promedio (%)	13.36%	20.98%		12.44%	18.33%		12.45%	17.82%	
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.834	1.849		1.938	1.944		2.014	2.033	

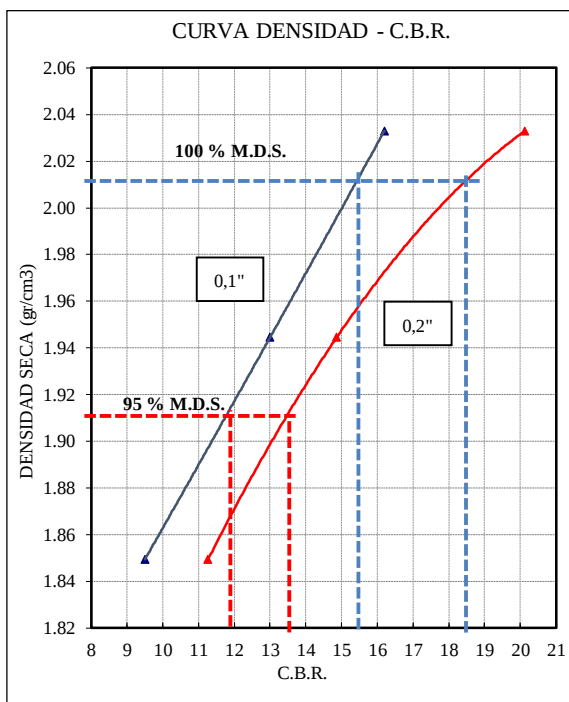
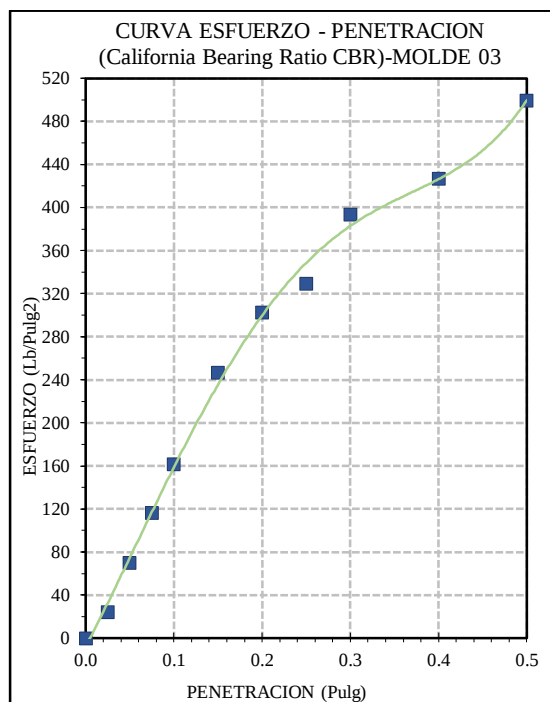
ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO		NUMERO DE MOLDE N° 1			NUMERO DE MOLDE N° 2			NUMERO DE MOLDE N° 3		
ACUMULADO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
(Hs)	(Días)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	6.700	0.000	0.000	15.330	0.000	0.000	1.470	0.000	0.000
24	1	8.900	2.200	1.892	16.080	0.750	0.645	2.780	1.310	1.126
48	2	9.330	2.630	2.261	16.400	1.070	0.920	2.950	1.480	1.273
72	3	9.500	2.800	2.408	17.880	2.550	2.193	3.390	1.920	1.651
96	4	9.550	2.850	2.451	17.900	2.570	2.210	3.500	2.030	1.745

Ensayo de CBR – Calicata N°02- Muestra 01– 0.30 lt/m3 de Terrasil

PENETRACION		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		Kg.	(Kg/cm²)	(Lb/pulg²)	Kg.	(Kg/cm²)	(Lb/pulg²)	Kg.	(Kg/cm²)	(Lb/pulg²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00
0.635	0.025	26.50	1.31	18.60	33.60	1.66	23.58	34.70	1.711	24.35
1.270	0.050	55.00	2.71	38.60	82.30	4.06	57.75	99.50	4.906	69.82
1.905	0.075	99.90	4.93	70.10	138.50	6.83	97.19	165.90	8.180	116.42
2.540	0.100	135.80	6.70	95.30	185.40	9.14	130.10	230.20	11.351	161.54
3.810	0.150	185.60	9.15	130.24	256.40	12.64	179.93	351.20	17.318	246.45
5.080	0.200	240.70	11.87	168.91	318.20	15.69	223.30	430.90	21.248	302.38
6.350	0.250	287.60	14.18	201.82	379.30	18.70	266.17	469.10	23.131	329.19
7.620	0.300	320.20	15.79	224.70	420.10	20.71	294.80	560.30	27.628	393.19
10.160	0.400	361.00	17.80	253.33	477.20	23.53	334.87	607.80	29.970	426.52
12.700	0.500	403.80	19.91	283.36	526.20	25.95	369.26	711.80	35.099	499.50



Ensayo de CBR – Calicata N°02- Muestra 01– 0.30 lt/m3 de Terrasil



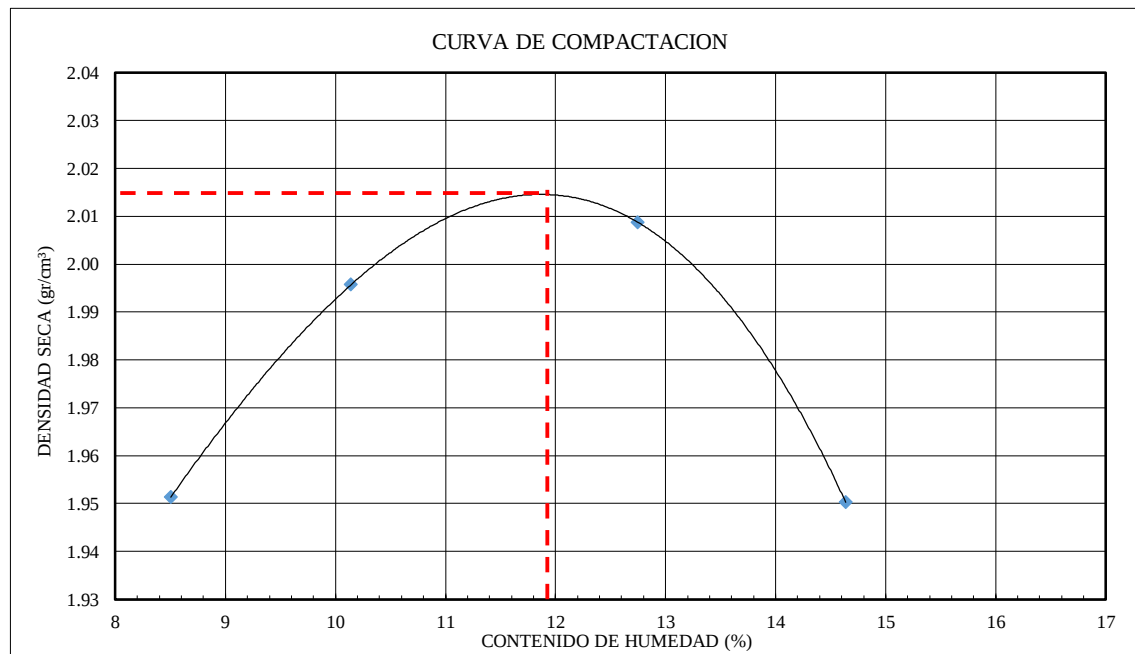
DESCRIPCIÓN	DENSIDAD SECA (gr/cm3)	PRESION APLICADA (0.1") (Lb/pulg2)	CBR (0.1")	PRESION APLICADA (0.2") (Lb/pulg2)	CBR (0.2")
MOLDE 01	1.85	95.00	9.50	169.00	11.27
MOLDE 02	1.94	130.00	13.00	223.00	14.87
MOLDE 03	2.03	162.00	16.20	302.00	20.13

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO		VALOR C.B.R.	
DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm3) :	2.01	C.B.R. para el 100% de la M.D.S. a 0.1" =	15.50%
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMO (%) :	11.20%	C.B.R. para el 95% de la M.D.S. a 0.1" =	12.00%

Ensayo de Próctor modificado– Calicata N°02 - Muestra 01 – 0.50 lt/m³ de Terrasil

Título :	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (MTC E-115/ ASTM D1557 D698)	Diámetro del molde	4"
Descripción :	Calicata 2 -Muestra 1 (CL) + 0.50 lt/m ³ Terrasil	Método de ensayo	B

DENSIDAD	NUMERO DE ENSAYO	1		2		3		4	
	N° de Capas	5		5		5		5	
	N° de Golpes por Capa	25		25		25		25	
	Peso Húmedo+ Molde (gr)	5775.00		5850.00		5912.00		5885.00	
	Peso Molde (gr)	3808.00		3808.00		3808.00		3808.00	
	Peso Húmedo (gr)	1967.00		2042.00		2104.00		2077.00	
	Volumen del Molde (cm ³)	929.00		929.00		929.00		929.00	
	Densidad Húmeda (gr/cm ³)	2.12		2.20		2.26		2.24	
HUMEDAD	Ensayo	1		2		3		4	
	Peso Húmedo + Tara (gr)	127.30	122.20	132.20	115.20	135.90	139.50	124.20	124.10
	Peso Seco + Tara (gr)	119.70	113.90	122.10	106.50	123.50	125.80	111.10	111.00
	Peso Agua (gr)	7.60	8.30	10.10	8.70	12.40	13.70	13.10	13.10
	Peso Tara (gr)	27.60	19.10	21.80	21.30	21.50	21.60	21.60	21.50
	Peso Muestra Seca (gr)	92.10	94.80	100.30	85.20	102.00	102.70	89.50	89.50
	Contenido de Humedad (%)	8.25	8.76	10.07	10.21	12.16	13.34	14.64	14.64
	C. Humedad (%) promedio	8.50		10.14		12.75		14.64	
	DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.95		2.00		2.01		1.95	



DENSIDAD SECA MAXIMA:	2.015
C. HUMEDAD OPTIMO :	11.90%

Ensayo de CBR – Calicata N°02- Muestra 01– 0.50 lt/m3 de Terrasil

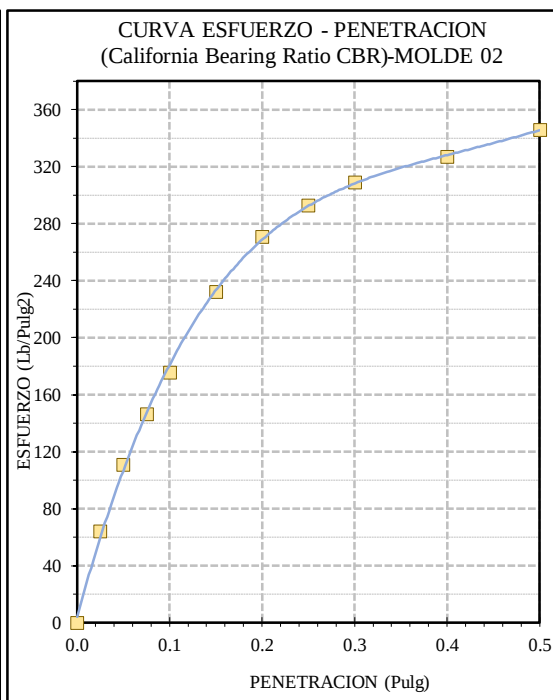
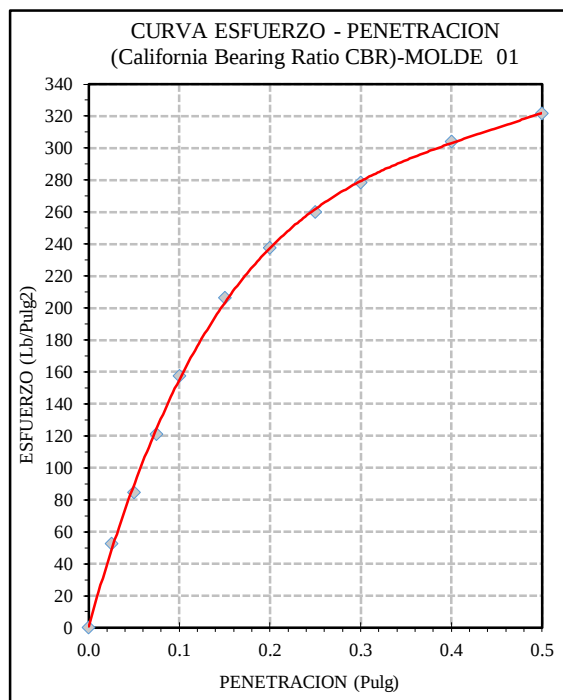
Título :	ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) - ASTM D 4429
Descripción :	Calicata 2 - Muestra 01 (CL) + 0.50 lt/m3 Terrasil

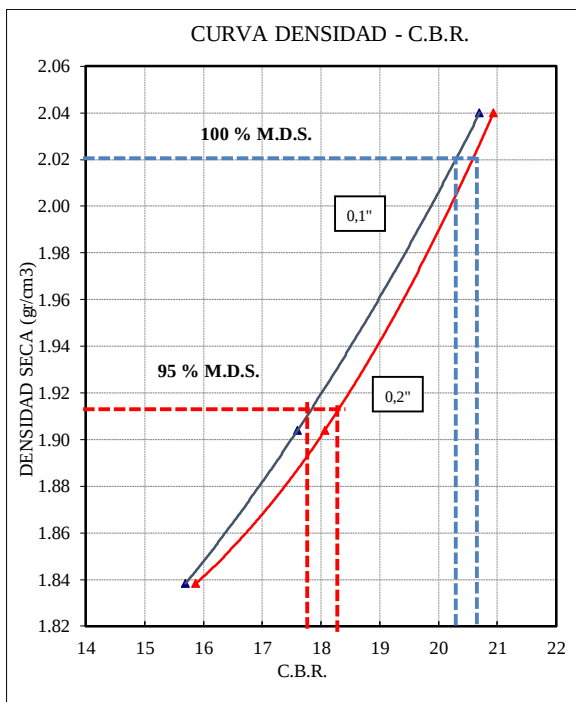
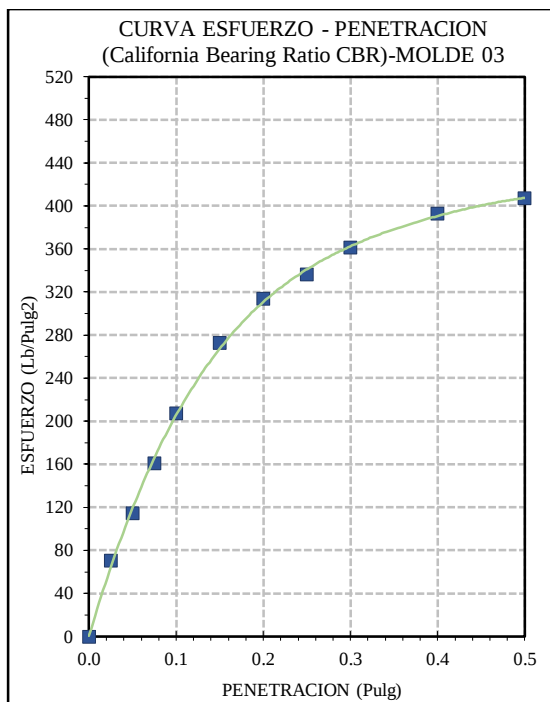
COMPACTACION C B R									
NUMERO MOLDE	1			2			3		
N° Capas	5			5			5		
N° Golpes x Capa	13			27			56		
Condición de Muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	SATURADO
P. Húmedo + Molde (gr)	8580.0	8845.0	9630.0	9843.0	9050.0	9265.0			
Peso Molde (gr)	4034.0	4034.0	4980.0	4980.0	4294.0	4294.0			
Peso Húmedo (gr)	4546.0	4811.0	4650.0	4863.0	4756.0	4971.0			
Volumen del Molde (cm³)	2160.80	2160.80	2123.00	2123.00	2094.00	2094.00			
Densidad Húmeda (gr/cm³)	2.104	2.226	2.190	2.291	2.271	2.374			
CONTENIDO DE HUMEDAD									
Número de Ensayo	1	2	3	1	2	3	1	2	3
P. Húmedo + Tara (gr)	124.70	125.80	145.80	106.20	105.20	122.80	114.00	116.50	103.90
Peso Seco + Tara (gr)	111.80	112.50	124.20	95.50	96.50	105.70	105.50	105.40	91.80
Peso Agua (gr)	12.90	13.30	21.60	10.70	8.70	17.10	8.50	11.10	12.10
Peso Tara (gr)	21.10	22.10	21.90	18.60	19.50	21.50	21.80	22.40	17.90
P. Muestra Seca (gr)	90.70	90.40	102.30	76.90	77.00	84.20	83.70	83.00	73.90
C. Humedad (%)	14.22%	14.71%	21.11%	13.91%	11.30%	20.31%	10.16%	13.37%	16.37%
C. Humedad Promedio (%)	14.47%	21.11%	12.61%	20.31%	11.76%	16.37%			
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.838	1.838	1.945	1.904	2.032	2.040			

ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO		NUMERO DE MOLDE N° 1			NUMERO DE MOLDE N° 2			NUMERO DE MOLDE N° 3		
ACUMULADO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
(Hs)	(Días)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	7.200	0.000	0.000	14.200	0.000	0.000	6.740	0.000	0.000
24	1	7.680	0.480	0.413	14.960	0.760	0.653	7.280	0.540	0.464
48	2	8.450	1.250	1.075	15.440	1.240	1.066	7.920	1.180	1.015
72	3	9.300	2.100	1.806	16.200	2.000	1.720	8.680	1.940	1.668
96	4	9.850	2.650	2.279	16.650	2.450	2.107	9.050	2.310	1.986

Ensayo de CBR – Calicata N°02- Muestra 01– 0.50 lt/m3 de Terrasil

ENSAYO CARGA - PENETRACION										
PENETRACION		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
(mm)	(pulg)	CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO	
			(Kg/cm²)	(Lb/pulg²)		(Kg/cm²)	(Lb/pulg²)		(Kg/cm²)	(Lb/pulg²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00
0.635	0.025	75.30	3.71	52.84	91.20	4.50	64.00	100.30	4.946	70.38
1.270	0.050	120.90	5.96	84.84	157.90	7.79	110.81	163.10	8.042	114.45
1.905	0.075	172.70	8.52	121.19	208.80	10.30	146.52	229.00	11.292	160.70
2.540	0.100	224.30	11.06	157.40	249.90	12.32	175.37	295.10	14.551	207.08
3.810	0.150	294.20	14.51	206.45	330.90	16.32	232.21	388.60	19.162	272.70
5.080	0.200	338.50	16.69	237.54	385.60	19.01	270.59	446.90	22.036	313.61
6.350	0.250	370.80	18.28	260.21	417.00	20.56	292.63	479.60	23.649	336.56
7.620	0.300	397.00	19.58	278.59	440.30	21.71	308.98	514.50	25.370	361.05
10.160	0.400	433.40	21.37	304.14	465.90	22.97	326.94	559.60	27.594	392.70
12.700	0.500	458.30	22.60	321.61	492.80	24.30	345.82	580.10	28.605	407.08





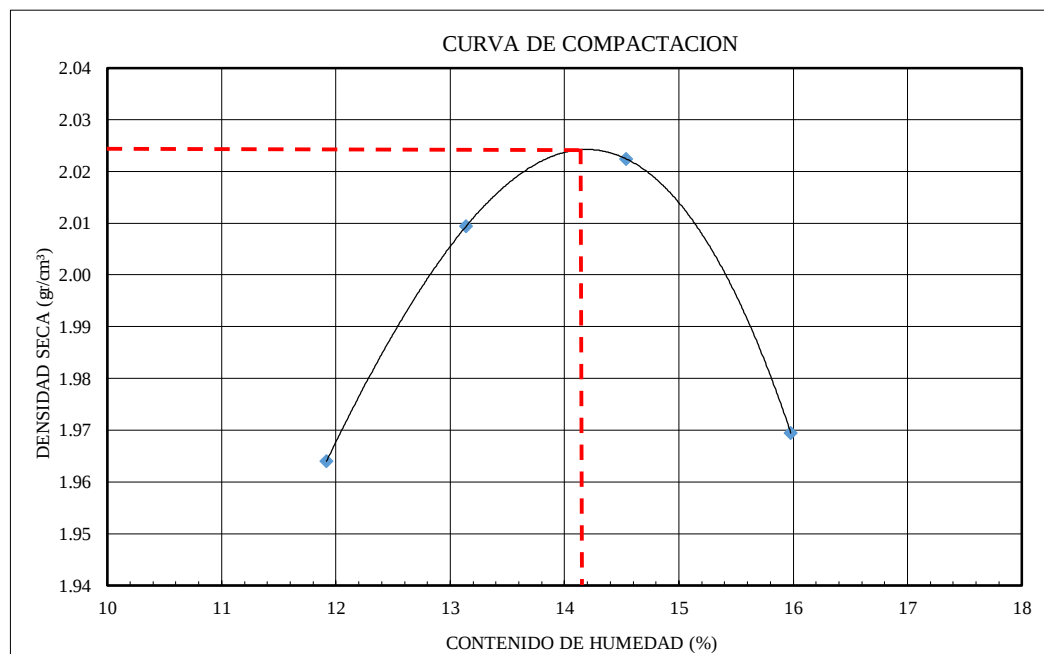
DESCRIPCIÓN	DENSIDAD SECA (gr/cm3)	PRESION APLICADA (0.1") (Lb/pulg2)	CBR (0.1")	PRESION APLICADA (0.2") (Lb/pulg2)	CBR (0.2")
MOLDE 01	1.84	157.00	15.70	238.00	15.87
MOLDE 02	1.90	176.00	17.60	271.00	18.07
MOLDE 03	2.04	207.00	20.70	314.00	20.93

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO		VALOR C.B.R.	
DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm3)	2.02	C.B.R. para el 100% de la M.D.S. a 0.1" =	20.20%
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMO (%)	11.90%	C.B.R. para el 95% de la M.D.S. a 0.1" =	17.80%

Ensayo de Próctor modificado– Calicata N°02 - Muestra 01 – 1.00 lt/m³ de Terrasil

Título :	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (MTC E-115/ ASTM D1557 D698)	Diámetro del molde	4"
Descripción :	Calicata 2 - Muestra 01 (CL) + 1.0 lt/m ³ Terrasil	Método de ensayo	B

DENSIDAD	NUMERO DE ENSAYO	1		2		3		4	
	N° de Capas	5		5		5		5	
	N° de Golpes por Capa	25		25		25		25	
	Peso Húmedo+ Molde (gr)	5850.00		5920.00		5960.00		5930.00	
	Peso Molde (gr)	3808.00		3808.00		3808.00		3808.00	
	Peso Húmedo (gr)	2042.00		2112.00		2152.00		2122.00	
	Volumen del Molde (cm ³)	929.00		929.00		929.00		929.00	
	Densidad Húmeda (gr/cm ³)	2.20		2.27		2.32		2.28	
HUMEDAD	Ensayo	1		2		3		4	
	Peso Húmedo + Tara (gr)	129.30	124.20	135.20	115.50	137.00	139.90	129.50	124.10
	Peso Seco + Tara (gr)	118.40	113.10	119.80	106.50	123.10	124.10	114.70	109.90
	Peso Agua (gr)	10.90	11.10	15.40	9.00	13.90	15.80	14.80	14.20
	Peso Tara (gr)	26.50	20.40	21.80	21.30	21.50	21.50	21.60	21.50
	Peso Muestra Seca (gr)	91.90	92.70	98.00	85.20	101.60	102.60	93.10	88.40
	Contenido de Humedad (%)	11.86	11.97	15.71	10.56	13.68	15.40	15.90	16.06
	C. Humedad (%) promedio	11.92		13.14		14.54		15.98	
	DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.96		2.01		2.02		1.97	



