

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR

Diego Alejandro Calle García

ASESOR

Ángel Alberto Lorren Palomino

<https://orcid.org/0000-0002-6432-3453>

Chiclayo, 2026

**Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases
granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible**

PRESENTADA POR
Diego Alejandro Calle García

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Lucas Ludeña Gutierrez
PRESIDENTE

Luis Quiroz Quiñones
SECRETARIO

Ángel Alberto Lorren Palomino
VOCAL

Dedicatoria

A Dios, por brindarme la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para alcanzar cada meta propuesta.

A mis padres, por su amor incondicional, por ser mi ejemplo de esfuerzo y mi mayor fuente de inspiración.

A mi hermana, por acompañarme con paciencia, comprensión y apoyo en los momentos más desafiantes de este camino.