DENSIDAD SECA MAXIMA:	2.025
C. HUMEDAD OPTIMO :	14.10%

Ensayo de CBR – Calicata N°02- Muestra 01– 1.00 lt/m3 de Terrasil

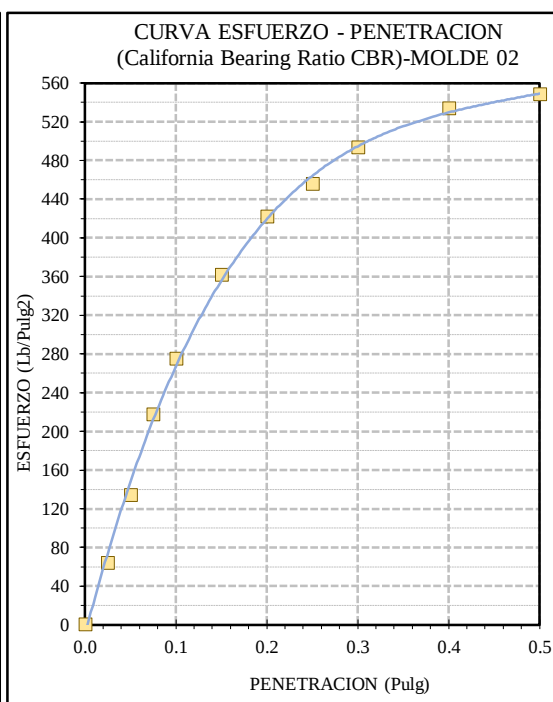
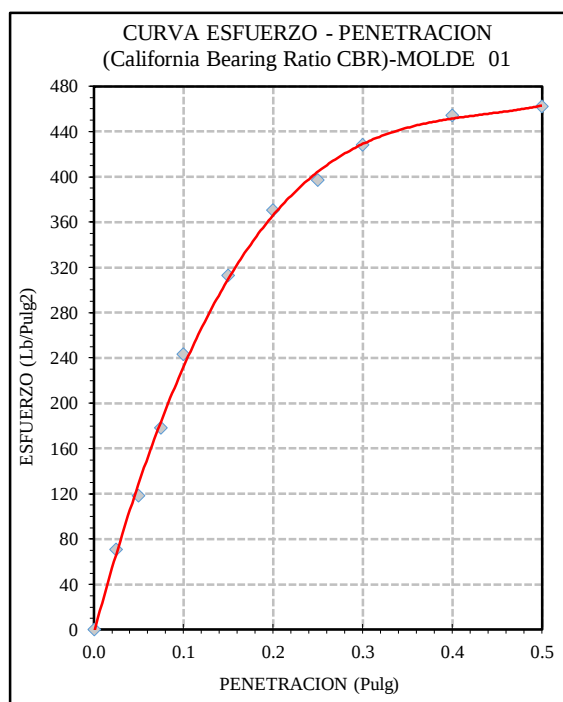
Título :	ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) - ASTM D 4429
Descripción :	Calicata 2 - Muestra 01 (CL) + 1.0 lt/m3 Terrasil

COMPACTACION C B R									
NUMERO MOLDE	1			2			3		
N° Capas	5			5			5		
N° Golpes x Capa	13			27			56		
Condición de Muestra	NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO	
P. Húmedo + Molde (gr)	8680.0	8985.0		9630.0	9990.0		9150.0	9280.0	
Peso Molde (gr)	4034.0	4034.0		4980.0	4980.0		4294.0	4294.0	
Peso Húmedo (gr)	4646.0	4951.0		4650.0	5010.0		4856.0	4986.0	
Volumen del Molde (cm³)	2160.80	2160.80		2123.00	2123.00		2094.00	2094.00	
Densidad Húmeda (gr/cm³)	2.150	2.291		2.190	2.360		2.319	2.381	
CONTENIDO DE HUMEDAD									
Número de Ensayo	1	2	3	1	2	3	1	2	3
P. Húmedo + Tara (gr)	125.70	128.80	146.80	107.50	107.90	120.80	117.60	116.40	103.90
Peso Seco + Tara (gr)	111.80	112.50	124.20	95.50	96.50	105.70	105.50	105.40	91.80
Peso Agua (gr)	13.90	16.30	22.60	12.00	11.40	15.10	12.10	11.00	12.10
Peso Tara (gr)	21.10	22.00	21.90	18.60	19.50	21.50	21.80	22.40	17.90
P. Muestra Seca (gr)	90.70	90.50	102.30	76.90	77.00	84.20	83.70	83.00	73.90
C. Humedad (%)	15.33%	18.01%	22.09%	15.60%	14.81%	17.93%	14.46%	13.25%	16.37%
C. Humedad Promedio (%)	16.67%		22.09%	15.20%		17.93%	13.85%		16.37%
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.843		1.877	1.901		2.001	2.037		2.046

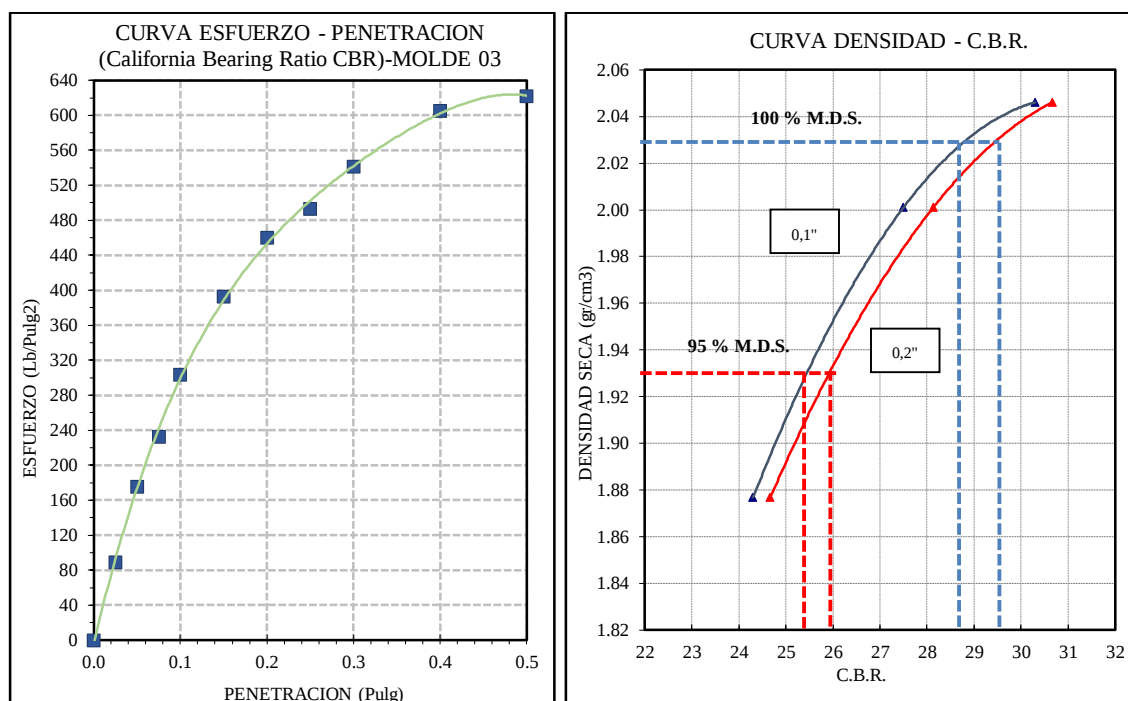
ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE N° 1			NUMERO DE MOLDE N° 2			NUMERO DE MOLDE N° 3		
		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
(Hs)	(Días)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	6.950	0.000	0.000	13.940	0.000	0.000	7.250	0.000	0.000
24	1	7.320	0.370	0.318	14.600	0.660	0.567	7.900	0.650	0.559
48	2	7.840	0.890	0.765	15.250	1.310	1.126	8.550	1.300	1.118
72	3	8.480	1.530	1.316	15.800	1.860	1.599	9.200	1.950	1.677
96	4	9.610	2.660	2.287	16.740	2.800	2.408	9.920	2.670	2.296

Ensayo de CBR – Calicata N°02- Muestra 01– 1.00 lt/m3 de Terrasil

ENSAYO CARGA - PENETRACION										
PENETRACION		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
(mm)	(pulg)	CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO	
			(Kg/cm²)	(Lb/pulg²)		(Kg/cm²)	(Lb/pulg²)		(Kg/cm²)	(Lb/pulg²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00
0.635	0.025	100.30	4.95	70.38	91.20	4.50	64.00	126.90	6.257	89.05
1.270	0.050	168.10	8.29	117.96	190.60	9.40	133.75	249.80	12.318	175.30
1.905	0.075	253.80	12.51	178.10	309.40	15.26	217.12	331.20	16.331	232.42
2.540	0.100	346.80	17.10	243.36	391.50	19.30	274.73	432.30	21.317	303.36
3.810	0.150	445.20	21.95	312.42	514.90	25.39	361.33	560.10	27.618	393.05
5.080	0.200	527.60	26.02	370.24	601.00	29.64	421.75	655.60	32.327	460.06
6.350	0.250	565.60	27.89	396.91	648.80	31.99	455.29	702.60	34.645	493.05
7.620	0.300	610.20	30.09	428.20	703.10	34.67	493.40	771.30	38.033	541.26
10.160	0.400	647.30	31.92	454.24	760.50	37.50	533.68	862.40	42.525	605.18
12.700	0.500	658.60	32.48	462.17	781.00	38.51	548.06	886.00	43.688	621.75



Ensayo de CBR – Calicata N°02- Muestra 01– 1.00 lt/m3 de Terrasil



DESRIPIÓN	DENSIDAD SECA (gr/cm3)	PRESION APLICADA (0.1") (Lb/pulg2)	CBR (0.1")	PRESION APLICADA (0.2") (Lb/pulg2)	CBR (0.2")
MOLDE 01	1.88	243.00	24.30	370.00	24.67
MOLDE 02	2.00	275.00	27.50	422.00	28.13
MOLDE 03	2.05	303.00	30.30	460.00	30.67

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO		VALOR C.B.R.	
DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm3) :	2.03	C.B.R. para el 100% de la M.D.S. a 0.1" =	28.80%
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMO (%) :	14.10%	C.B.R. para el 95% de la M.D.S. a 0.1" =	25.50%

Ensayo de contenido de Humedad – Calicata N° 03 – Muestra 1

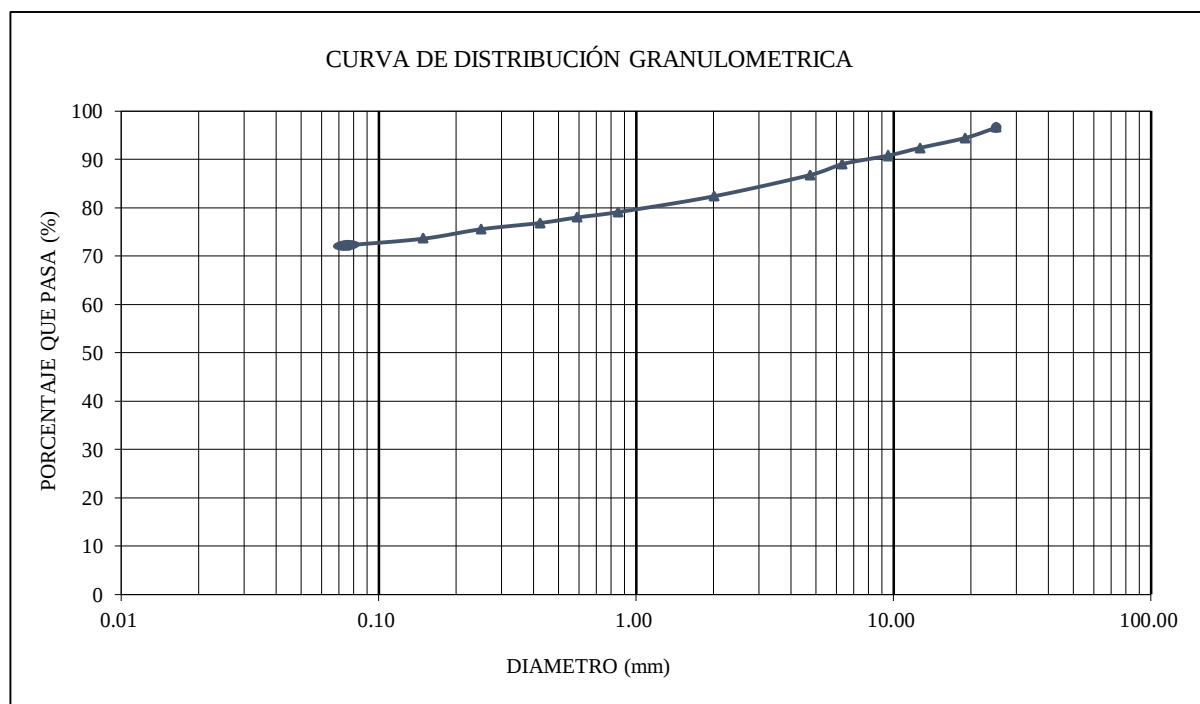
Título :	CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E 108)		
Descripción :	Calicata 3		
Muestra :	1	2	3
W (tara + M. Húmeda) gr	371.00	332.60	410.60
W (tara + M Seca) gr	338.30	303.50	374.00
W agua (gr)	32.70	29.10	36.60
W tara (gr)	40.70	36.60	39.60
W Muestra Seca (gr)	297.60	266.90	334.40
W(%)	10.99%	10.90%	10.94%
W (%) Promedio :	10.95%		

Ensayo de análisis granulométrico – Calicata N° 03 – Muestra 1

Título :	ANALISIS GRANULOMETRICO (ASTM D-421)
Descripción :	Calicata 03 - Muestra 1

FRACCION GRUESA	TAMIZ		Peso retenido parcial (g)	Peso retenido corregido (g)	Porcentaje retenido parcial (%)	Porcentaje retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
	N°	Abertura (mm)					
	2"	50.00					
	1 ½"	37.50	98.00	98.00	2.92	2.92	97.08
	1"	25.00	18.00	18.00	0.54	3.45	96.55
	¾"	19.05	71.00	71.00	2.11	5.57	94.43
	½"	12.70	69.00	69.00	2.05	7.62	92.38
	3/8"	9.53	54.00	54.00	1.61	9.23	90.77
	¼"	6.35	58.00	58.00	1.73	10.95	89.05
	N°4	4.75	76.00	76.00	2.26	13.21	86.79
FRACCION FINA	N° 10	2.00	25.40	148.13	4.41	17.62	82.38
	N° 20	0.85	18.80	109.64	3.26	20.89	79.11
	N° 30	0.59	6.30	36.74	1.09	21.98	78.02
	N° 40	0.43	6.50	37.91	1.13	23.11	76.89
	N° 60	0.25	7.50	43.74	1.30	24.41	75.59
	N° 100	0.15	11.20	65.32	1.94	26.35	73.65
	N° 200	0.08	7.90	46.07	1.37	27.72	72.28
	CAZOLETA	-.-	416.40	2428.44	72.28	100.00	0.00
TOTAL				3360.00			

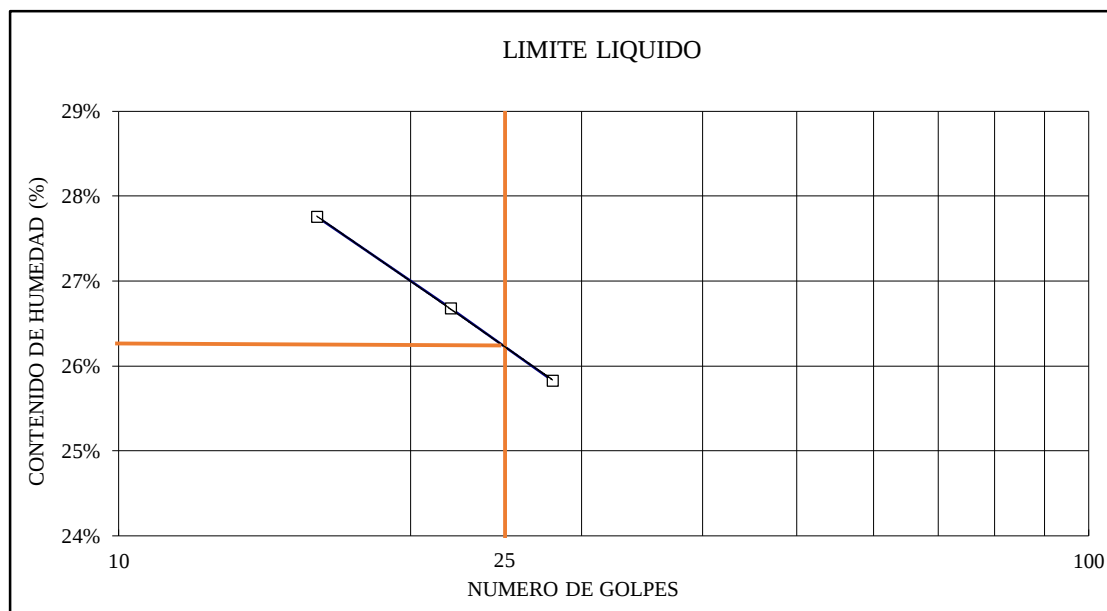
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
PESO DEL MATERIAL	
Peso inicial (gr) :	3360.00
P. Muestra > N°4	444.00
P. Muestra < N°4	2916.00
Peso Fracción Fino (gr) :	500.00
CLASIFICACION AASHTO :	
A-6	
CLASIFICACIÓN SUCS :	
CL	
Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media	



Ensayo de Limites de Atterberg – Calicata N° 03 – Muestra 01

Titulo :	LIMITE LIQUIDO (MTC E-110/ NTP 339.129 / ASTM D-4318)		
Descripción:	Calicata 3 - Muestra 1		
Ensayo N°	1	2	3
Recipiente N°	T-1	T-2	T-3
Peso de tara + peso suelo húmedo (gr)	54.91	52.77	47.62
Peso de tara + peso suelo seco (gr)	48.70	47.41	43.04
Peso de tara (gr)	26.33	27.32	25.31
Peso del agua (gr)	6.21	5.36	4.58
Peso suelo seco (gr)	22.37	20.09	17.73
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	27.76	26.68	25.83
N° DE GOLPES	16	22	28

Titulo :	LIMITE PLASTICO (MTC E- 111 / NTP 339.129 / ASTM D-4318)		
Descripción:	Calicata 3 - Muestra 1		
Recipiente N°	T-4	T-5	Promedio
Peso de tara + peso suelo húmedo (gr)	37.23	37.56	
Peso de tara + peso suelo seco (gr)	36.10	36.40	
Peso del agua (gr)	1.13	1.16	
Peso Recipiente (gr)	28.45	28.50	
Peso suelo seco (gr)	7.65	7.90	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	14.77%	14.68%	15.00 %



LIMITE LIQUIDO % :	26.00
LIMITE PLASTICO % :	15.00
INDICE DE PLASTICIDAD :	11.00

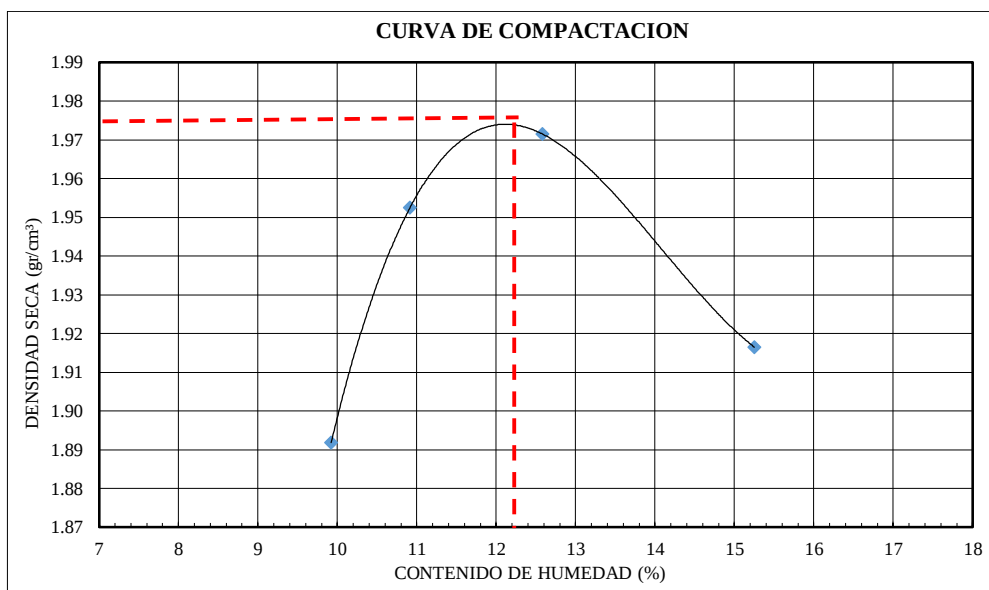
Ensayo de Gravedad especifica - Calicata N°03 - Muestra 01- muestra patrón

Título :	GRAVEDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS DE SUELO (MTC E 113 / ASTM D-854)		
Descripción:	Calicata 3 - Muestra 1		
Ensayo N°	1	2	Promedio
N° de Fiola	F-1	F-2	
Masa de Fiola (mf), g	98.71	98.71	
Masa de suelo seco (ms), g	72.00	73.12	
mf + agua destilada, g	346.83	366.78	
mf + ms + agua destilada	392.01	412.59	
Temperatura agua	29.90	29.90	
Coeficiente de corrección a 20°C (K)	0.99747	0.99747	
Peso específico de sólidos	2.68	2.68	2.681
Gravedad especifica de sólidos (Gs)	2.68	2.67	2.674

Ensayo de Próctor Modificado - Calicata N°03 - Muestra 01- muestra patrón

Título :	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (MTC E-115/ ASTM D1557 D698)	Diámetro del molde	4"
Descripción :	Calicata 3 - Muestra Patrón (CL)	Método de ensayo	A

DENSIDAD	NUMERO DE ENSAYO	1		2		3		4	
	N° de Capas	5		5		5		5	
	N° de Golpes por Capa	25		25		25		25	
	Peso Húmedo+ Molde (gr)	5740.00		5820.00		5870.00		5860.00	
	Peso Molde (gr)	3808.00		3808.00		3808.00		3808.00	
	Peso Húmedo (gr)	1932.00		2012.00		2062.00		2052.00	
	Volumen del Molde (cm³)	929.00		929.00		929.00		929.00	
	Densidad Húmeda (gr/cm³)	2.08		2.17		2.22		2.21	
HUMEDAD	Ensayo	1		2		3		4	
	Peso Húmedo + Tara (gr)	121.80	122.00	114.90	112.50	136.00	137.00	124.50	125.20
	Peso Seco + Tara (gr)	112.50	112.30	104.20	105.70	123.10	124.20	111.20	111.15
	Peso Agua (gr)	9.30	9.70	10.70	6.80	12.90	12.80	13.30	14.05
	Peso Tara (gr)	17.10	16.20	25.00	24.00	21.45	21.53	21.55	21.46
	Peso Muestra Seca (gr)	95.40	96.10	79.20	81.70	101.65	102.67	89.65	89.69
	Contenido de Humedad (%)	9.75	10.09	13.51	8.32	12.69	12.47	14.84	15.67
	C. Humedad (%) promedio	9.92		10.92		12.58		15.25	
	DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.89		1.95		1.97		1.92	



DENSIDAD SECA MAXIMA:	1.974
C. HUMEDAD OPTIMO :	12.20%

Ensayo CBR - Calicata N°03- Muestra 01- muestra patrón

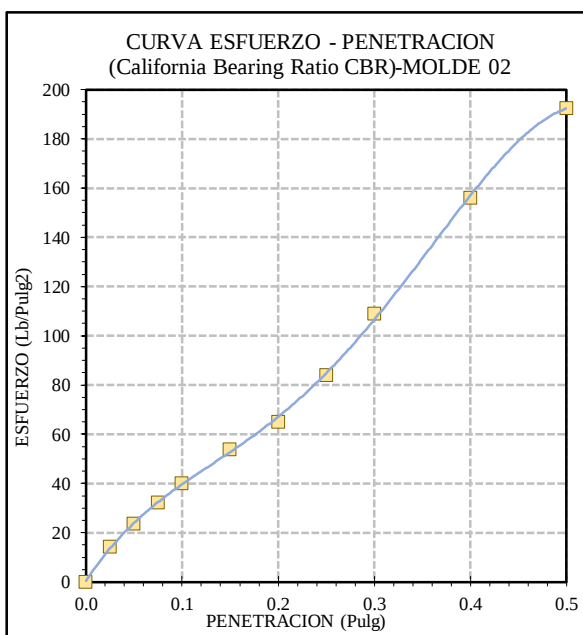
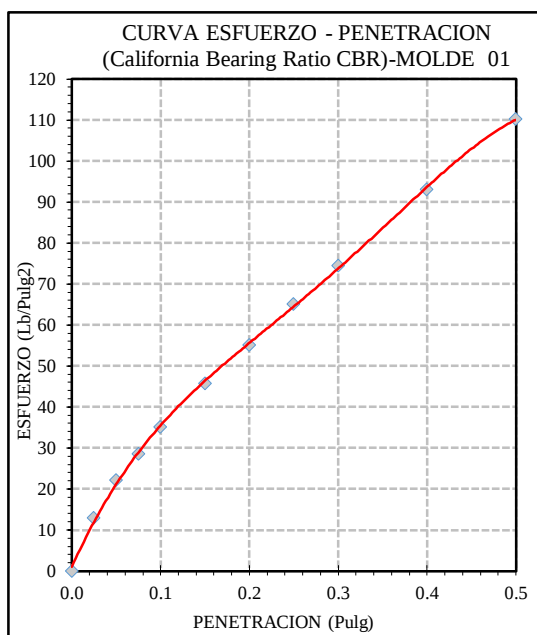
Título :	ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) - ASTM D 4429
Descripción :	Calicata 3 - Muestra Patrón (CL)

COMPACTACION C B R									
NUMERO MOLDE	1			2			3		
N° Capas	5			5			5		
N° Golpes x Capa	13			27			56		
Condición de Muestra	NO SATURADO		SATURADO	NO SATURADO		SATURADO	NO SATURADO		SATURADO
P. Húmedo + Molde (gr)	8213.0		8442.0	8704.0		8845.0	9680.0		9880.0
Peso Molde (gr)	3768.0		3768.0	4158.0		4158.0	5022.0		5022.0
Peso Húmedo (gr)	4445.0		4674.0	4546.0		4687.0	4658.0		4858.0
Volumen del Molde (cm³)	2132.66		2132.66	2104.94		2104.94	2123.06		2123.06
Densidad Húmeda (gr/cm³)	2.084		2.192	2.160		2.227	2.194		2.288
CONTENIDO DE HUMEDAD									
Número de Ensayo	1	2	3	1	2	3	1	2	3
P. Húmedo + Tara (gr)	109.80	116.80	138.90	106.50	115.30	117.00	109.40	114.20	121.60
Peso Seco + Tara (gr)	99.60	106.30	121.60	96.20	104.20	103.80	100.00	104.50	108.80
Peso Agua (gr)	10.20	10.50	17.20	10.30	11.10	13.20	9.40	9.70	12.80
Peso Tara (gr)	17.80	21.60	22.10	21.20	22.40	22.60	19.00	20.60	21.80
P. Muestra Seca (gr)	81.80	84.70	99.50	75.00	81.80	81.20	81.00	83.90	87.00
C. Humedad (%)	12.47%	12.40%	17.29%	13.73%	13.57%	16.26%	11.60%	11.56%	14.71%
C. Humedad Promedio (%)	12.43%		17.29%	13.65%		16.26%	11.58%		14.71%
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.854		1.869	1.900		1.915	1.966		1.995

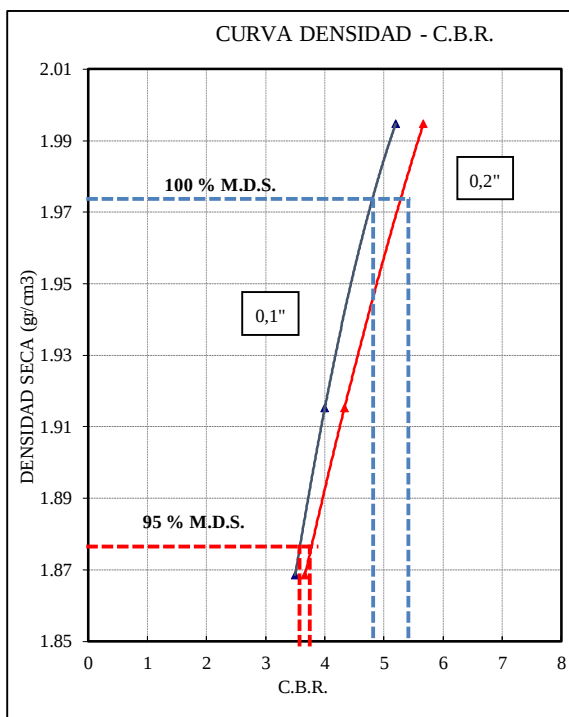
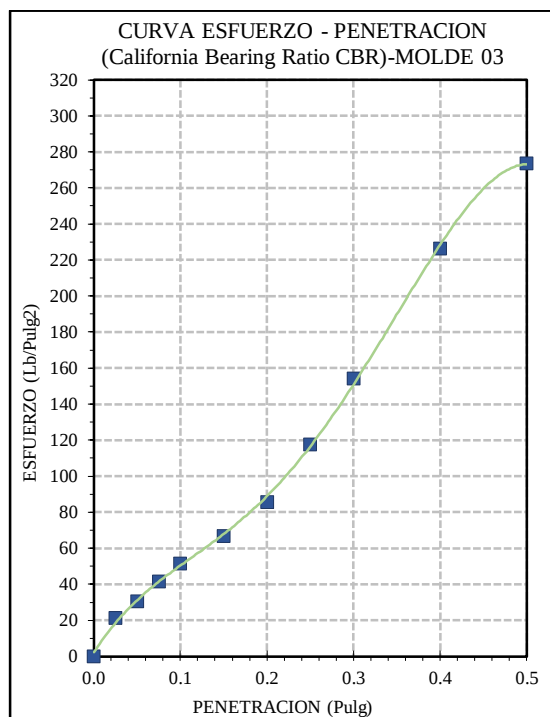
ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE N° 1			NUMERO DE MOLDE N° 2			NUMERO DE MOLDE N° 3		
		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
(Hs)	(Días)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	13.980	0.000	0.000	4.130	0.000	0.000	6.270	0.000	0.000
24	1	15.350	1.370	1.178	5.360	1.230	1.058	7.060	0.790	0.679
48	2	15.500	1.520	1.307	5.400	1.270	1.092	7.100	0.830	0.714
72	3	15.600	1.620	1.393	5.500	1.370	1.178	7.280	1.010	0.868
96	4	15.620	1.640	1.410	5.870	1.740	1.496	7.300	1.030	0.886

Ensayo CBR - Calicata N°03- Muestra 01- muestra patrón

ENSAYO CARGA - PENETRACION										
PENETRACION		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		Kg.	(Kg/cm²)	(Lb/pulg²)	Kg.	(Kg/cm²)	(Lb/pulg²)	Kg.	(Kg/cm²)	(Lb/pulg²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00
0.635	0.025	18.40	0.91	12.91	20.40	1.01	14.32	30.60	1.509	21.47
1.270	0.050	31.60	1.56	22.18	33.70	1.66	23.65	43.80	2.160	30.74
1.905	0.075	40.80	2.01	28.63	45.90	2.26	32.21	59.10	2.914	41.47
2.540	0.100	50.00	2.47	35.09	57.10	2.82	40.07	73.40	3.619	51.51
3.810	0.150	65.30	3.22	45.82	76.60	3.78	53.75	95.00	4.684	66.67
5.080	0.200	78.50	3.87	55.09	92.80	4.58	65.12	122.20	6.026	85.75
6.350	0.250	92.80	4.58	65.12	119.80	5.91	84.07	167.40	8.254	117.47
7.620	0.300	106.10	5.23	74.46	155.20	7.65	108.91	220.00	10.848	154.38
10.160	0.400	132.60	6.54	93.05	222.30	10.96	156.00	322.50	15.902	226.31
12.700	0.500	157.00	7.74	110.17	274.30	13.53	192.49	390.00	19.231	273.68



Ensayo CBR - Calicata N°03- Muestra 01- muestra patrón



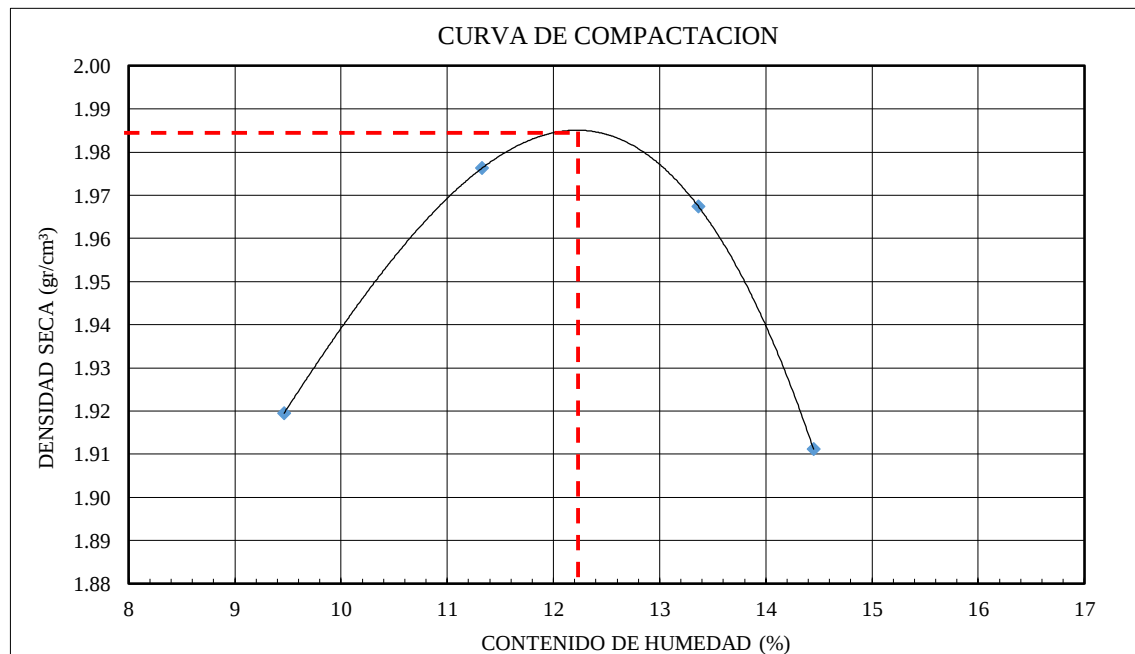
DESRIPICIÓN	DENSIDAD SECA (gr/cm3)	PRESION APLICADA (0.1") (Lb/pulg2)	CBR (0.1")	PRESION APLICADA (0.2") (Lb/pulg2)	CBR (0.2")
MOLDE 01	1.87	35.00	3.50	55.00	3.67
MOLDE 02	1.92	40.00	4.00	65.00	4.33
MOLDE 03	1.99	52.00	5.20	85.00	5.67

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO		VALOR C.B.R.	
DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm3) :	1.97	C.B.R. para el 100% de la M.D.S. a 0.1" =	4.90 %
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMO (%) :	12.20%	C.B.R. para el 95% de la M.D.S. a 0.1" =	3.50%

Ensayo de Próctor modificado– Calicata N°03 - Muestra 01 – 0.30 lt/m³ de Terrasil

Título :	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (MTC E-115/ ASTM D1557 D698)	Diámetro del molde	4"
Descripción :	Calicata 3 - Muestra 01 (CL) + 0.30 lt/m ³ Terrasil	Método de ensayo	A

DENSIDAD	NUMERO DE ENSAYO	1		2		3		4	
	N° de Capas	5		5		5		5	
	N° de Golpes por Capa	25		25		25		25	
	Peso Húmedo+ Molde (gr)	5760.00		5852.00		5880.00		5840.00	
	Peso Molde (gr)	3808.00		3808.00		3808.00		3808.00	
	Peso Húmedo (gr)	1952.00		2044.00		2072.00		2032.00	
	Volumen del Molde (cm ³)	929.00		929.00		929.00		929.00	
	Densidad Húmeda (gr/cm³)	2.101		2.200		2.230		2.187	
HUMEDAD	Ensayo	1		2		3		4	
	Peso Húmedo + Tara (gr)	128.70	121.20	116.90	118.50	128.80	137.50	122.20	126.00
	Peso Seco + Tara (gr)	119.30	112.20	107.10	108.60	116.30	123.70	111.20	111.10
	Peso Agua (gr)	9.40	9.00	9.80	9.90	12.50	13.80	11.00	14.90
	Peso Tara (gr)	17.90	19.00	20.50	21.30	21.80	21.50	21.60	21.46
	Peso Muestra Seca (gr)	101.40	93.20	86.60	87.30	94.50	102.20	89.60	89.64
	Contenido de Humedad (%)	9.27	9.66	11.32	11.34	13.23	13.50	12.28	16.62
	C. Humedad (%) promedio	9.46		11.33		13.37		14.45	
	DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.92		1.98		1.97		1.91	



DENSIDAD SECA MAXIMA:	1.985
C. HUMEDAD OPTIMO :	12.20 %

Ensayo de CBR – Calicata N°03- Muestra 01– 0.30 lt/m3 de Terrasil

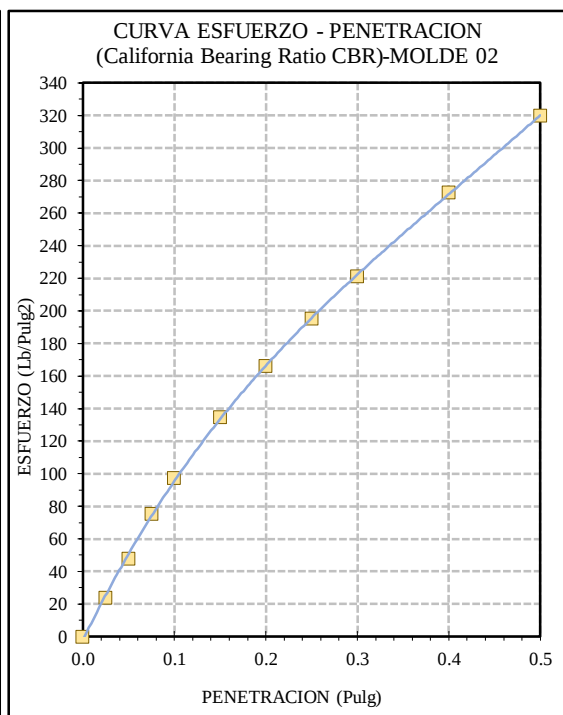
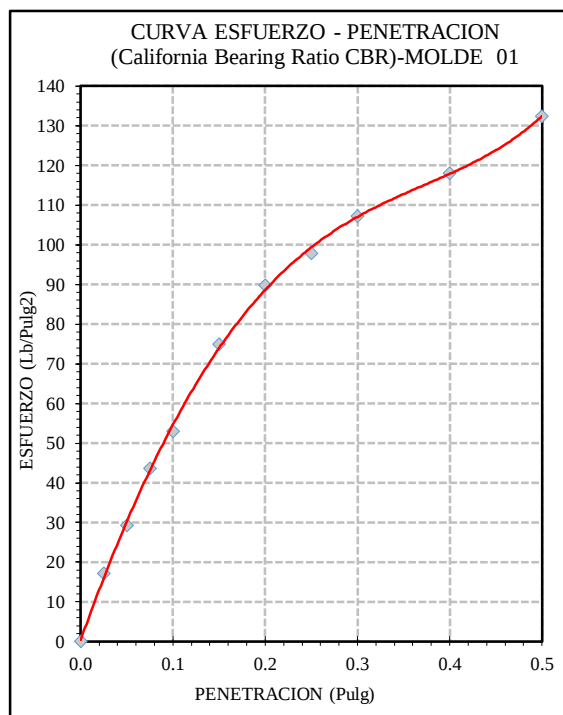
Título :	ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) - ASTM D 4429
Descripción :	Calicata 3 - Muestra 01 (CL) + 0.30 lt/m3 Terrasil

COMPACTACION C B R									
NUMERO MOLDE	1			2			3		
N° Capas	5			5			5		
N° Golpes x Capa	13			27			56		
Condición de Muestra	NO SATURADO	SATURAD O		NO SATURADO	SATURAD O		NO SATURADO	SATURAD O	
P. Húmedo + Molde (gr)	8656.0	8896.0		8692.0	8846.0		9766.0	9982.0	
Peso Molde (gr)	4342.0	4342.0		4076.0	4076.0		5022.0	5022.0	
Peso Húmedo (gr)	4314.0	4554.0		4616.0	4770.0		4744.0	4960.0	
Volumen del Molde (cm³)	2104.90	2104.90		2132.70	2132.70		2123.06	2123.06	
Densidad Húmeda (gr/cm³)	2.050	2.164		2.164	2.237		2.235	2.336	
CONTENIDO DE HUMEDAD									
Número de Ensayo	1	2	3	1	2	3	1	2	3
P. Húmedo + Tara (gr)	123.60	114.50	105.80	110.30	121.60	126.80	111.90	123.40	117.60
Peso Seco + Tara (gr)	112.50	104.20	94.00	100.80	110.70	112.20	103.00	113.20	105.00
Peso Agua (gr)	11.10	10.30	11.80	9.50	10.90	14.60	8.90	10.20	12.60
Peso Tara (gr)	21.80	20.80	26.00	26.30	25.90	17.60	26.00	25.30	19.00
P. Muestra Seca (gr)	90.70	83.40	68.00	74.50	84.80	94.60	77.00	87.90	86.00
C. Humedad (%)	12.24%	12.35 %	17.35%	12.75 %	12.85 %	15.43%	11.56 %	11.60 %	14.65%
C. Humedad Promedio (%)	12.29%		17.35%	12.80%		15.43%	11.58%		14.65%
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.825		1.844	1.919		1.938	2.003		2.038

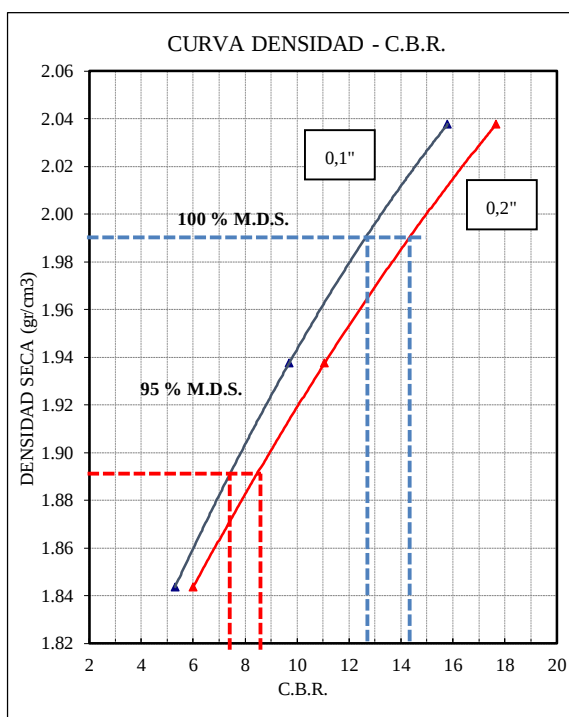
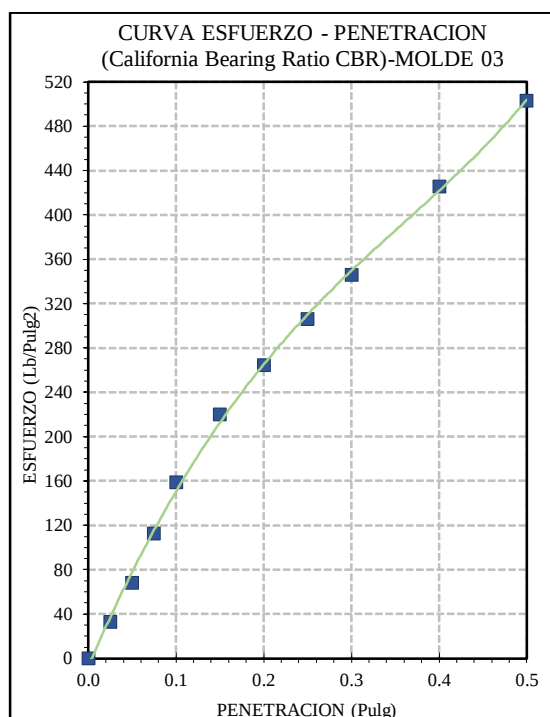
ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE N° 1			NUMERO DE MOLDE N° 2			NUMERO DE MOLDE N° 3		
		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
(Hs)	(Días)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	14.830	0.000	0.000	5.450	0.000	0.000	7.520	0.000	0.000
24	1	16.920	2.090	1.797	6.280	0.830	0.714	7.940	0.420	0.361
48	2	17.380	2.550	2.193	6.470	1.020	0.877	8.010	0.490	0.421
72	3	17.410	2.580	2.218	6.570	1.120	0.963	8.110	0.590	0.507
96	4	17.450	2.620	2.253	6.600	1.150	0.989	8.200	0.680	0.585

Ensayo de CBR – Calicata N°03- Muestra 01– 0.30 lt/m3 de Terrasil

ENSAYO CARGA - PENETRACION										
PENETRACION		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		Kg.	(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)	Kg.	(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)	Kg.	(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00
0.635	0.025	24.50	1.21	17.19	33.70	1.66	23.65	46.70	2.303	32.77
1.270	0.050	41.80	2.06	29.33	68.30	3.37	47.93	97.50	4.808	68.42
1.905	0.075	62.20	3.07	43.65	107.10	5.28	75.16	160.50	7.914	112.63
2.540	0.100	75.50	3.72	52.98	138.70	6.84	97.33	226.50	11.169	158.95
3.810	0.150	106.90	5.27	75.02	191.70	9.45	134.52	313.30	15.449	219.86
5.080	0.200	127.90	6.31	89.75	236.60	11.67	166.03	376.70	18.575	264.35
6.350	0.250	139.50	6.88	97.89	278.40	13.73	195.37	436.00	21.499	305.96
7.620	0.300	152.80	7.53	107.23	315.10	15.54	221.12	493.30	24.324	346.17
10.160	0.400	168.30	8.30	118.10	388.50	19.16	272.63	606.70	29.916	425.75
12.700	0.500	188.60	9.30	132.35	455.80	22.48	319.86	716.90	35.350	503.08



Ensayo de CBR – Calicata N°03- Muestra 01– 0.30 lt/m3 de Terrasil



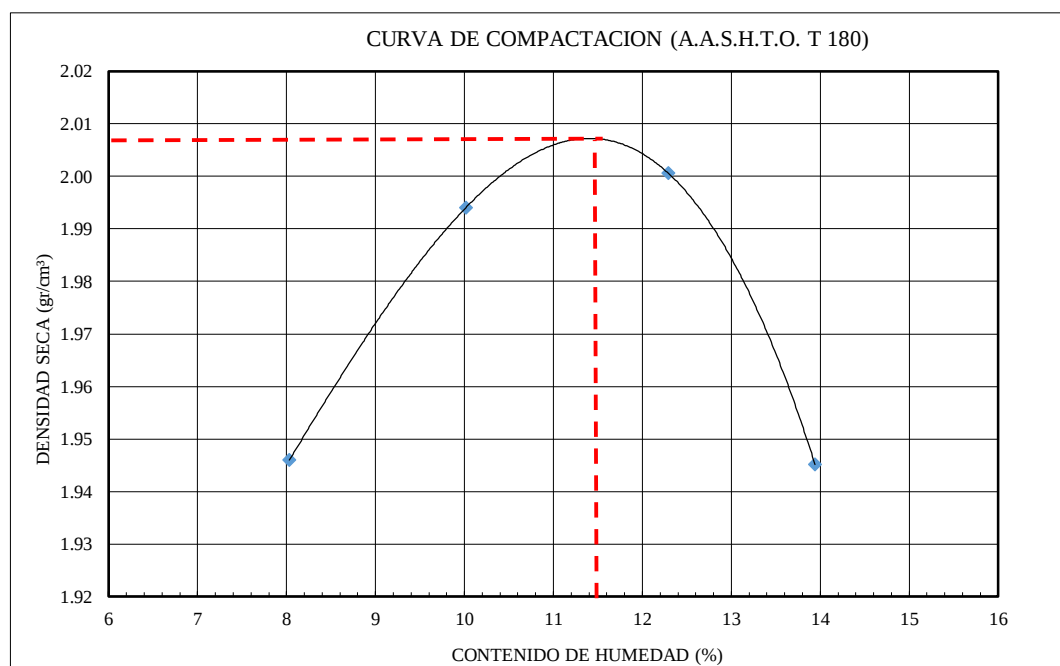
DESCRIPCIÓN	DENSIDAD SECA (gr/cm3)	PRESION APLICADA (0.1") (Lb/pulg2)	CBR (0.1")	PRESION APLICADA (0.2") (Lb/pulg2)	CBR (0.2")
MOLDE 01	1.84	53.00	5.30	90.00	6.00
MOLDE 02	1.94	97.00	9.70	166.00	11.07
MOLDE 03	2.04	158.00	15.80	265.00	17.67

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO		VALOR C.B.R.	
DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm3) :	1.99	C.B.R. para el 100% de la M.D.S. a 0.1" =	12.90%
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMO (%) :	12.20%	C.B.R. para el 95% de la M.D.S. a 0.1" =	7.50%

Ensayo de Próctor modificado– Calicata N°03 - Muestra 01 – 0.50 lt/m³ de Terrasil

Título :	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (MTC E-115/ ASTM D1557 D698)	Diámetro del molde	4"
Descripción :	Calicata 3 - Muestra 01 (CL) + 0.50 lt/m ³ Terrasil	Método de ensayo	A

DENSIDAD	NUMERO DE ENSAYO	1		2		3		4	
	N° de Capas	5		5		5		5	
	N° de Golpes por Capa	25		25		25		25	
	Peso Húmedo+ Molde (gr)	5761.00		5846.00		5895.00		5867.00	
	Peso Molde (gr)	3808.00		3808.00		3808.00		3808.00	
	Peso Húmedo (gr)	1953.00		2038.00		2087.00		2059.00	
	Volumen del Molde (cm ³)	929.00		929.00		929.00		929.00	
	Densidad Húmeda (gr/cm³)	2.102		2.194		2.247		2.216	
HUMEDAD	Ensayo	1		2		3		4	
	Peso Húmedo + Tara (gr)	124.70	121.80	124.10	116.50	128.90	136.80	129.40	124.28
	Peso Seco + Tara (gr)	116.80	114.20	114.80	107.30	117.20	124.40	116.46	111.48
	Peso Agua (gr)	7.90	7.60	9.30	9.20	11.70	12.40	12.94	12.80
	Peso Tara (gr)	18.80	19.20	18.40	18.70	21.80	23.80	21.75	21.46
	Peso Muestra Seca (gr)	98.00	95.00	96.40	88.60	95.40	100.60	94.71	90.02
	Contenido de Humedad (%)	8.06	8.00	9.65	10.38	12.26	12.33	13.66	14.22
	C. Humedad (%) promedio	8.03		10.02		12.30		13.94	
	DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.95		1.99		2.00		1.95	



DENSIDAD SECA MAXIMA:	2.008
C. HUMEDAD OPTIMO :	11.50%

Ensayo de CBR – Calicata N°03- Muestra 01– 0.50 lt/m3 de Terrasil

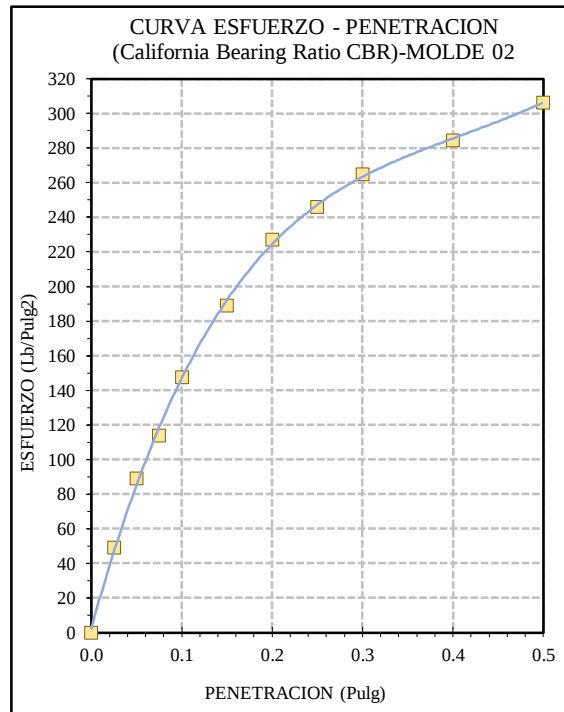
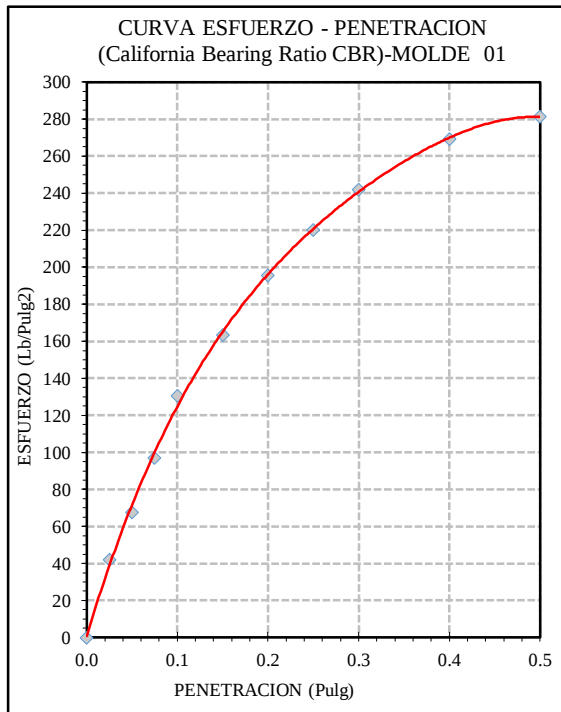
Título :	ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) - ASTM D 4429
Descripción :	Calicata 3 – Muestra 01 (CL) + 0.50 lt/m3 Terrasil

COMPACTACION C B R									
NUMERO MOLDE	1			2			3		
N° Capas	5			5			5		
N° Golpes x Capa	13			27			56		
Condición de Muestra	NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO	
P. Húmedo + Molde (gr)	8390.0	8420.0		8724.0	8845.0		9780.0	9930.0	
Peso Molde (gr)	3768.0	3768.0		4158.0	4158.0		5022.0	5022.0	
Peso Húmedo (gr)	4622.0	4652.0		4566.0	4687.0		4758.0	4908.0	
Volumen del Molde (cm³)	2132.70	2132.70		2104.90	2104.90		2123.00	2123.00	
Densidad Húmeda (gr/cm³)	2.167	2.181		2.169	2.227		2.241	2.312	
CONTENIDO DE HUMEDAD									
Número de Ensayo	1	2	3	1	2	3	1	2	3
P. Húmedo + Tara (gr)	104.80	105.60	115.30	137.90	134.90	116.90	137.60	139.90	121.30
Peso Seco + Tara (gr)	94.60	95.60	101.10	123.70	122.60	103.80	125.20	126.80	108.80
Peso Agua (gr)	10.20	10.00	14.20	14.20	12.30	13.10	12.40	13.10	12.50
Peso Tara (gr)	21.10	22.00	19.60	23.10	21.30	21.50	23.10	23.60	21.80
P. Muestra Seca (gr)	73.50	73.60	81.50	100.60	101.30	82.30	102.10	103.20	87.00
C. Humedad (%)	13.88%	13.59%	17.42%	14.12%	12.14%	15.92%	12.14%	12.69%	14.37%
C. Humedad Promedio (%)	13.73%		17.42%	13.13%		15.92%	12.42%		14.37%
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.906		1.858	1.917		1.921	1.994		2.021

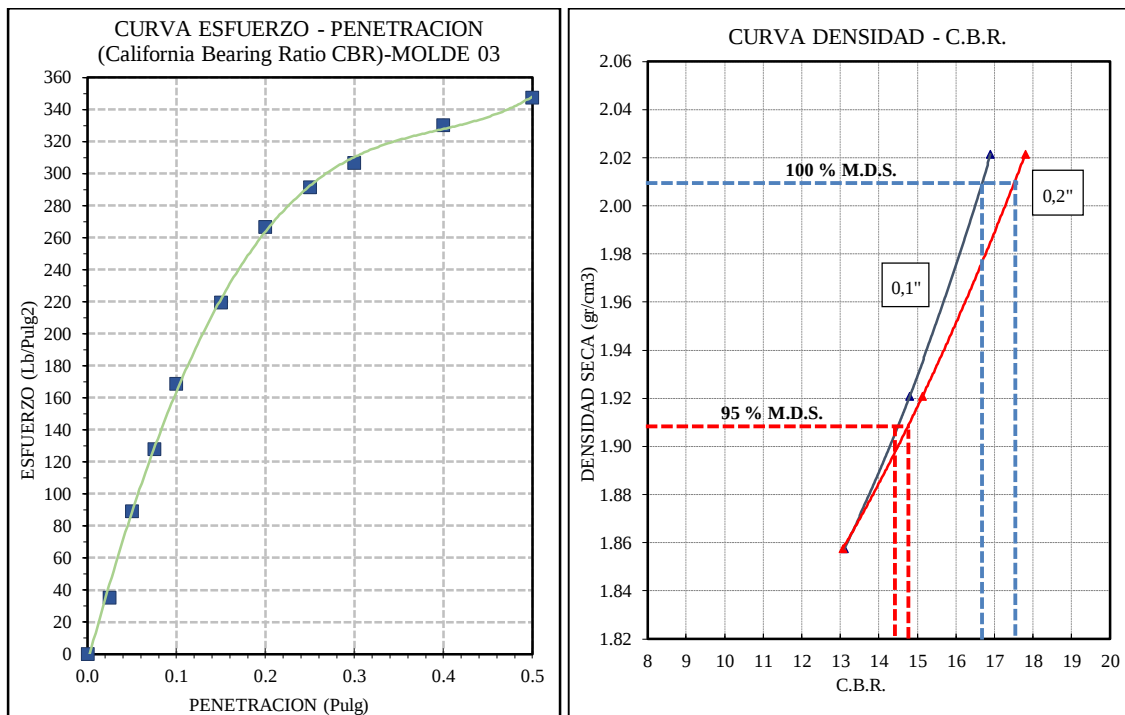
ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO		NUMERO DE MOLDE N° 1			NUMERO DE MOLDE N° 2			NUMERO DE MOLDE N° 3		
		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
(Hs)	(Días)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	12.700	0.000	0.000	6.900	0.000	0.000	4.400	0.000	0.000
24	1	13.260	0.560	0.482	7.400	0.500	0.430	5.300	0.900	0.774
48	2	13.780	1.080	0.929	7.950	1.050	0.903	5.950	1.550	1.333
72	3	14.300	1.600	1.376	8.380	1.480	1.273	6.280	1.880	1.617
96	4	14.600	1.900	1.634	8.900	2.000	1.720	6.950	2.550	2.193

Ensayo de CBR – Calicata N°03- Muestra 01– 0.50 lt/m3 de Terrasil

ENSAYO CARGA - PENETRACION										
PENETRACION		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
(mm)	(pulg)	CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO	
			(Kg/cm²)	(Lb/pulg²)		(Kg/cm²)	(Lb/pulg²)		(Kg/cm²)	(Lb/pulg²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00
0.635	0.025	59.90	2.95	42.03	70.30	3.47	49.33	49.90	2.461	35.02
1.270	0.050	96.60	4.76	67.79	127.20	6.27	89.26	127.30	6.277	89.33
1.905	0.075	138.50	6.83	97.19	162.50	8.01	114.03	182.40	8.994	128.00
2.540	0.100	186.20	9.18	130.66	210.60	10.38	147.79	240.20	11.844	168.56
3.810	0.150	233.20	11.50	163.65	269.50	13.29	189.12	312.80	15.424	219.51
5.080	0.200	278.60	13.74	195.51	323.70	15.96	227.15	380.30	18.752	266.87
6.350	0.250	313.60	15.46	220.07	350.60	17.29	246.03	415.60	20.493	291.64
7.620	0.300	345.00	17.01	242.10	377.50	18.61	264.91	437.10	21.553	306.73
10.160	0.400	384.00	18.93	269.47	405.60	20.00	284.63	470.50	23.200	330.17
12.700	0.500	400.80	19.76	281.26	436.80	21.54	306.52	495.30	24.423	347.57



Ensayo de CBR – Calicata N°03- Muestra 01– 0.50 lt/m3 de Terrasil



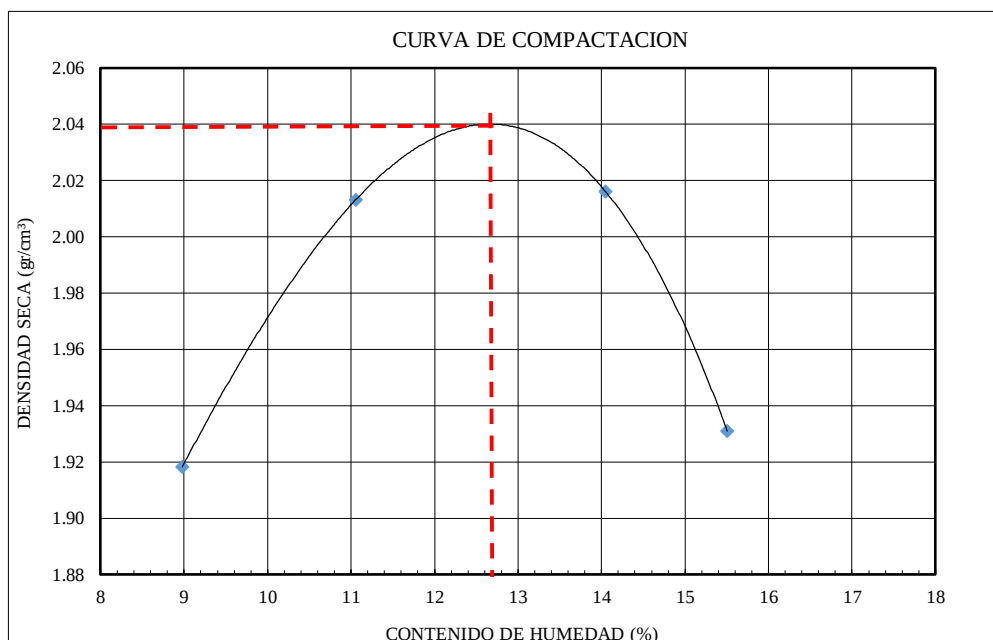
DESRIPICIÓN	DENSIDAD SECA (gr/cm3)	PRESION APLICADA (0.1") (Lb/pulg2)	CBR (0.1")	PRESION APLICADA (0.2") (Lb/pulg2)	CBR (0.2")
MOLDE 01	1.86	131.00	13.10	196.00	13.07
MOLDE 02	1.92	148.00	14.80	227.00	15.13
MOLDE 03	2.02	169.00	16.90	267.00	17.80

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO		VALOR C.B.R.	
DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm3) :	2.01	C.B.R. para el 100% de la M.D.S. a 0.1" =	16.80%
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMO (%) :	11.50%	C.B.R. para el 95% de la M.D.S. a 0.1" =	14.50%

Ensayo de Próctor modificado– Calicata N°03 - Muestra 01 – 1.00 lt/m³ de Terrasil

Título :	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (MTC E-115/ ASTM D1557 D698)	Diámetro del molde	4"
Descripción :	Calicata 3 - Muestra 01 (CL) + 1.0 lt/m3 Terrasil	Método de ensayo	A

DENSIDAD	NUMERO DE ENSAYO	1		2		3		4	
	N° de Capas	5		5		5		5	
	N° de Golpes por Capa	25		25		25		25	
	Peso Húmedo+ Molde (gr)	5750.00		5885.00		5944.00		5880.00	
	Peso Molde (gr)	3808.00		3808.00		3808.00		3808.00	
	Peso Húmedo (gr)	1942.00		2077.00		2136.00		2072.00	
	Volumen del Molde (cm ³)	929.00		929.00		929.00		929.00	
	Densidad Húmeda (gr/cm³)	2.090		2.236		2.299		2.230	
HUMEDAD	Ensayo	1		2		3		4	
	Peso Húmedo + Tara (gr)	129.40	122.50	116.80	118.20	132.10	138.50	125.20	125.00
	Peso Seco + Tara (gr)	120.40	113.80	105.60	108.40	118.50	124.10	111.20	111.20
	Peso Agua (gr)	9.00	8.70	11.20	9.80	13.60	14.40	14.00	13.80
	Peso Tara (gr)	17.90	19.00	2.50	21.30	21.80	21.50	21.60	21.50
	Peso Muestra Seca (gr)	102.50	94.80	103.10	87.10	96.70	102.60	89.60	89.70
	Contenido de Humedad (%)	8.78	9.18	10.86	11.25	14.06	14.04	15.63	15.38
	C. Humedad (%) promedio	8.98		11.06		14.05		15.50	
	DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.92		2.01		2.02		1.93	



DENSIDAD SECA MAXIMA:	2.04
C. HUMEDAD OPTIMO :	12.70 %

Ensayo de CBR – Calicata N°03- Muestra 01– 1.00 lt/m3 de Terrasil

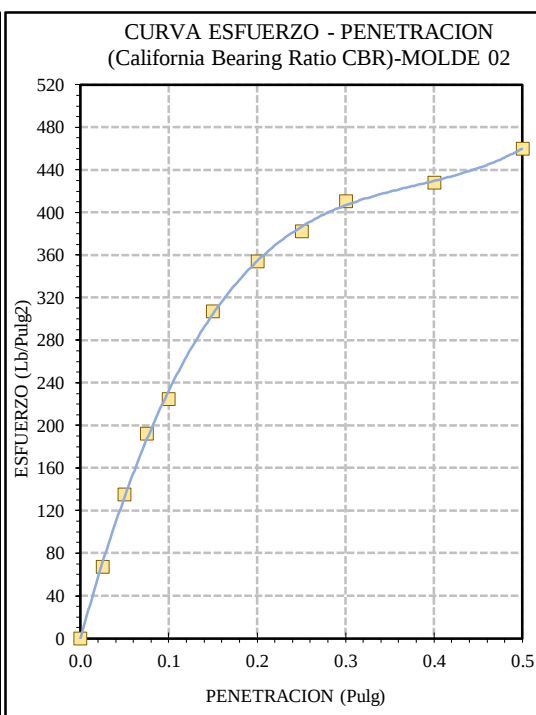
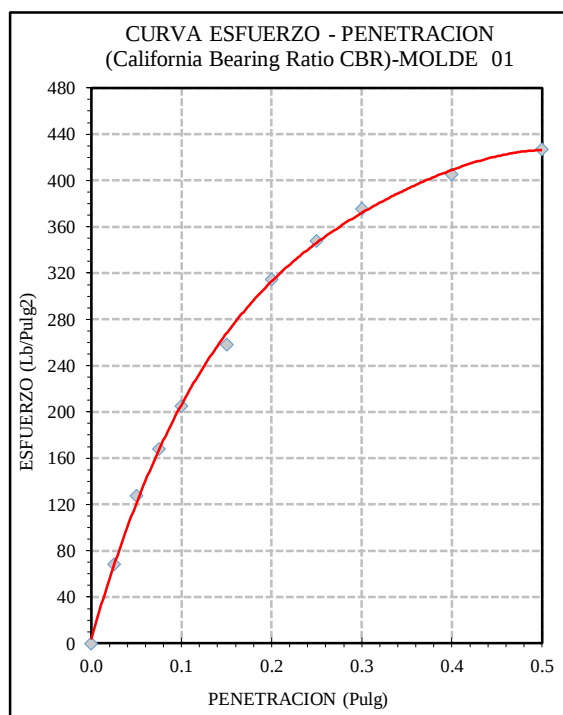
Título :	ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) - ASTM D 4429
Descripción :	Calicata 3 - Muestra 01 (CL) + 1.00 lt/m3 Terrasil

COMPACTACION C B R									
NUMERO MOLDE	1			2			3		
Nº Capas	5			5			5		
Nº Golpes x Capa	13			27			56		
Condición de Muestra	NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO	
P. Húmedo + Molde (gr)	8450.0	8540.0		8880.0	8940.0		9780.0	10020.0	
Peso Molde (gr)	3768.0	3768.0		4158.0	4158.0		5022.0	5022.0	
Peso Húmedo (gr)	4682.0	4772.0		4722.0	4782.0		4758.0	4998.0	
Volumen del Molde (cm³)	2132.70	2132.70		2104.90	2104.90		2123.00	2123.00	
Densidad Húmeda (gr/cm³)	2.195	2.238		2.243	2.272		2.241	2.354	
CONTENIDO DE HUMEDAD									
Número de Ensayo	1	2	3	1	2	3	1	2	3
P. Húmedo + Tara (gr)	105.90	106.90	115.90	138.50	134.90	116.50	137.20	139.30	120.50
Peso Seco + Tara (gr)	94.60	95.60	101.10	123.70	122.60	103.80	125.20	126.80	108.80
Peso Agua (gr)	11.30	11.30	14.80	14.80	12.30	12.70	12.00	12.50	11.70
Peso Tara (gr)	21.10	21.90	19.60	23.10	21.30	21.50	23.10	23.60	21.80
P. Muestra Seca (gr)	73.50	73.70	81.50	100.60	101.30	82.30	102.10	103.20	87.00
C. Humedad (%)	15.37%	15.33%	18.16%	14.71%	12.14%	15.43%	11.75%	12.11%	13.45%
C. Humedad Promedio (%)	15.35%		18.16%	13.43%		15.43%	11.93%		13.45%
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.903		1.894	1.978		1.968	2.002		2.075

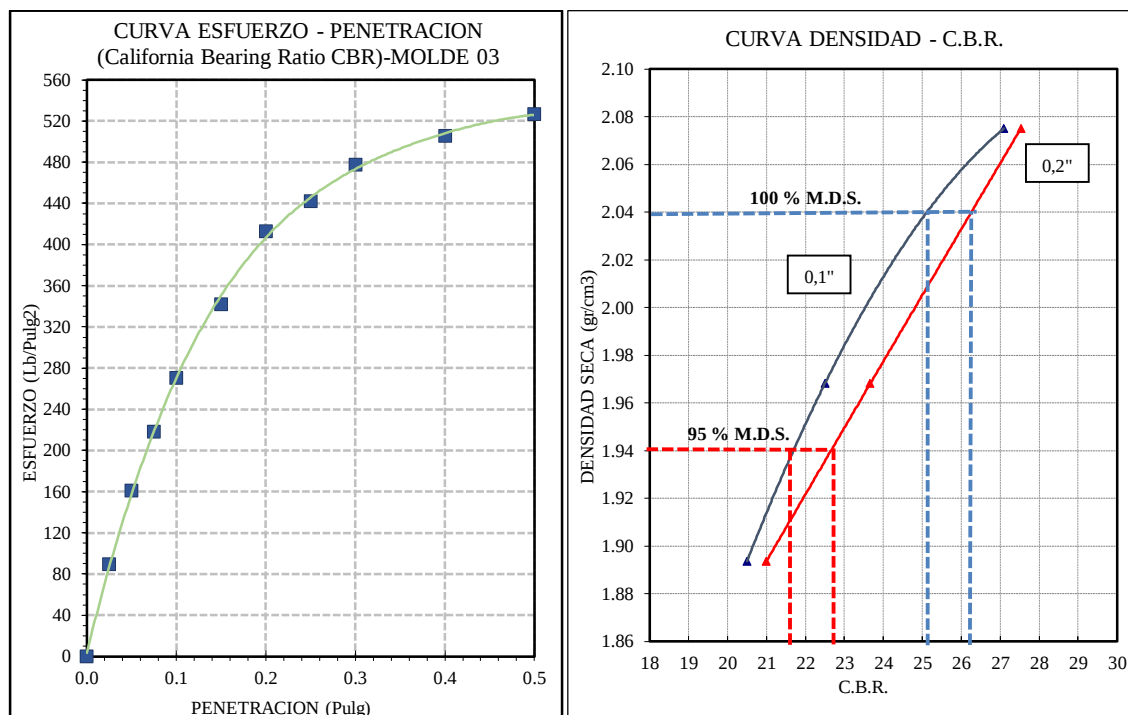
ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO		NUMERO DE MOLDE Nº 1			NUMERO DE MOLDE Nº 2			NUMERO DE MOLDE Nº 3		
ACUMULADO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
(Hs)	(Días)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	12.350	0.000	0.000	7.500	0.000	0.000	7.700	0.000	0.000
24	1	12.800	0.450	0.387	8.300	0.800	0.688	8.400	0.700	0.602
48	2	13.300	0.950	0.817	8.900	1.400	1.204	9.150	1.450	1.247
72	3	13.850	1.500	1.290	9.400	1.900	1.634	9.600	1.900	1.634
96	4	14.300	1.950	1.677	9.850	2.350	2.021	10.150	2.450	2.107

Ensayo de CBR – Calicata N°03- Muestra 01– 1.00 lt/m3 de Terrasil

ENSAYO CARGA - PENETRACION										
PENETRACION		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
(mm)	(pulg)	CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO	
			(Kg/cm²)	(Lb/pulg²)		(Kg/cm²)	(Lb/pulg²)		(Kg/cm²)	(Lb/pulg²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00
0.635	0.025	97.30	4.80	68.28	95.90	4.73	67.30	127.90	6.307	89.75
1.270	0.050	182.30	8.99	127.93	193.10	9.52	135.51	229.20	11.302	160.84
1.905	0.075	239.40	11.80	168.00	274.20	13.52	192.42	311.40	15.355	218.52
2.540	0.100	292.30	14.41	205.12	320.50	15.80	224.91	385.90	19.029	270.80
3.810	0.150	368.20	18.16	258.38	437.70	21.58	307.15	487.40	24.034	342.03
5.080	0.200	448.50	22.12	314.73	505.10	24.91	354.45	588.20	29.004	412.77
6.350	0.250	496.10	24.46	348.14	545.40	26.89	382.73	630.50	31.090	442.45
7.620	0.300	535.30	26.40	375.64	585.60	28.88	410.94	680.80	33.570	477.75
10.160	0.400	578.10	28.51	405.68	610.10	30.08	428.13	720.60	35.533	505.68
12.700	0.500	608.60	30.01	427.08	655.70	32.33	460.13	750.50	37.007	526.66



Ensayo de CBR – Calicata N°03- Muestra 01– 1.00 lt/m3 de Terrasil



DESCRIPCIÓN	DENSIDAD SECA (gr/cm3)	PRESION APLICADA (0.1") (Lb/pulg2)	CBR (0.1")	PRESION APLICADA (0.2") (Lb/pulg2)	CBR (0.2")
MOLDE 01	1.89	205.00	20.50	315.00	21.00
MOLDE 02	1.97	225.00	22.50	355.00	23.67
MOLDE 03	2.08	271.00	27.10	413.00	27.53

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO		VALOR C.B.R.	
DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm3) :	2.06	C.B.R. para el 100% de la M.D.S. a 0.1" =	25.00%
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMO (%) :	13.40%	C.B.R. para el 95% de la M.D.S. a 0.1" =	21.50%

ANEXO B. PLANILLA DE METRADOS

B.1. PARA CARRETERA CON AFIRMADO SIN ESTABILIZACION

Tabla resumen de metrados para una carretera con un espesor de afirmado de 35 cm.

Ítem	Descripción de la Partida	Unidad	Metrado
01	OBRAS PRELIMINARES		
01.01	Movilización y Desmovilización de Equipos	glb	1.00
01.02	Trazo, Replanteo y Control Topográfico	km	3.30
01.03	Desbroce y Limpieza de Terreno	m2	9,900.00
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
02.01	Corte de Material Suelto con Equipo	m3	5,437.10
02.02	Relleno con Material Propio	m3	926.33
02.03	Limpieza y Reconformación de Cunetas	m	3,300.00
03	PAVIMENTOS		
03.01	Perfilado y Compactado de Sub-rasante	m2	12,117.70
03.02	Mejoramiento de la Sub-rasante con Over	m3	3,742.00
03.03	Afirmado E=0.35 m	m3	4,241.16
04	TRANSPORTE		
04.01	Transporte de Material de Afirmado hasta 1 km	m3k	4,241.16
04.02	Transporte de Material de Afirmado después de 1 km	m3k	27,694.79
04.03	Transporte de Material de Eliminación hasta 1 km	m3k	4,510.76
04.04	Transporte de Material de Eliminación después de 1 km	m3k	28,260.83

CALCULO DE METRADOS

Partida 01.03. Desbroce y Limpieza de Terreno

Progresiva		Longitud	Ancho		Área Total
Inicio	Final	m	Lado Izquierdo	Lado Derecho	m ²
00+000	01+000	1,000.00	1.50	1.50	3,000.00
01+000	02+000	1,000.00	1.50	1.50	3,000.00
02+000	03+000	1,000.00	1.50	1.50	3,000.00
03+000	03+300	300.00	1.50	1.50	900.00
TOTAL		3,300.00			9,900.00

Partida 02.01 Corte de Material Suelto y Relleno con material propio

Progresiva		Volumen Corte	Volumen Relleno
Inicio	Final	(m3)	(m3)
00+000	01+000	1,752.08	269.05
01+000	02+000	2,178.30	140.25
02+000	03+000	1,321.53	416.40
03+000	03+300	185.20	100.63
TOTAL		5,437.1	926.33

Partida 02.03 Limpieza y Reconformación de Cunetas

Progresiva		Longitud	Lado	Long. Total
Inicio	Final	m		m
00+000.00	02+040.00	2,040.00	I	2,040.00
02+040.00	02+960.00	920.00	D	920.00
02+960.00	03+300.00	340.00	I	340.00
TOTAL		3,300.00		3,300.00

Partida 03.01. Perfilado y Compactado de Sub-rasante

Progresiva		Longitud	Ancho Promedio	Area	Area S/A	Area Total
Inicio	Final	m	m	m ²	m ²	m ²
00+000	01+000	1,000.00	3.60	3,600.00	72.00	3,672.00
01+000	02+000	1,000.00	3.60	3,600.00	72.00	3,672.00
02+000	03+000	1,000.00	3.60	3,600.00	72.00	3,672.00
03+000	03+300	300.00	3.60	1,080.00	21.60	1,101.60
TOTAL		3,300.00		11,880.00	237.60	12,117.60

Partida 03.02 Mejoramiento de la Sub-rasante con Over

Progresiva		Longitud	Ancho Prom.	Espesor	Area	Area S/A	Area Total	Vol. Total
Inicio	Final	m	m	m	m ²	m ²	m ²	m ³
00+000.00	03+300.00	3,300.00	3.60	0.30	11,880.00	594.00	12,474.00	3,742.20
TOTAL		3,300.00			11,880.00	594.00	12,474.00	3,742.20

Partida 03.03 Afirmado E=0.35 m

Progresiva		Longitud	Ancho Prom.	Espesor	Área	Área S/A	Área Total	Vol. Total
Inicio	Final	m	m	m	m ²	m ²	m ²	m ³
00+000.00	01+400.00	1,400.00	3.60	0.35	5,040.00	100.80	5,140.80	1,799.28
01+400.00	02+400.00	1,000.00	3.60	0.35	3,600.00	72.00	3,672.00	1,285.20
02+400.00	03+300.00	900.00	3.60	0.35	3,240.00	64.80	3,304.80	1,156.68
TOTAL		3,300.00			11,880.00	237.60	12,117.60	4,241.16

Partida

04.01 Transporte de Material de Afirmado

									PAVIMENTOS								
INICIO (km)	FIN (km)	Ecuación Empalme (m)	Código Cantera	Ubicación de Canteras (km)	Participación %	Acceso (km)	D.L.P. 120.00 m (km)	Distancia (km)	Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m²)	SA (m²)	Espesor (m)	Volumen (m³)	Momento (m³·km)	D<=1km (m³·km)	D>1km (m³·km)
0+000.00	1+000.00	-	C-2	9.30	100.00%	-	0.12	8.68	1,000.00	3.600	3,600.00	72.00	0.35	1,285.20	11,155.54	1,285.20	9,870.34
1+000.00	2+000.00	-	C-2	9.30	100.00%	-	0.12	7.68	1,000.00	3.600	3,600.00	72.00	0.35	1,285.20	9,870.34	1,285.20	8,585.14
2+000.00	3+000.00	-	C-2	9.30	100.00%	-	0.12	6.68	1,000.00	3.600	3,600.00	72.00	0.35	1,285.20	8,585.14	1,285.20	7,299.94
3+000.00	3+300.00	-	C-2	9.30	100.00%	-	0.12	6.03	300.00	3.600	1,080.00	21.60	0.35	385.56	2,324.93	385.56	1,939.37
									3,300.00					4,241.16	31,935.95	4,241.16	27,694.79

Partida

04.03 Transporte de Material de Eliminación

TIPO	Estaca	Excedente (m³)	BOTADERO			DISTANCIA DE TRANSPORTE					TRANSPORTE	
			Código	C.G. (Km)	Acceso (Km)	Dist. Total (Km)	Libre (Km)	Dist. Valorizada (Km)	D<1 km (Km)	D>1 km (Km)	D<1km m3-km	D>1Km m3-km
E X P L A N A C I O N E S			B-1	8.70	0.1	8.80	0.12	8.68	1.00	7.68		
	0+020.00	12.45	B-1	8.70	0.1	8.78	0.12	8.66	1.00	7.66	12.45	95.37
	0+040.00	1.30	B-1	8.70	0.1	8.76	0.12	8.64	1.00	7.64	1.30	9.93
	0+060.00		B-1	8.70	0.1	8.74	0.12	8.62	1.00	7.62		
	0+070.00	2.25	B-1	8.70	0.1	8.73	0.12	8.61	1.00	7.61	2.25	17.12
	0+080.00	1.20	B-1	8.70	0.1	8.72	0.12	8.60	1.00	7.60	1.20	9.12
	0+100.00	7.90	B-1	8.70	0.1	8.70	0.12	8.58	1.00	7.58	7.90	59.88
	0+120.00	9.70	B-1	8.70	0.1	8.68	0.12	8.56	1.00	7.56	9.70	73.33
	0+140.00	16.50	B-1	8.70	0.1	8.66	0.12	8.54	1.00	7.54	16.50	124.41
	0+150.00	10.85	B-1	8.70	0.1	8.65	0.12	8.53	1.00	7.53	10.85	81.70
	0+160.00	13.75	B-1	8.70	0.1	8.64	0.12	8.52	1.00	7.52	13.75	103.40
	0+170.00	8.55	B-1	8.70	0.1	8.63	0.12	8.51	1.00	7.51	8.55	64.21

TIPO	Estaca	Excedente (m³)	BOTADERO			DISTANCIA DE TRANSPORTE					TRANSPORTE	
			Código	C.G. (Km)	Acceso (Km)	Dist. Total (Km)	Libre (Km)	Dist. Valorizada (Km)	D<1 km (Km)	D>1 km (Km)	D<1km m3-km	D>1Km m3-km
E X P L A N A C I O N E S	0+180.00	9.20	B-1	8.70	0.1	8.62	0.12	8.50	1.00	7.50	9.20	69.00
	0+200.00	27.10	B-1	8.70	0.1	8.60	0.12	8.48	1.00	7.48	27.10	202.71
	0+220.00	23.95	B-1	8.70	0.1	8.58	0.12	8.46	1.00	7.46	23.95	178.67
	0+240.00	35.00	B-1	8.70	0.1	8.56	0.12	8.44	1.00	7.44	35.00	260.40
	0+260.00	30.50	B-1	8.70	0.1	8.54	0.12	8.42	1.00	7.42	30.50	226.31
	0+280.00	7.10	B-1	8.70	0.1	8.52	0.12	8.40	1.00	7.40	7.10	52.54
	0+300.00		B-1	8.70	0.1	8.50	0.12	8.38	1.00	7.38		
	0+320.00		B-1	8.70	0.1	8.48	0.12	8.36	1.00	7.36		
	0+330.00		B-1	8.70	0.1	8.47	0.12	8.35	1.00	7.35		
	0+340.00		B-1	8.70	0.1	8.46	0.12	8.34	1.00	7.34		
	0+360.00	0.70	B-1	8.70	0.1	8.44	0.12	8.32	1.00	7.32	0.70	5.12
	0+370.00	32.60	B-1	8.70	0.1	8.43	0.12	8.31	1.00	7.31	32.60	238.31
E X P L A N A C I O N E S	0+380.00	28.95	B-1	8.70	0.1	8.42	0.12	8.30	1.00	7.30	28.95	211.34
	0+400.00	18.70	B-1	8.70	0.1	8.40	0.12	8.28	1.00	7.28	18.70	136.14
	0+410.00		B-1	8.70	0.1	8.39	0.12	8.27	1.00	7.27		
	0+420.00	12.70	B-1	8.70	0.1	8.38	0.12	8.26	1.00	7.26	12.70	92.20
	0+440.00	38.00	B-1	8.70	0.1	8.36	0.12	8.24	1.00	7.24	38.00	275.12
	0+450.00	29.25	B-1	8.70	0.1	8.35	0.12	8.23	1.00	7.23	29.25	211.48
	0+460.00	30.40	B-1	8.70	0.1	8.34	0.12	8.22	1.00	7.22	30.40	219.49
	0+470.00	23.40	B-1	8.70	0.1	8.33	0.12	8.21	1.00	7.21	23.40	168.71
	0+480.00	20.65	B-1	8.70	0.1	8.32	0.12	8.20	1.00	7.20	20.65	148.68
	0+500.00	28.20	B-1	8.70	0.1	8.30	0.12	8.18	1.00	7.18	28.20	202.48
	0+520.00	11.70	B-1	8.70	0.1	8.28	0.12	8.16	1.00	7.16	11.70	83.77
	0+530.00	4.20	B-1	8.70	0.1	8.27	0.12	8.15	1.00	7.15	4.20	30.03
E X P L A N A C I O N E S	0+540.00	5.60	B-1	8.70	0.1	8.26	0.12	8.14	1.00	7.14	5.60	39.98
	0+550.00	15.75	B-1	8.70	0.1	8.25	0.12	8.13	1.00	7.13	15.75	112.30
	0+560.00	24.25	B-1	8.70	0.1	8.24	0.12	8.12	1.00	7.12	24.25	172.66
	0+580.00	41.60	B-1	8.70	0.1	8.22	0.12	8.10	1.00	7.10	41.60	295.36
	0+600.00	51.20	B-1	8.70	0.1	8.20	0.12	8.08	1.00	7.08	51.20	362.50
	0+620.00	47.00	B-1	8.70	0.1	8.18	0.12	8.06	1.00	7.06	47.00	331.82
	0+630.00	19.15	B-1	8.70	0.1	8.17	0.12	8.05	1.00	7.05	19.15	135.01
	0+640.00	26.95	B-1	8.70	0.1	8.16	0.12	8.04	1.00	7.04	26.95	189.73
	0+650.00	38.15	B-1	8.70	0.1	8.15	0.12	8.03	1.00	7.03	38.15	268.19
	0+660.00	44.80	B-1	8.70	0.1	8.14	0.12	8.02	1.00	7.02	44.80	314.50
	0+670.00	45.00	B-1	8.70	0.1	8.13	0.12	8.01	1.00	7.01	45.00	315.45
	0+680.00	38.55	B-1	8.70	0.1	8.12	0.12	8.00	1.00	7.00	38.55	269.85

TIPO	Estaca	Excedente (m ³)	BOTADERO			DISTANCIA DE TRANSPORTE					TRANSPORTE	
			Código	C.G. (Km)	Acceso (Km)	Dist. Total (Km)	Libre (Km)	Dist. Valorizada (Km)	D<1 km (Km)	D>1 km (Km)	D<1km m3-km	D>1Km m3-km
E X P L A N A C I O N E S	0+700.00	38.90	B-1	8.70	0.1	8.10	0.12	7.98	1.00	6.98	38.90	271.52
	0+710.00	6.25	B-1	8.70	0.1	8.09	0.12	7.97	1.00	6.97	6.25	43.56
	0+720.00	13.05	B-1	8.70	0.1	8.08	0.12	7.96	1.00	6.96	13.05	90.83
	0+740.00	78.30	B-1	8.70	0.1	8.06	0.12	7.94	1.00	6.94	78.30	543.40
	0+760.00	109.85	B-1	8.70	0.1	8.04	0.12	7.92	1.00	6.92	109.85	760.16
	0+770.00	43.20	B-1	8.70	0.1	8.03	0.12	7.91	1.00	6.91	43.20	298.51
	0+780.00	28.58	B-1	8.70	0.1	8.02	0.12	7.90	1.00	6.90	28.58	197.17
	0+800.00	32.30	B-1	8.70	0.1	8.00	0.12	7.88	1.00	6.88	32.30	222.22
	0+810.00	15.60	B-1	8.70	0.1	7.99	0.12	7.87	1.00	6.87	15.60	107.17
	0+820.00	1.10	B-1	8.70	0.1	7.98	0.12	7.86	1.00	6.86	1.10	7.55
	0+830.00		B-1	8.70	0.1	7.97	0.12	7.85	1.00	6.85		
	0+840.00		B-1	8.70	0.1	7.96	0.12	7.84	1.00	6.84		
E X P L A N A C I O N E S	0+860.00		B-1	8.70	0.1	7.94	0.12	7.82	1.00	6.82		
	0+870.00	14.50	B-1	8.70	0.1	7.93	0.12	7.81	1.00	6.81	14.50	98.75
	0+880.00	21.00	B-1	8.70	0.1	7.92	0.12	7.80	1.00	6.80	21.00	142.80
	0+890.00	15.90	B-1	8.70	0.1	7.91	0.12	7.79	1.00	6.79	15.90	107.96
	0+900.00	20.65	B-1	8.70	0.1	7.90	0.12	7.78	1.00	6.78	20.65	140.01
	0+920.00	56.70	B-1	8.70	0.1	7.88	0.12	7.76	1.00	6.76	56.70	383.29
	0+940.00	47.95	B-1	8.70	0.1	7.86	0.12	7.74	1.00	6.74	47.95	323.18
	0+950.00	11.50	B-1	8.70	0.1	7.85	0.12	7.73	1.00	6.73	11.50	77.40
	0+960.00	6.95	B-1	8.70	0.1	7.84	0.12	7.72	1.00	6.72	6.95	46.70
	0+970.00	2.85	B-1	8.70	0.1	7.83	0.12	7.71	1.00	6.71	2.85	19.12
	0+980.00	5.00	B-1	8.70	0.1	7.82	0.12	7.70	1.00	6.70	5.00	33.50
	0+990.00	9.85	B-1	8.70	0.1	7.81	0.12	7.69	1.00	6.69	9.85	65.90
E X P L A N A C I O N E S	1+000.00	8.30	B-1	8.70	0.1	7.80	0.12	7.68	1.00	6.68	8.30	55.44
	1+010.00	14.15	B-1	8.70	0.1	7.79	0.12	7.67	1.00	6.67	14.15	94.38
	1+020.00	18.90	B-1	8.70	0.1	7.78	0.12	7.66	1.00	6.66	18.90	125.87
	1+040.00	23.90	B-1	8.70	0.1	7.76	0.12	7.64	1.00	6.64	23.90	158.70
	1+060.00	21.20	B-1	8.70	0.1	7.74	0.12	7.62	1.00	6.62	21.20	140.34
	1+080.00	22.60	B-1	8.70	0.1	7.72	0.12	7.60	1.00	6.60	22.60	149.16
	1+090.00	13.55	B-1	8.70	0.1	7.71	0.12	7.59	1.00	6.59	13.55	89.29
	1+100.00	18.75	B-1	8.70	0.1	7.70	0.12	7.58	1.00	6.58	18.75	123.38
	1+120.00	47.50	B-1	8.70	0.1	7.68	0.12	7.56	1.00	6.56	47.50	311.60
	1+140.00	52.80	B-1	8.70	0.1	7.66	0.12	7.54	1.00	6.54	52.80	345.31
	1+160.00	46.50	B-1	8.70	0.1	7.64	0.12	7.52	1.00	6.52	46.50	303.18
	1+180.00	44.80	B-1	8.70	0.1	7.62	0.12	7.50	1.00	6.50	44.80	291.20

TIPO	Estaca	Excedente (m³)	BOTADERO			DISTANCIA DE TRANSPORTE					TRANSPORTE	
			Código	C.G. (Km)	Acceso (Km)	Dist. Total (Km)	Libre (Km)	Dist. Valorizada (Km)	D<1 km (Km)	D>1 km (Km)	D<1km m3-km	D>1Km m3-km
E X P L A N A C I O N E S	1+190.00	28.60	B-1	8.70	0.1	7.61	0.12	7.49	1.00	6.49	28.60	185.61
	1+200.00	22.85	B-1	8.70	0.1	7.60	0.12	7.48	1.00	6.48	22.85	148.07
	1+220.00	26.30	B-1	8.70	0.1	7.58	0.12	7.46	1.00	6.46	26.30	169.90
	1+240.00	116.85	B-1	8.70	0.1	7.56	0.12	7.44	1.00	6.44	116.85	752.51
	1+260.00	278.50	B-1	8.70	0.1	7.54	0.12	7.42	1.00	6.42	278.50	1787.97
	1+270.00	163.60	B-1	8.70	0.1	7.53	0.12	7.41	1.00	6.41	163.60	1048.68
	1+280.00	130.65	B-1	8.70	0.1	7.52	0.12	7.40	1.00	6.40	130.65	836.16
	1+290.00	96.30	B-1	8.70	0.1	7.51	0.12	7.39	1.00	6.39	96.30	615.36
	1+300.00	72.05	B-1	8.70	0.1	7.50	0.12	7.38	1.00	6.38	72.05	459.68
	1+310.00	43.15	B-1	8.70	0.1	7.49	0.12	7.37	1.00	6.37	43.15	274.87
	1+320.00	9.13	B-1	8.70	0.1	7.48	0.12	7.36	1.00	6.36	9.13	58.04
	1+330.00		B-1	8.70	0.1	7.47	0.12	7.35	1.00	6.35		
	1+340.00		B-1	8.70	0.1	7.46	0.12	7.34	1.00	6.34		
	1+350.00		B-1	8.70	0.1	7.45	0.12	7.33	1.00	6.33		
	1+360.00		B-1	8.70	0.1	7.44	0.12	7.32	1.00	6.32		
	1+370.00		B-1	8.70	0.1	7.43	0.12	7.31	1.00	6.31		
	1+380.00		B-1	8.70	0.1	7.42	0.12	7.30	1.00	6.30		
E X P L A N A C I O N E S	1+390.00		B-1	8.70	0.1	7.41	0.12	7.29	1.00	6.29		
	1+400.00		B-1	8.70	0.1	7.40	0.12	7.28	1.00	6.28		
	1+420.00		B-1	8.70	0.1	7.38	0.12	7.26	1.00	6.26		
	1+430.00		B-1	8.70	0.1	7.37	0.12	7.25	1.00	6.25		
	1+440.00	8.00	B-1	8.70	0.1	7.36	0.12	7.24	1.00	6.24	8.00	49.92
	1+460.00	16.00	B-1	8.70	0.1	7.34	0.12	7.22	1.00	6.22	16.00	99.52
	1+480.00	4.20	B-1	8.70	0.1	7.32	0.12	7.20	1.00	6.20	4.20	26.04
	1+500.00	3.30	B-1	8.70	0.1	7.30	0.12	7.18	1.00	6.18	3.30	20.39
	1+520.00	6.40	B-1	8.70	0.1	7.28	0.12	7.16	1.00	6.16	6.40	39.42
	1+530.00	14.98	B-1	8.70	0.1	7.27	0.12	7.15	1.00	6.15	14.98	92.10
	1+540.00	20.13	B-1	8.70	0.1	7.26	0.12	7.14	1.00	6.14	20.13	123.57
E X P L A N A C I O N E S	1+560.00	38.05	B-1	8.70	0.1	7.24	0.12	7.12	1.00	6.12	38.05	232.87
	1+570.00	16.65	B-1	8.70	0.1	7.23	0.12	7.11	1.00	6.11	16.65	101.73
	1+580.00	12.70	B-1	8.70	0.1	7.22	0.12	7.10	1.00	6.10	12.70	77.47
	1+600.00	16.95	B-1	8.70	0.1	7.20	0.12	7.08	1.00	6.08	16.95	103.06
	1+620.00	17.15	B-1	8.70	0.1	7.18	0.12	7.06	1.00	6.06	17.15	103.93
	1+630.00	15.05	B-1	8.70	0.1	7.17	0.12	7.05	1.00	6.05	15.05	91.05
	1+640.00	20.35	B-1	8.70	0.1	7.16	0.12	7.04	1.00	6.04	20.35	122.91
	1+650.00	23.45	B-1	8.70	0.1	7.15	0.12	7.03	1.00	6.03	23.45	141.40
	1+660.00	21.25	B-1	8.70	0.1	7.14	0.12	7.02	1.00	6.02	21.25	127.93
	1+680.00	35.70	B-1	8.70	0.1	7.12	0.12	7.00	1.00	6.00	35.70	214.20
	1+700.00	36.80	B-1	8.70	0.1	7.10	0.12	6.98	1.00	5.98	36.80	220.06
	1+720.00	39.00	B-1	8.70	0.1	7.08	0.12	6.96	1.00	5.96	39.00	232.41
	1+740.00	27.35	B-1	8.70	0.1	7.06	0.12	6.94	1.00	5.94	27.35	162.46

TIPO	Estaca	Excedente (m³)	BOTADERO			DISTANCIA DE TRANSPORTE					TRANSPORTE	
			Código	C.G.	Acceso	Dist. Total (Km)	Libre (Km)	Dist. Valorizada (Km)	D<1 km (Km)	D>1 km (Km)	D<1km m3-km	D>1Km m3-km
				(Km)	(Km)							
E X P L A N A C I O N E S	2+940.00		B-1	8.70	0.1	5.86	0.12	5.74	1.00	4.74		
	2+950.00		B-1	8.70	0.1	5.85	0.12	5.73	1.00	4.73		
	2+960.00		B-1	8.70	0.1	5.84	0.12	5.72	1.00	4.72		
	2+970.00		B-1	8.70	0.1	5.83	0.12	5.71	1.00	4.71		
	2+980.00		B-1	8.70	0.1	5.82	0.12	5.70	1.00	4.70		
	3+000.00		B-1	8.70	0.1	5.80	0.12	5.68	1.00	4.68		
	3+010.00		B-1	8.70	0.1	5.79	0.12	5.67	1.00	4.67		
	3+020.00	0.52	B-1	8.70	0.1	5.78	0.12	5.66	1.00	4.66	0.52	2.42
	3+030.00	9.48	B-1	8.70	0.1	5.77	0.12	5.65	1.00	4.65	9.48	44.06
	3+040.00	9.35	B-1	8.70	0.1	5.76	0.12	5.64	1.00	4.64	9.35	43.38
	3+050.00		B-1	8.70	0.1	5.75	0.12	5.63	1.00	4.63		
	3+060.00		B-1	8.70	0.1	5.74	0.12	5.62	1.00	4.62		
E X P L A N A C I O N E S	3+070.00		B-1	8.70	0.1	5.73	0.12	5.61	1.00	4.61		
	3+080.00		B-1	8.70	0.1	5.72	0.12	5.60	1.00	4.60		
	3+100.00		B-1	8.70	0.1	5.70	0.12	5.58	1.00	4.58		
	3+110.00	0.50	B-1	8.70	0.1	5.69	0.12	5.57	1.00	4.57	0.50	2.29
	3+120.00	1.05	B-1	8.70	0.1	5.68	0.12	5.56	1.00	4.56	1.05	4.79
	3+130.00		B-1	8.70	0.1	5.67	0.12	5.55	1.00	4.55		
	3+140.00		B-1	8.70	0.1	5.66	0.12	5.54	1.00	4.54		
	3+160.00		B-1	8.70	0.1	5.64	0.12	5.52	1.00	4.52		
	3+170.00		B-1	8.70	0.1	5.63	0.12	5.51	1.00	4.51		
	3+180.00		B-1	8.70	0.1	5.62	0.12	5.50	1.00	4.50		
	3+200.00		B-1	8.70	0.1	5.60	0.12	5.48	1.00	4.48		
	3+210.00		B-1	8.70	0.1	5.59	0.12	5.47	1.00	4.47		
E X P L A N A C I O N E	3+220.00		B-1	8.70	0.1	5.58	0.12	5.46	1.00	4.46		
	3+230.00		B-1	8.70	0.1	5.57	0.12	5.45	1.00	4.45		
	3+240.00		B-1	8.70	0.1	5.56	0.12	5.44	1.00	4.44		
	3+250.00	8.08	B-1	8.70	0.1	5.55	0.12	5.43	1.00	4.43	8.08	35.77
	3+260.00	13.50	B-1	8.70	0.1	5.54	0.12	5.42	1.00	4.42	13.50	59.67
	3+270.00	10.63	B-1	8.70	0.1	5.53	0.12	5.41	1.00	4.41	10.63	46.86
	3+280.00	8.85	B-1	8.70	0.1	5.52	0.12	5.40	1.00	4.40	8.85	38.94
	3+290.00	12.03	B-1	8.70	0.1	5.51	0.12	5.39	1.00	4.39	12.03	52.79
	3+300.00	10.60	B-1	8.70	0.1	5.50	0.12	5.38	1.00	4.38	10.60	46.43
		4,510.76									4,510.76	28,260.83

B.2. CARRETERA CON ESTABILIZACION DEL TERRASIL A 0.30 LT/M3

Tabla Resumen de metrados para una carretera estabilizada con Terrasil 0.30 lt/m3

Ítem	Descripción de la Partida	Unidad	Metrado
01.	OBRAS PRELIMINARES		
01.01	Movilización y Desmovilización de Equipos	glb	1.00
01.02	Trazo, Replanteo y Control Topográfico	km	3.30
01.03	Desbroce y Limpieza de Terreno	m2	9,900.00
02.	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
02.01	Corte de Material Suelto con Equipo	m3	5,437.10
02.02	Relleno con Material Propio	m3	926.33
02.03	Limpieza y Reconformación de Cunetas	m	3,300.00
03.	ESTABILIZACION CON TERRASIL		
03.01	Escarificado de Suelo Existente (E= 0.15 m)	m2	11,880.00
03.02	Suelo Estabilizado con Terrasil	m2	11,880.00
04.	PAVIMENTOS		
04.01	Afirmado E=0.20 m	m3	2,423.00
05.	TRANSPORTE		
05.01	Transporte de Material de Afirmado hasta 1 km	m3k	1,817.64
05.02	Transporte de Material de Afirmado después de 1 km	m3k	11,869.18
05.03	Transporte de Material de Eliminación hasta 1 km	m3k	4,510.76
05.04	Transporte de Material de Eliminación después de 1 km	m3k	28,260.83

Partida 03.01 Escarificado de Suelo Existente (E= 0.15 m)

Progresiva		Longitud	Ancho	Área
Inicio	Final	m	Promedio m	m ²
00+000	01+000	1,000.00	3.60	3,600.00
01+000	02+000	1,000.00	3.60	3,600.00
02+000	03+000	1,000.00	3.60	3,600.00
03+000	03+300	300.00	3.60	1,080.00
TOTAL		3,300.00		11,880.00

Partida 03.02 Suelo Estabilizado con Terrasil

Progresiva		Longitud	Ancho	Área
Inicio	Final	m	Promedio m	m ²
00+000	01+000	1,000.00	3.60	3,600.00
01+000	02+000	1,000.00	3.60	3,600.00
02+000	03+000	1,000.00	3.60	3,600.00
03+000	03+300	300.00	3.60	1,080.00
TOTAL		3,300.00		11,880.00

Partida 04.01 Afirmado E=0.20 m

Progresiva		Longitud	Ancho	Espesor	Area	Area	Area	Vol. Total
Inicio	Final	m	Prom. m	m	m ²	S/A m ²	Total m ²	m ³
00+000.00	01+000.00	1,000.00	3.60	0.20	3,600.00	72.00	3,672.00	734.40
01+000.00	02+000.00	1,000.00	3.60	0.20	3,600.00	72.00	3,672.00	734.40
02+000.00	03+000.00	1,000.00	3.60	0.20	3,600.00	72.00	3,672.00	734.40
03+000.00	03+300.00	300.00	3.60	0.20	1,080.00	21.60	1,101.60	220.32
TOTAL		3,300.00			11,880.00	237.60	12,117.60	2,423.52

Partida 05.01 Transporte de Material de Afirmado

Sustento de metrados de transporte de Base Granular

05.01 TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR HASTA 1 KM

1,817.64 m³-km

05.02 TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR D> 1 KM

11,869.18 m³-km

									PAVIMENTOS								
INICIO (km)	FIN (km)	Ecuación Empalme (m)	Código Cantera	Ubicación de Canteras (km)	Participación %	Acceso (km)	D.L.P. 120.00 m (km)	Distancia (km)	Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	SA (m ²)	Espesor (m)	Volumen (m ³)	Momento (m ³ -km)	D≤1km (m ³ -km)	D>1km (m ³ -km)
0+000.00	1+000.00	-	C-2	9.30	100.00%	-	0.12	8.68	1,000.00	3.600	3,600.00	72.00	0.15	550.80	4,780.94	550.80	4,230.14
1+000.00	2+000.00	-	C-2	9.30	100.00%	-	0.12	7.68	1,000.00	3.600	3,600.00	72.00	0.15	550.80	4,230.14	550.80	3,679.34
2+000.00	3+000.00	-	C-2	9.30	100.00%	-	0.12	6.68	1,000.00	3.600	3,600.00	72.00	0.15	550.80	3,679.34	550.80	3,128.54
3+000.00	3+300.00	-	C-2	9.30	100.00%	-	0.12	6.03	300.00	3.600	1,080.00	21.60	0.15	165.24	996.40	165.24	831.16
									3,300.00					1,817.64	13,686.82	1,817.64	11,869.18

ANEXO C. ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Partida	01.01 MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS
---------	--

Rendimiento	GLB/DIA	EQ. 1.0000	Costo unitario directo	5,000.00
-------------	---------	------------	------------------------	----------

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Viaje terrestre de ida (en cama baja)	vje		1.0000	1,800.00	1,800.00
Viaje terrestre de vuelta (en cama baja)	vje		1.0000	1,800.00	1,800.00
					3,600.00
Equipo autotransportado (volq/cist/etc) ida	und		1.0000	700.00	700.00
Equipo autotransportado (volq/cist/etc) vuelta	und		1.0000	700.00	700.00
					1,400.00

Partida	01.02	TRAZO, REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRAFICO
---------	--------------	---

Rendimiento	km/DIA	1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : km	884.74
-------------	--------	--------	------------	------------------------------------	--------

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
Oficial	hh	1.0000	8.0000	21.50	172.00
Peon	hh	2.0000	16.0000	19.50	312.00
Topógrafo	hh	1.0000	8.0000	28.00	224.00
					708.00
Materiales					
Estacas de madera	und		55.0000	0.60	33.00
Pintura esmalte	gal		0.5000	45.00	22.50
					55.50
Equipos					
Estación total	Día	8.0000	8.0000	12.50	100.00
Herramientas manuales	%mo		3.0000	708.00	21.24

Partida **01.03** **DESBROCE Y LIMPIEZA DE TERRENO**

Rendimiento **m2/DIA** **400.0000** EQ. **400.0000** Costo unitario directo
por : m2 **1.82**

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
Capataz	hh	0.1000	0.0020	30.00	0.06
Peón	hh	4.0000	0.0800	19.50	1.56
					1.62
Equipos					
Herramientas manuales	%mo		3.0000	1.62	0.05
Motosierra	hm	0.5000	0.0100	15.00	0.15
					0.20

Partida **02.01** **CORTE DE MATERIAL SUELTO CON EQUIPO**

Rendimiento **m3/DIA** **460.0000** EQ. **460.0000** Costo unitario directo
por : m3 **7.20**

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
Capataz	hh	0.5000	0.0087	30.00	0.26
Oficial	hh	2.0000	0.0348	21.50	0.75
Peón	hh	5.0000	0.0870	19.50	1.70
					2.71
Equipos					
Herramientas manuales	%mo		5.0000	2.71	0.14
Tractor de orugas cat d6d	hm	1.0000	0.0174	250.00	4.35
					4.49

Partida **02.02** **RELLENO CON MATERIAL PROPIO**

Rendimiento **m3/DIA** **980.0000** EQ. **980.0000** Costo unitario directo por : m3 **7.09**

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
Capataz	hh	1.0000	0.0082	30.00	0.25
Peón	hh	6.0000	0.0490	19.50	0.96
					1.21
Materiales					
Agua puesta en obra	m3		0.0200	17.42	0.35
					0.35
Equipos					
Herramientas manuales	%mo		3.0000	1.21	0.04
Rodillo liso vibratorio autopropulsado 7-9 ton	hm	1.0000	0.0082	170.00	1.39
Cargador sobre llantas de 125-135 hp 3 yd3	hm	1.0000	0.0082	230.00	1.89
Motoniveladora 130 - 135 hp	hm	1.0000	0.0082	270.00	2.21
					5.53

Partida **02.03** **LIMPIEZA Y RECONFORMACION DE CUNETAS**

Rendimiento **m/DIA** **500.0000** EQ. **500.0000** Costo unitario directo por : m **4.18**

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
Capataz	hh	1.0000	0.0160	30.00	0.48
Peón	hh	5.0000	0.0800	19.50	1.56
					2.04
Equipos					
Herramientas manuales	%mo		3.0000	2.04	0.06
CAMION VOLQUETE DE 10 m3	hm	1.0000	0.0160	130.00	2.08
					2.14

Partida	03.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB-RASANTE				
---------	--------------	--	--	--	--	--

Rendimiento	m2/DIA	2,000.0000	EQ.	2,000.00	Costo unitario directo por : m2	2.58
-------------	---------------	-------------------	-----	-----------------	------------------------------------	-------------

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
Capataz	hh	0.5000	0.0020	30.00	0.06
Oficial	hh	1.0000	0.0040	21.50	0.09
Peón	hh	4.0000	0.0160	19.50	0.31
					0.46
Materiales					
Agua puesta en obra	m3		0.0200	17.42	0.35
					0.35
Equipos					
Herramientas manuales	%mo		3.0000	0.46	0.01
Rodillo liso vibratorio autopropulsado 7- 9 ton	hm	1.0000	0.0040	170.00	0.68
Motoniveladora 130 - 135 hp	hm	1.0000	0.0040	270.00	1.08
					1.77

Partida	03.02	MEJORAMIENTO DE LA SUB-RASANTE				
---------	--------------	---------------------------------------	--	--	--	--

Rendimiento	m3/DIA	300.0000	EQ.	300.0000	Costo unitario directo por : m3	14.55
-------------	---------------	-----------------	-----	-----------------	------------------------------------	--------------

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
Oficial	hh	1.0000	0.0267	21.50	0.57
Peón	hh	6.0000	0.1600	19.50	3.12
					3.69
Equipos					
Herramientas manuales	%mo		5.0000	3.69	0.18
Rodillo liso vibratorio Autopropulsado 7- 9 ton	hm	1.0000	0.0267	170.00	4.54
Cargador sobre llantas de 125- 135 hp 3 yd3	hm	1.0000	0.0267	230.00	6.14
					10.86

Partida **03.03** **AFIRMADO E=0.35 M**

Rendimiento **m3/DIA** **300.0000** EQ. **300.0000** Costo unitario directo por : m3 **26.12**

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
Capataz	hh	0.2000	0.0053	30.00	0.16
Peón	hh	4.0000	0.1067	19.50	2.08
					2.24
Materiales					
Material granular	m3		1.2000	8.60	10.32
Agua puesta en obra	m3		0.1000	17.42	1.74
					12.06
Equipos					
Herramientas manuales	%mo		3.0000	2.24	0.07
Rodillo liso vibratorio autopropulsado 7- 9 ton	hm	1.0000	0.0267	170.00	4.54
Motoniveladora 130 - 135 hp	hm	1.0000	0.0267	270.00	7.21
					11.82

Partida **04.01** **TRANSPORTE DE MATERIAL DE AFIRMADO HASTA 1 KM**

Rendimiento **m3k/DIA** **245.0000** EQ. **245.0000** Costo unitario directo por : m3k **7.14**

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
Oficial	hh	0.2500	0.0082	21.50	0.18
					0.18
Equipos					
Cargador sobre llantas de 125-135 hp 3 yd3	hm	0.3600	0.0118	230.00	2.71
Camión volquete de 10 m3	hm	1.0000	0.0327	130.00	4.25
					6.96

Partida	04.02		TRANSPORTE DE MATERIAL DE AFIRMADO DESPUES DE 1 KM				
Rendimiento	m3k/DIA	514.0000	EQ.	514.0000	Costo unitario directo por : m3k	2.11	
	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
	Oficial		hh	0.2500	0.0039	21.50	0.08
							0.08
	Equipos						
	camión volquete de 10 m3		hm	1.0000	0.0156	130.00	2.03
0							2.03
Partida	04.03		TRANSPORTE DE MATERIAL DE ELIMINACION HASTA 1 KM				
Rendimiento	m3k/DIA	274.5000	EQ.	274.5000	Costo unitario directo por : m3k	6.36	
	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
	Oficial		hh	0.2500	0.0073	21.50	0.16
							0.16
	Equipos						
	Cargador sobre llantas de 125-135 hp 3 yd3		hm	0.3600	0.0105	230.00	2.42
	Camión volquete de 10 m3		hm	1.0000	0.0291	130.00	3.78
							6.20
Partida	04.04		TRANSPORTE DE MATERIAL DE ELIMINACION DESPUES DE 1 KM				
Rendimiento	m3k/DIA	667.0000	EQ.	667.0000	Costo unitario directo por : m3k	1.62	
	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
	Oficial		hh	0.2500	0.0030	21.50	0.06
							0.06
	Equipos						
	Camión volquete de 10 m3		hm	1.0000	0.0120	130.00	1.56
							1.56

Partida	03.01	ESCARIFICADO DE SUELO EXISTENTE (E= 0.15 M)				
Rendimiento	m2/DIA	2,040.0000	EQ.	2,040.000	Costo unitario directo por : m2	1.25
	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
	Oficial	hh	0.5000	0.0020	21.50	0.04
	Peón	hh	2.0000	0.0078	19.50	0.15
						0.19
	Equipos					
	Herramientas manuales	%mo		3.0000	0.19	0.01
	Motoniveladora 130 - 135 hp	hm	1.0000	0.0039	270.00	1.05
						1.06
Partida	03.02	SUELO ESTABILIZADO CON TERRASIL				
Rendimiento	m2/DIA	1,200.0000	EQ.	1,200.0000	Costo unitario directo por : m2	7.64
	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
	Capataz	hh	0.1000	0.0007	30.00	0.02
	Operario	hh	2.0000	0.0133	26.50	0.35
	Oficial	hh	1.0000	0.0067	21.50	0.14
	Peon	hh	4.0000	0.0267	19.50	0.52
						1.03
	Materiales					
	Terrasil	l		0.0450	70.00	3.15
	Agua puesta en obra	m3		0.0500	17.42	0.87
						4.02
	Equipos					
	Herramientas manuales	%mo		3.0000	1.03	0.03
	Rodillo liso vibratorio autopropulsado 7- 9 ton	hm	1.0000	0.0067	170.00	1.14
	Motoniveladora 130 - 135 hp	hm	0.2000	0.0013	270.00	0.35
	Camión cisterna	hm	1.0000	0.0067	160.00	1.07
						2.59

MEMORIA DE CÁLCULO: COSTO DE MANO DE OBRA (HH)

Concepto	Capataz (S/)	Oficial (S/)	Peón (S/)
Remuneración Básica (Día)	110.10	78.90	71.56
B.U.C. (Bonif. Unificada)	35.23	23.67	21.47
Leyes Sociales (Gratíf, Vac, CTS, etc.)	88.08	63.12	57.25
Bonificación por Movilidad	8.00	8.00	8.00
Seguro Vida Ley / SCTR	2.59	1.31	1.12
COSTO TOTAL DÍA (8 HORAS)	244.00	175.00	159.40
COSTO HORA HOMBRE (HH)	30.00*	21.50*	19.50*

MEMORIA DE CÁLCULO: COSTO DE HORA MAQUINA

Para los cálculos se asumen los siguientes parámetros estándar:

1. Consideraciones Generales

- Vida Económica Útil (VEU): 10,000 horas (aprox. 5 años).
- Horas trabajadas al año: 2,000 horas.
- Factor de Mantenimiento: Entre 80% y 100% de la depreciación.
- Combustible (Diesel): Calculado según el caballaje (HP) y factor de carga.

2. Desglose Detallado por Equipo

A. MOTONIVELADORA 130 – 135 HP

Costo de Posesión: S/ 95.00 (Amortización del valor de adquisición e intereses).

Costo de Operación:

Combustible (Diesel) y lubricantes: S/ 105.00

Repuestos y mantenimiento: S/ 45.00

Operador Especializado: S/ 25.00

TOTAL COSTO HORARIO: S/ 270.00

B. CARGADOR SOBRE LLANTAS 125 – 135 HP

Costo de Posesión: S/ 80.00

Costo de Operación:

Combustible y lubricantes: S/ 90.00

Desgaste de neumáticos y mantenimiento: S/ 35.00

Operador Especializado: S/ 25.00

TOTAL COSTO HORARIO: S/ 230.00

C. RODILLO LISO VIBRATORIO 7-9 TON

Costo de Posesión: S/ 65.00

Costo de Operación:

Combustible y lubricantes: S/ 60.00

Mantenimiento y repuestos: S/ 25.00

Operador Especializado: S/ 20.00

TOTAL COSTO HORARIO: S/ 170.00

D. CAMIÓN CISTERNA (4x2, 2000 gal)

Costo de Posesión: S/ 55.00

Costo de Operación:

Combustible y lubricantes: S/ 65.00

Neumáticos y mantenimiento: S/ 20.00

Chofer de equipo pesado: S/ 20.00

TOTAL COSTO HORARIO: S/ 160.00

E. CAMIÓN VOLQUETE 10 M3

Costo de Posesión: S/ 40.00

Costo de Operación:

Combustible y lubricantes: S/ 55.00

Llantas y mantenimiento preventivo: S/ 15.00

Chofer de equipo pesado: S/ 20.00

TOTAL COSTO HORARIO: S/ 130.00

Descripción del Equipo	Potencia/Capacidad	Tarifa Hora-Máquina (S/)
Motoniveladora	130 - 135 HP	270.00
Cargador sobre Llantas	125 - 135 HP	230.00
Rodillo Liso Vibratorio	7 - 9 Ton	170.00
Camión Cisterna	2,000 gal	160.00
Camión Volquete	10 m3	130.00

DESAGREGADO DE GASTOS GENERALES (10%)
CARRETERA AFIRMADA

Plazo de obra: 30 días calendario (1 mes)

Monto total: S/ 56,182.75

GASTOS GENERALES FIJOS (por 1 mes)

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unit (S/.)	Parcial (S/.)
Ingeniero Residente	mes	1.00	12,000.00	12,000.00
Maestro de obra / Capataz	mes	1.00	5,500.00	5,500.00
Asistente técnico / Topógrafo	mes	1.00	4,000.00	4,000.00
Seguridad y salud en obra (EPP, señalización)	global	1.00	3,500.00	3,500.00
Oficina de obra (alquiler, servicios, implementación)	mes	1.00	3,800.00	3,800.00
Equipos menores y herramientas	global	1.00	2,800.00	2,800.00
Gastos administrativos (copias, comunicaciones, etc.)	global	1.00	2,182.75	2,182.75
TOTAL			S/. 33,782.75	

GASTOS GENERALES VARIABLES

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unit (S/.)	Parcial (S/.)
Movilidad administrativa y supervisión	mes	1.00	2,500.00	2,500.00
Control de calidad (ensayos de laboratorio y campo)	global	1.00	3,500.00	3,500.00
Imprevistos técnicos menores	global	1.00	2,400.00	2,400.00
Señalización temporal y control de tránsito	global	1.00	2,000.00	2,000.00
Costos financieros / caja chica	global	1.00	12,000.00	12,000.00
TOTAL			S/ 22,400.00	

DESAGREGADO DE GASTOS GENERALES (10%)**CARRETERA ESTABILIZADA**

Plazo: 25 días

Monto total: S/ 39,995.61

GASTOS GENERALES FIJOS (0.83 mes)

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unit (S/.)	Parcial (S/.)
Ingeniero Residente	mes	0.83	12,000	9,960.00
Maestro de obra	mes	0.83	5,500	4,565.00
Asistente técnico	mes	0.83	4,000	3,320.00
Oficina de obra	mes	0.83	3,800	3,154.00
Seguridad y salud	global	1.00	2,800	2,800.00
Equipos menores	global	1.00	2,200	2,200.00
Administración	global	1.00	1,996.61	1,996.61
TOTAL				S/. 27,995.61

GASTOS GENERALES VARIABLES

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unit (S/.)	Parcial (S/.)
Movilidad técnica	mes	0.83	2,500	2,075.00
Control de calidad (Proctor, CBR, densidades)	global	1.00	3,000	3,000.00
Control de dosificación Terrasil	global	1.00	2,500	2,500.00
Señalización temporal	global	1.00	1,500	1,500.00
Imprevistos técnicos	global	1.00	2,925.00	2,925.00
TOTAL				S/12,000.00

ANEXO D. Calculo de ejes equivalentes

Tipo de vehículo	Tren de cargas (Tn)		Tráfico actual	factor de crecimiento	Factor vehículo	Factor de presión de los neumáticos	Factor dirección	Factor carril	EE día-carril	Nrep. de EE 8.2tn
			IMDA	Fca	Fv	Fp	Fd	Fc	(IMDA*Fd*Fc*Fv*Fp)	(EE día-carril*365*Fca)
r = 0.57%										
Vehículos ligeros	0.5	0.5	50.00	10.26	0.0001	1	0.5	1	0.00165	6.168
										
Autos	1	1	51.00	10.26	0.0011	1	0.5	1	0.02688	100.659
										
Camioneta	1.5	2.6	58.00	10.26	0.0268	1	0.5	1	0.77579	2905.384
										
Combis										
										
r = 1.29%										
Vehículos pesados	7	10	9.00	10.60	3.4772	1	0.5	1	15.64722	60544.394
										
Camión 2 ejes (C2)	7	8	5.00	10.60	2.5260	1	0.5	1	6.31488	24434.405
										
Camión 3 ejes (C3)										
										
Periodo de diseño			10	años	Σ Nrep. de EE 8.2tn					87,991.010

Nota: Elaboración propia.

ANEXO E. Cuadro de doble entrada para el cálculo del espesor del afirmado

CBR % Diseño	EJES EQUIVALENTES																		
	10,000	20,000	25,000	30,000	40,000	50,000	60,000	70,000	75,000	80,000	90,000	100,000	110,000	120,000	130,000	140,000	150,000	200,000	300,000
	ESPESOR DE MATERIAL DE AFIRMADO (mm)																		
6	200	200	250	250	250	250	250	250	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	350
7	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	300	300	300	300
8	150	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	300
9	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250
10	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250
11	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250	250
12	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
13	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
14	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
15	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200
16	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200
17	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200
18	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200
19	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
20	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
21	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
22	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
23	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
24	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
25	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
26	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
27	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
28	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
29	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
30	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
> 30 *	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150

ANEXO F. PANEL FOTOGRÁFICO

Figura 18

Tesista realizando el conteo de vehiculos



Figura 19

Tesista realizando la Excavación de la Calicata N° 01, $h=1.50$ m.



Figura 20

Tesista realizando la excavación de la Calicata N° 02, $h=1.50m$.



Figura 21

Tesista realizando la excavación de la Calicata N° 03, $h=1.50 m$.



Figura 22

Tesista colocando las muestras en el horno para calcular el contenido de Humedad.



Figura 23

Tesista realizando el análisis del tamaño de partículas por tamizado en agregado grueso



Figura 24

Tesista realizando el Ensayo de análisis de Tamizado de suelos finos.



Figura 25

Tesista realizando el ensayo de Limite Liquido de las muestras



Figura 26

Tesista realizando el ensayo de Limite Plástico de las muestras



Figura 27

Tesista realizando el ensayo Próctor Modificado



Figura 28

Ensayo de gravedad especifica de los solidos



Figura 29

Ensayo de CBR



Figura 30

Adición del Aditivo Terrasil en Cantidad optima de agua.



Figura 31

Ensayo de Carga- Penetración.



FICHA TÉCNICA

Definición

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

Características físicas

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

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

Dosificación Mezclada

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

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

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

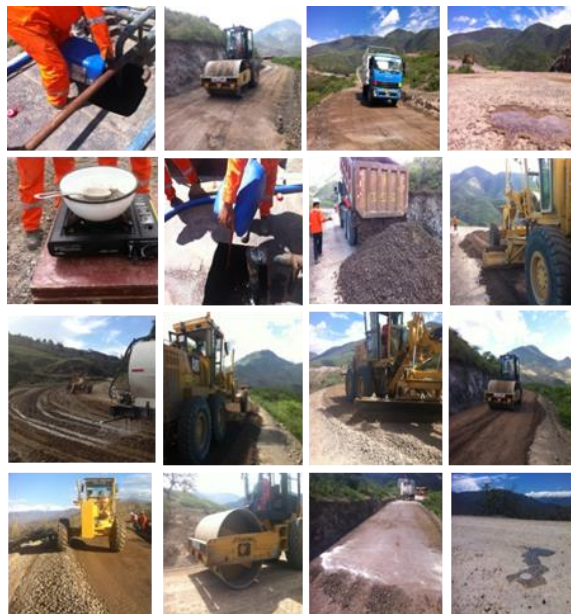
Dosificación Riegos

Agua	Terrasil	Dosificación
300 litros	1 kg	0,01 Kg/m ²

Aplicar sobre la superficie compactada con 3 l/m² de la disolución en dos fases

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

Aplicación del sistema



Pasos a seguir:

1. Mezcla de TerraSil para impermeabilización de suelo existente. (Siempre que sea posible y se vaya a realizar una recarga u aportación de material)
2. Compactación del terreno existente
3. Riego de la solución 1:300. 3 litros/m² en dos fases. RIEGO-SECADO-RIEGO
4. Comprobar impermeabilidad.
5. Comprobación de datos de humedad y características del material a estabilizar
6. Mezcla de TerraSil en el agua necesaria para alcanzar la humedad óptima de compactación.
7. Colocación del material sobre el suelo existente impermeabilizado, si se aporta material o se realiza recarga.
8. Escarificado o reciclado en función de la maquinaria a emplear.
9. Aplicación de la mezcla de agua + TerraSil.
10. Mezclado con el material a estabilizar.
11. Nivelación, bombeos y pendientes.
12. Compactado de la tongada estabilizada.
13. Refinado del material.
14. Compactado al 100%.
15. Riego de sellado 1:300 de TerraSil.
16. Comprobación de impermeabilidad.

Beneficios

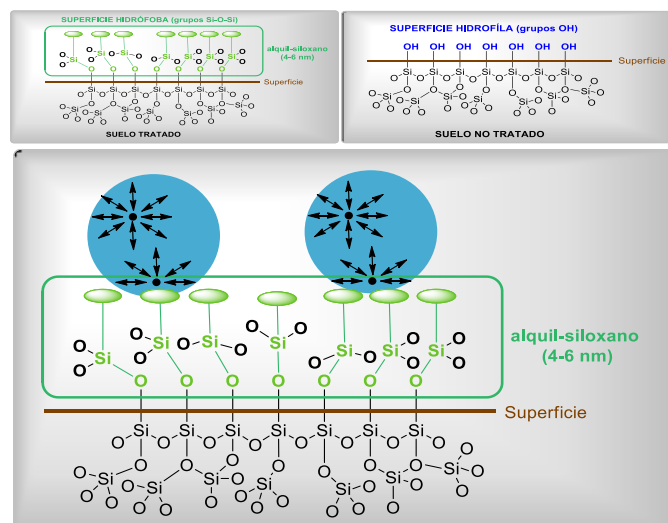
1. El suelo tratado consigue características hidrófobas de forma permanente.
2. El suelo mantiene la transpiración (expulsa el agua en forma de vapor).
3. Reduce el índice de plasticidad de los suelos.
4. Se aumentan los valores de CBR.
5. El Hinchamiento se reduce.
6. Mejora el Módulo Resiliente.
7.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

Modo de Acción

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

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

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



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

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



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

Presentación

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

Exposición a la humedad

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

Almacenamiento

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

Estabilidad del producto mezclado

No almacenar el producto después de la dilución en agua.

Comprobación del agua y del Terrasil.

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

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



Equipo necesario para la aplicación.

Camión cisterna o equipo de agua para hacer la solución.

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

Fuente de Agua Portable (TDS hasta 1000 ppm).

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

Preparación de la Solución.

Preparar una solución de agua con Terrasil.

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

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

Mezclar con movimiento previo a su aplicación.

Comprobación de la impermeabilización

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

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

Test de Rilem

Limpie la superficie

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

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

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

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

Manipulación segura

Lavar exhaustivamente tras la manipulación.

Evítese el contacto con los ojos y la piel.

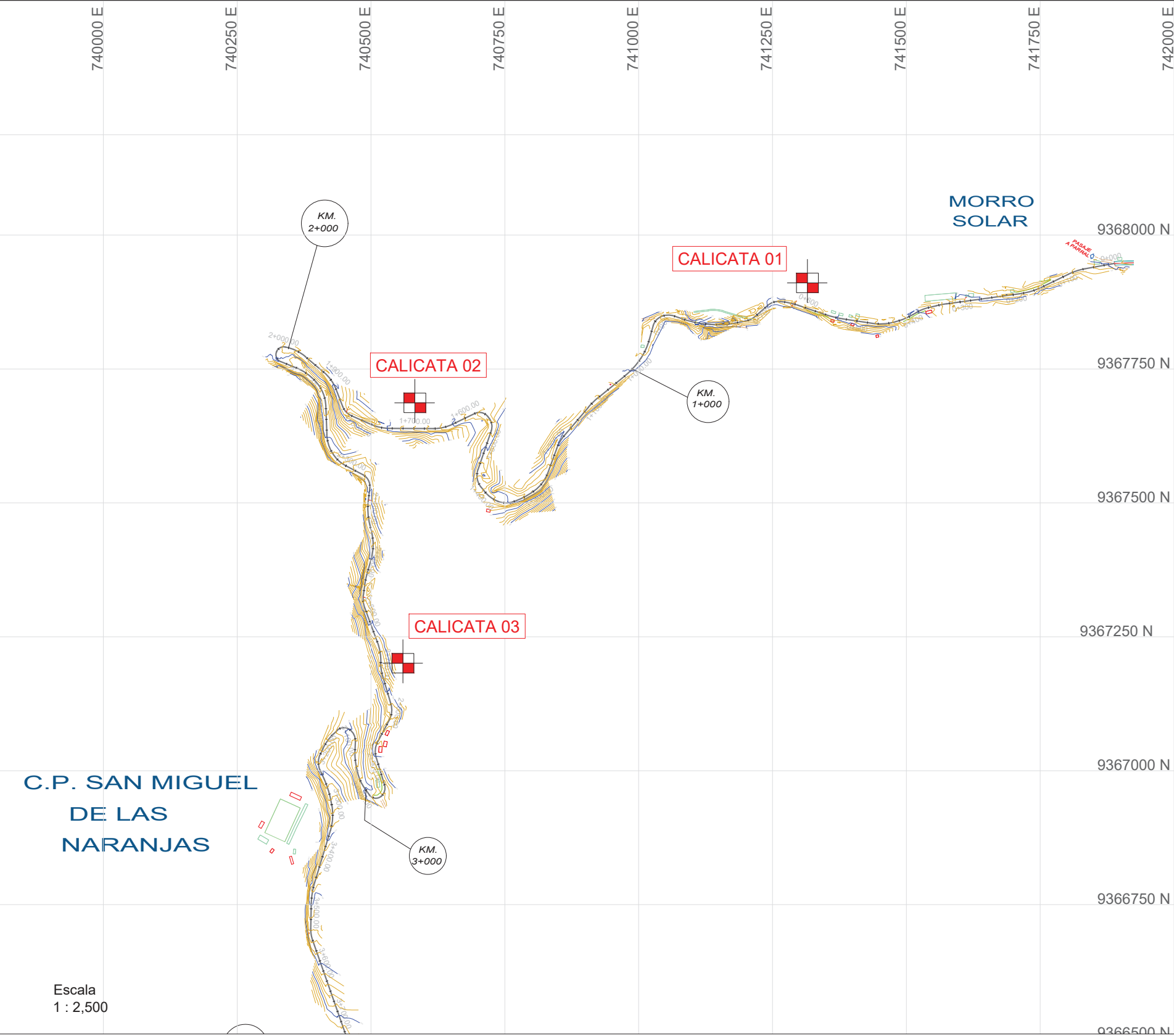
Los recipientes que se abren deben volverse a cerrar cuidadosamente y mantener en posición vertical para evitar pérdidas.

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

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

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

**ANEXO F. PLANO DE UBICACIÓN
DE CALICATAS Y SECCIONES DE CORTE**



CUADRO DE COORDENADAS (UTM)				
CALICATA	PROGRESIVA	ESTE	NORTE	COTA
C-1	Km 0+600	741311.772	9367865.953	814.00
C-2	Km 1+700	740579.779	9367640.660	886.00
C-3	Km 2+700	740516.288	9367201.581	956.00

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS : "INFLUENCIA DE LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE CON ENZIMA TERRASIL EN EL COSTO A NIVEL DE AFIRMADO DEL TRAMO DE LA CARRETERA MORRO SOLAR - SAN MIGUEL DE LAS NARANJAS , PROVINCIA DE JAÉN.

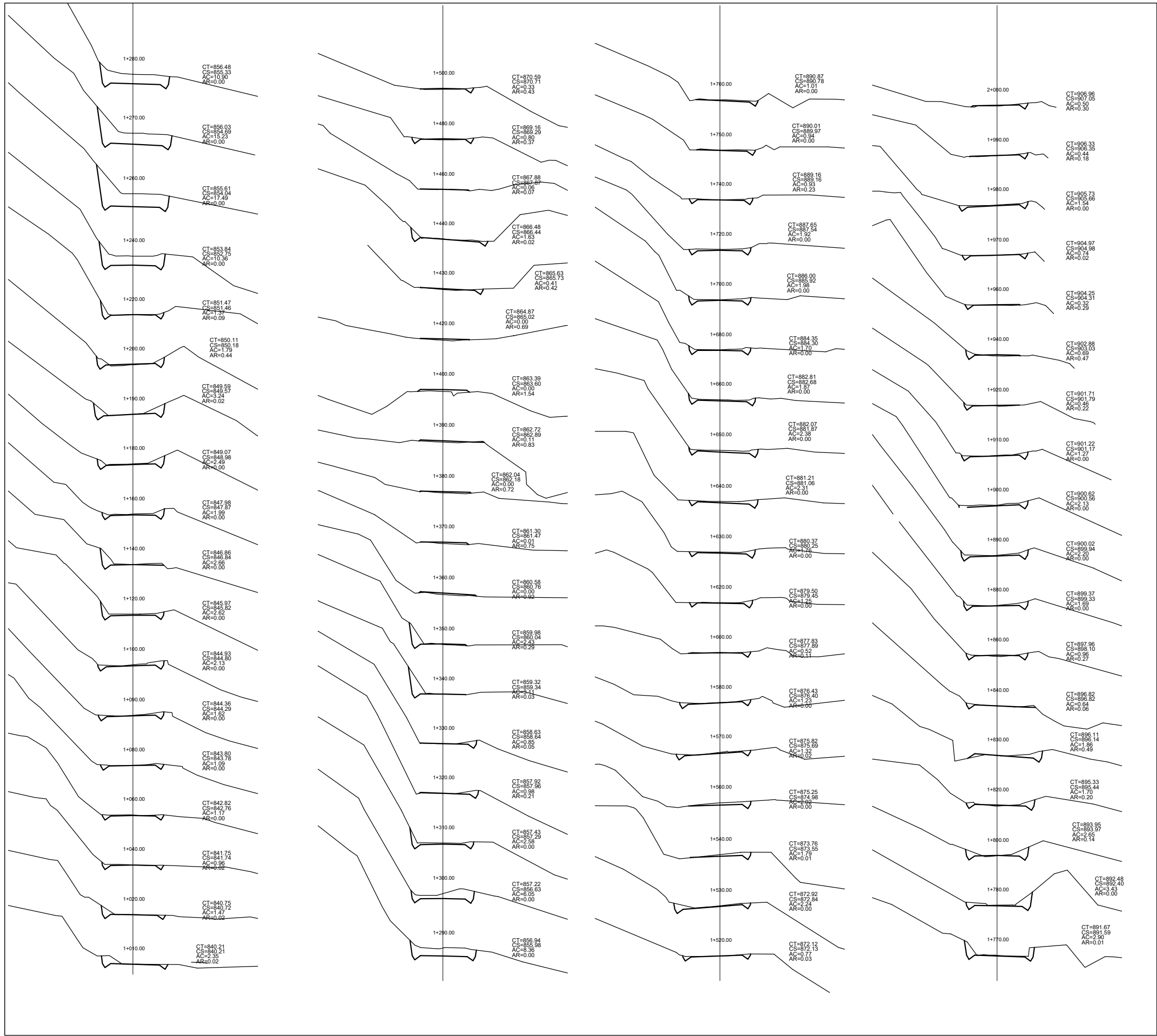
PLANO : UBICACIÓN DE CALICATAS

TESISTA : SHEILA VALENTINA DÍAZ PINZÓN

ESCALA : INDICADA

LÁMINA :

PU- 01



Estaca	AREAS (m²)		Distancia (m)	VOLUMEN CORTE (m³)	VOLUMEN RELLENO (m³)
	Corte	Relleno			
1+000.00	0.63	0.13			
1+010.00	2.35	0.02	10.00	14.90	0.75
1+020.00	1.47	0.02	10.00	19.10	0.20
1+040.00	0.96	0.02	20.00	24.30	0.40
1+060.00	1.17	0.00	20.00	21.30	0.10
1+080.00	1.09	0.00	20.00	22.60	0.00
1+090.00	1.62	0.00	10.00	13.55	0.00
1+100.00	2.13	0.00	10.00	18.75	0.00
1+120.00	2.62	0.00	20.00	47.50	0.00
1+140.00	2.66	0.00	20.00	52.80	0.00
1+160.00	1.99	0.00	20.00	46.50	0.00
1+180.00	2.49	0.00	20.00	44.90	0.00
1+190.00	3.24	0.02	10.00	28.65	0.05
1+200.00	1.79	0.44	10.00	25.15	2.30
1+220.00	1.37	0.09	20.00	31.60	5.30
1+240.00	10.36	0.00	20.00	117.30	0.45
1+260.00	17.49	0.00	20.00	278.50	0.00
1+270.00	15.23	0.00	10.00	163.60	0.00
1+280.00	10.90	0.00	10.00	130.65	0.00
1+290.00	8.36	0.00	10.00	96.30	0.00
1+300.00	6.05	0.00	10.00	72.05	0.00
1+310.00	2.58	0.00	10.00	43.15	0.00
1+320.00	0.98	0.21	10.00	17.80	0.53
1+330.00	0.85	0.05	10.00	9.15	1.30
1+340.00	3.11	0.03	10.00	19.80	0.40
1+350.00	2.43	0.29	10.00	27.70	1.60
1+360.00	0.00	0.92	10.00	6.08	6.05
1+370.00	0.01	0.75	10.00	0.03	8.35
1+380.00	0.00	0.02	10.00	0.03	7.35
1+390.00	0.11	0.63	10.00	0.28	7.75
1+400.00	0.00	1.54	10.00	0.28	11.85
1+420.00	0.00	0.69	20.00	0.00	22.30
1+430.00	0.41	0.42	10.00	1.03	5.55
1+440.00	1.63	0.02	10.00	10.20	2.20
1+460.00	0.06	0.07	20.00	16.90	0.90
1+480.00	0.80	0.37	20.00	8.60	4.40
1+500.00	0.33	0.43	20.00	11.30	8.00

Estaca	AREAS (m²)		Distancia (m)	VOLUMEN CORTE (m³)	VOLUMEN RELLENO (m³)
	Corte	Relleno			
1+520.00	0.77	0.03	20.00	11.00	4.60
1+530.00	2.24	0.00	10.00	15.05	0.08
1+540.00	1.79	0.01	10.00	20.15	0.03
1+560.00	2.02	0.00	20.00	38.10	0.05
1+570.00	1.32	0.02	10.00	16.70	0.05
1+580.00	1.23	0.00	10.00	12.75	0.05
1+600.00	0.52	0.11	20.00	17.50	0.55
1+620.00	1.25	0.00	20.00	17.70	0.55
1+630.00	1.76	0.00	10.00	15.05	0.00
1+640.00	2.31	0.00	10.00	20.35	0.00
1+650.00	2.38	0.00	10.00	23.45	0.00
1+660.00	1.87	0.00	10.00	21.25	0.00
1+680.00	1.70	0.00	20.00	35.70	0.00
1+700.00	1.98	0.00	20.00	36.80	0.00
1+720.00	1.92	0.00	20.00	39.00	0.00
1+740.00	0.93	0.23	20.00	28.50	1.15
1+750.00	0.94	0.00	10.00	9.35	0.58
1+760.00	1.01	0.00	10.00	9.75	0.00
1+770.00	2.90	0.01	10.00	19.55	0.03
1+780.00	3.43	0.00	10.00	31.65	0.03
1+800.00	2.65	0.14	20.00	60.80	0.70
1+820.00	1.70	0.20	20.00	43.50	3.40
1+830.00	1.86	0.49	10.00	17.80	3.45
1+840.00	0.64	0.06	10.00	12.50	2.75
1+860.00	0.96	0.27	20.00	16.00	3.30
1+880.00	1.69	0.00	20.00	26.50	1.35
1+890.00	2.20	0.00	10.00	19.45	0.00
1+900.00	2.13	0.00	10.00	21.65	0.00
1+910.00	1.27	0.00	10.00	17.00	0.00
1+920.00	0.46	0.22	10.00	8.65	0.55
1+940.00	0.69	0.47	20.00	11.50	6.90
1+960.00	0.32	0.29	20.00	10.10	7.60
1+970.00	0.74	0.02	10.00	5.30	1.55
1+980.00	1.54	0.00	10.00	11.40	0.05
1+990.00	0.44	0.18	10.00	9.90	0.45
2+000.00	0.50	0.30	10.00	4.70	2.40
TOTAL 1000-2000				2,178.30	140.25

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

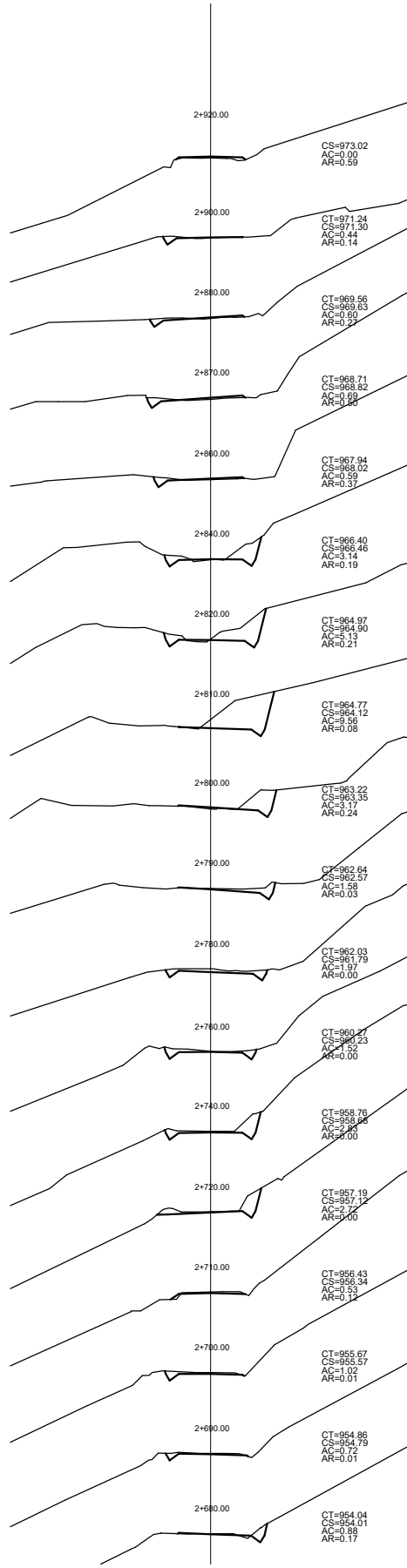
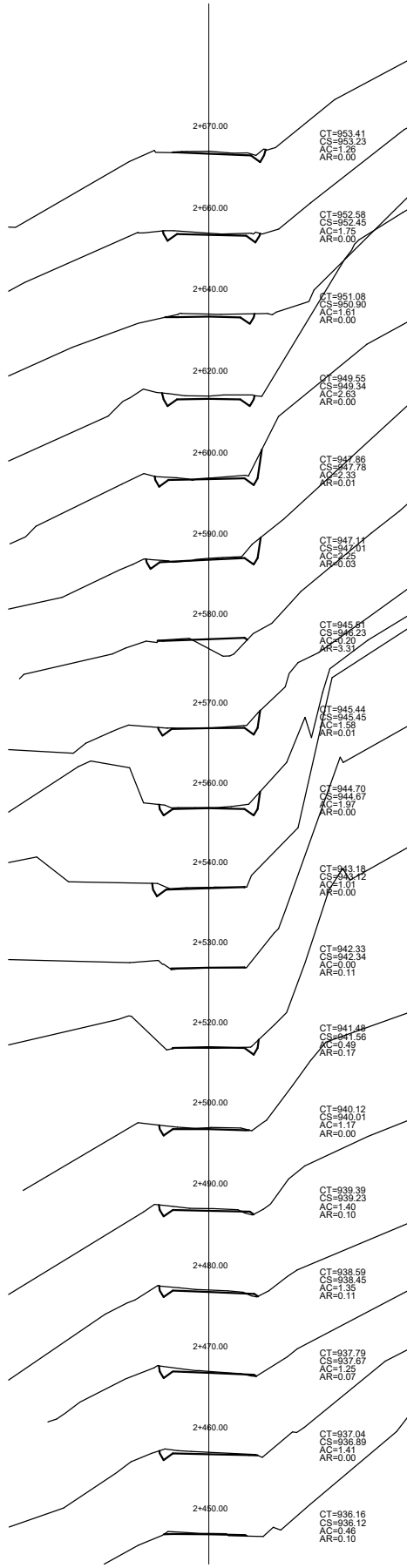
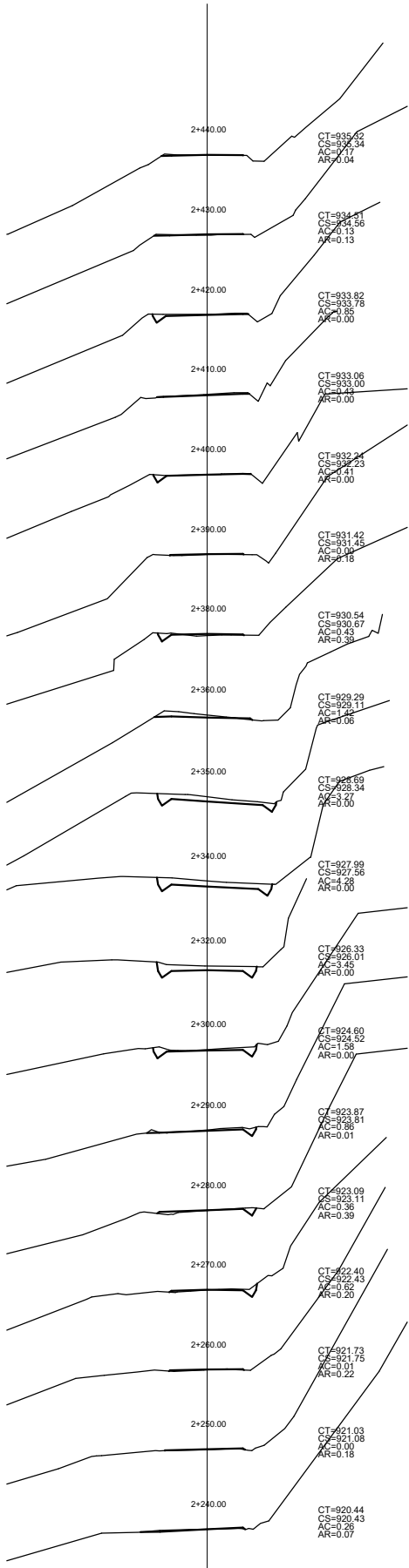
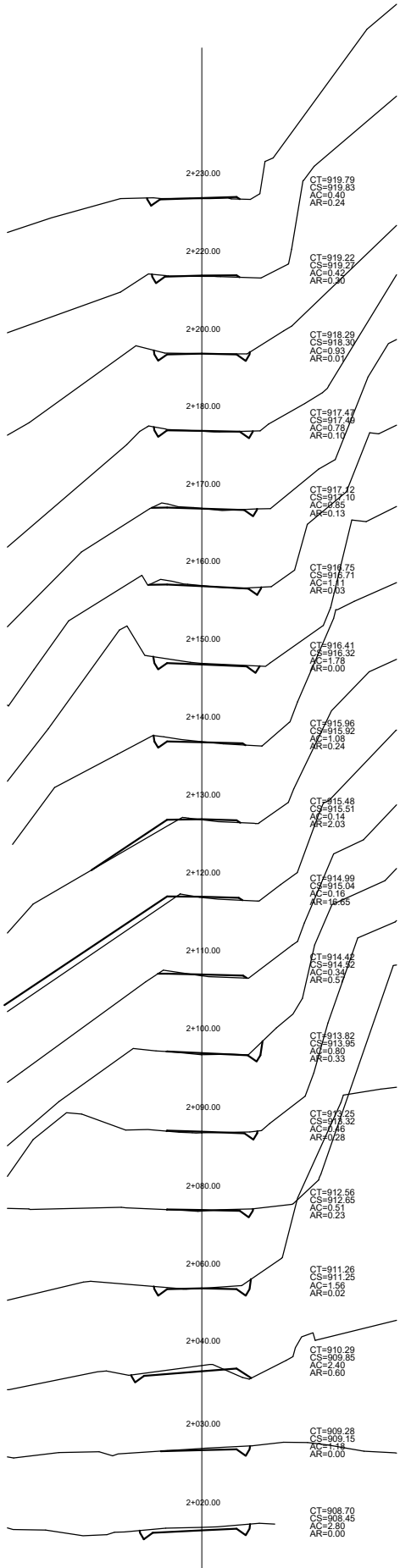
TESIS : INFLUENCIA DE LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE CON ENZIMA TERRASIL EN EL COSTO A NIVEL DE AFIRMADO DEL TRAMO DE LA CARRETERA MORRO SOLAR - SAN MIGUEL DE LAS NARANJAS - PROVINCIA DE JAÉN.

PLANO : SECCIONES TRANSVERSALES (Km 1+000 al 2+000)

TESISTA : SHEILA VALENTINA DÍAZ PINZÓN

ESCALA : 1/200

LÁMINA : ST- 02



Estaca	AREAS (m ²)		Distancia (m)	VOLUMEN CORTE (m ³)	VOLUMEN RELLENO (m ³)
	Corte	Releno			
2+000.00	0.50	0.30			
2+010.00	1.15	0.12	10.00	8.25	2.10
2+020.00	2.80	0.00	10.00	19.75	0.30
2+030.00	1.18	0.00	10.00	19.90	0.00
2+040.00	2.40	0.60	10.00	17.90	1.50
2+050.00	1.56	0.02	20.00	39.60	6.20
2+060.00	0.51	0.23	20.00	20.70	2.50
2+070.00	0.46	0.28	10.00	4.85	2.55
2+080.00	0.90	0.33	10.00	6.30	3.05
2+090.00	0.34	0.57	10.00	5.70	4.50
2+100.00	0.16	16.65	10.00	2.50	86.10
2+110.00	0.14	2.03	10.00	1.50	93.40
2+120.00	1.08	0.24	10.00	6.10	11.35
2+130.00	1.78	0.00	10.00	14.30	0.60
2+140.00	1.11	0.03	10.00	14.45	0.08
2+150.00	0.85	0.13	10.00	9.80	0.80
2+160.00	0.78	0.10	10.00	8.15	1.15
2+170.00	0.93	0.01	20.00	17.10	1.10
2+180.00	0.42	0.30	20.00	13.50	3.10
2+190.00	0.40	0.24	10.00	4.10	2.70
2+200.00	0.26	0.07	10.00	3.30	1.55
2+210.00	0.00	0.18	10.00	0.65	1.25
2+220.00	0.01	0.22	10.00	0.03	2.00
2+230.00	0.62	0.20	10.00	3.15	2.10
2+240.00	0.36	0.39	10.00	4.90	2.95
2+250.00	0.86	0.01	10.00	6.10	2.00
2+260.00	1.58	0.00	10.00	12.20	0.03
2+270.00	3.45	0.00	20.00	50.30	0.00
2+280.00	4.28	0.00	20.00	77.30	0.00
2+290.00	3.27	0.00	10.00	37.75	0.00
2+300.00	1.42	0.06	10.00	23.45	0.15
2+310.00	0.43	0.39	20.00	18.50	4.50
2+320.00	0.00	0.18	10.00	1.08	2.85
2+330.00	0.41	0.00	10.00	1.03	0.45
2+340.00	0.43	0.00	10.00	4.20	0.00
2+350.00	0.85	0.00	10.00	6.40	0.00
2+360.00	0.13	0.13	10.00	4.90	0.33
2+370.00	0.17	0.04	10.00	1.50	0.85
2+380.00	0.46	0.10	10.00	3.15	0.70
2+390.00	1.41	0.00	10.00	9.35	0.25
2+400.00	1.25	0.07	10.00	13.30	0.18
2+410.00	1.35	0.11	10.00	13.00	0.90
2+420.00	1.40	0.10	10.00	13.75	1.05
2+430.00	1.17	0.00	10.00	12.85	0.25

Estaca	AREAS (m ²)		Distancia (m)	VOLUMEN CORTE (m ³)	VOLUMEN RELLENO (m ³)
	Corte	Releno			
2+520.00	0.49	0.17	20.00	16.60	0.85
2+530.00	0.00	0.11	10.00	1.23	1.40
2+540.00	1.01	0.00	10.00	2.53	0.28
2+550.00	1.97	0.00	20.00	29.80	0.00
2+560.00	1.58	0.01	10.00	17.75	0.03
2+570.00	0.20	3.31	10.00	8.90	16.60
2+580.00	2.25	0.03	10.00	12.25	16.70
2+590.00	2.33	0.01	10.00	22.90	0.20
2+600.00	2.63	0.00	20.00	49.60	0.05
2+610.00	1.61	0.00	20.00	42.40	0.00
2+620.00	1.75	0.00	20.00	33.60	0.00
2+630.00	1.26	0.00	10.00	15.05	0.00
2+640.00	0.88	0.17	10.00	10.70	0.43
2+650.00	0.72	0.01	10.00	8.00	0.90
2+660.00	1.02	0.01	10.00	8.70	0.10
2+670.00	0.53	0.12	10.00	7.75	0.65
2+680.00	2.72	0.00	10.00	16.25	0.30
2+690.00	2.83	0.00	20.00	55.50	0.00
2+700.00	1.52	0.00	20.00	43.50	0.00
2+710.00	1.97	0.00	20.00	34.90	0.00
2+720.00	1.58	0.03	10.00	17.75	0.08
2+730.00	3.17	0.24	10.00	23.75	1.35
2+740.00	9.56	0.08	10.00	63.65	1.60
2+750.00	5.13	0.21	10.00	73.45	1.45
2+760.00	3.14	0.19	20.00	82.70	4.00
2+770.00	0.59	0.37	20.00	37.30	5.60
2+780.00	0.69	0.50	10.00	6.40	4.35
2+790.00	0.60	0.27	10.00	6.45	3.85
2+800.00	0.44	0.14	20.00	10.40	4.10
2+810.00	0.00	0.59	20.00	2.20	7.30
2+820.00	0.00	1.37	20.00	0.00	19.60
2+830.00	0.00	0.81	10.00	0.00	10.90
2+840.00	0.00	1.56	10.00	0.00	11.85
2+850.00	0.00	2.48	10.00	0.00	20.20
2+860.00	0.00	2.00	10.00	0.00	22.40
2+870.00	0.00	0.92	20.00	3.00	11.90
TOTAL 2000-3000				1,321.53	416.40

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS : "INFLUENCIA DE LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE CON ENZIMA TERRASIL EN EL COSTO A NIVEL DE AFIRMADO DEL TRAMO DE LA CARRETERA MORRO SOLAR - SAN MIGUEL DE LAS NARANJAS , PROVINCIA DE JAÉN.

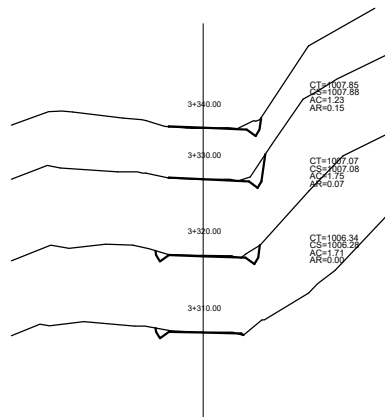
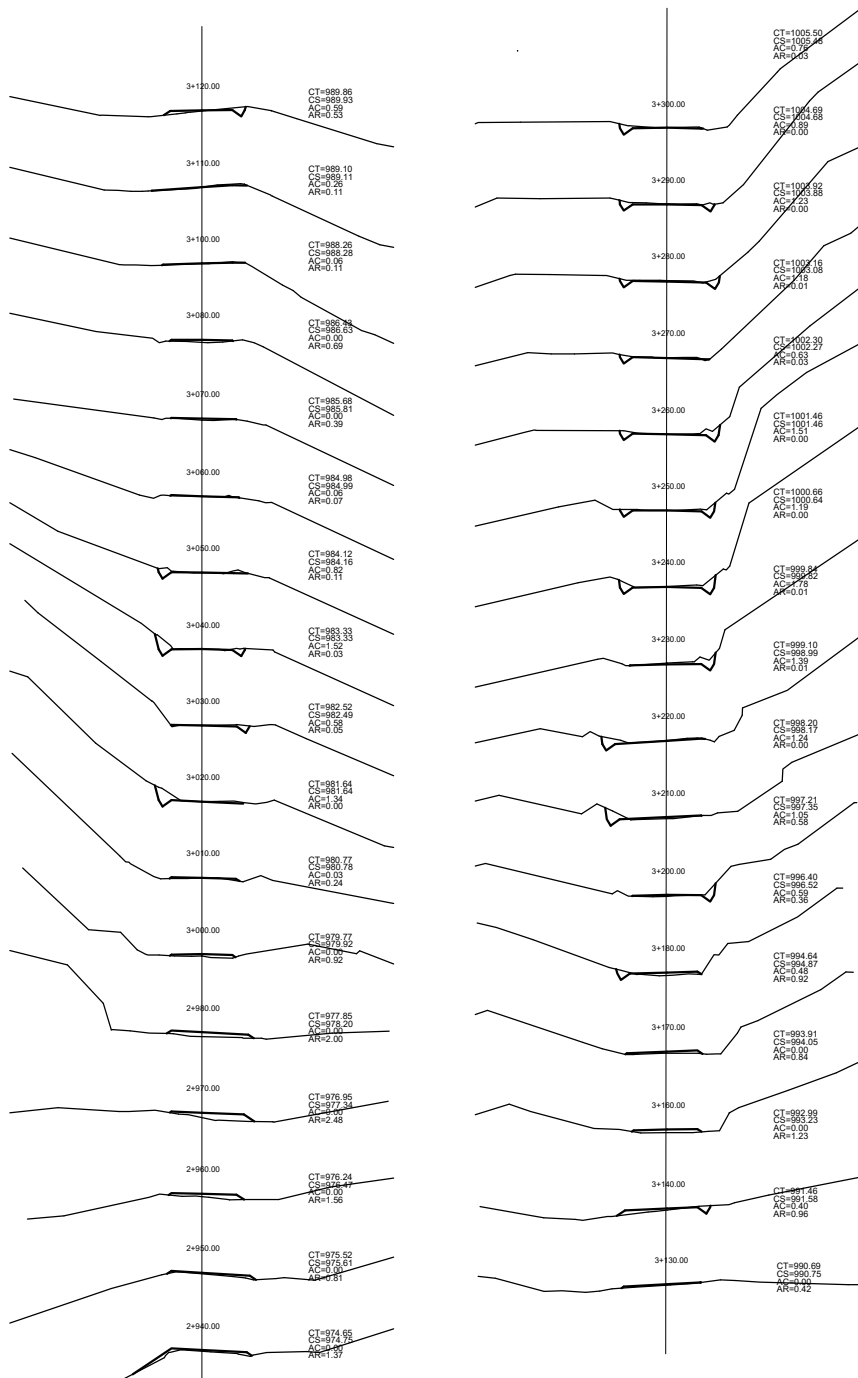
PLANO : SECCIONES TRANSVERSALES (Km 2+000 al 2+920)

TESISTA : SHEILA VALENTINA DÍAZ PINZÓN

ESCALA : 1/200

LÁMINA :

ST- 03



Estaca	AREAS (m ²)		Distancia (m)	VOLUMEN CORTE (m ³)	VOLUMEN RELLENO (m ³)
	Corte	Relleno			
3+000.00	0.00	0.92			
3+010.00	0.03	0.24	10.00	0.08	5.80
3+020.00	1.34	0.00	10.00	6.85	0.60
3+030.00	0.58	0.05	10.00	9.60	0.13
3+040.00	1.52	0.03	10.00	10.50	0.40
3+050.00	0.82	0.11	10.00	11.70	0.70
3+060.00	0.06	0.07	10.00	4.40	0.90
3+070.00	0.00	0.39	10.00	0.15	2.30
3+080.00	0.00	0.69	10.00	0.00	5.40
3+100.00	0.06	0.11	20.00	0.30	8.00
3+110.00	0.26	0.11	10.00	1.60	1.10
3+120.00	0.59	0.53	10.00	4.25	3.20
3+130.00	0.00	0.42	10.00	1.48	4.75
3+140.00	0.40	0.96	10.00	1.00	6.90
3+160.00	0.00	1.23	20.00	2.00	21.90
3+170.00	0.00	0.84	10.00	0.00	10.35
3+180.00	0.48	0.92	10.00	1.20	8.80
3+200.00	0.59	0.36	20.00	10.70	12.80
3+210.00	1.05	0.58	10.00	8.20	4.70
3+220.00	1.24	0.00	10.00	11.45	1.45
3+230.00	1.39	0.01	10.00	13.15	0.03
3+240.00	1.78	0.01	10.00	15.85	0.10
3+250.00	1.19	0.00	10.00	14.85	0.03
3+260.00	1.51	0.00	10.00	13.50	0.00
3+270.00	0.63	0.03	10.00	10.70	0.08
3+280.00	1.18	0.01	10.00	9.05	0.20
3+290.00	1.23	0.00	10.00	12.05	0.03
3+300.00	0.89	0.00	10.00	10.60	0.00
TOTAL 3000-3300				185.20	100.63

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS : "INFLUENCIA DE LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE CON ENZIMA TERRASIL EN EL COSTO A NIVEL DE AFIRMADO DEL TRAMO DE LA CARRETERA MORRO SOLAR - SAN MIGUEL DE LAS NARANJAS , PROVINCIA DE JAÉN.

PLANO : SECCIONES TRANSVERSALES (Km 2+940 al 3+300)

LÁMINA :

TESISTA : SHEILA VALENTINA DÍAZ PINZÓN

ST- 04

ESCALA : 1/200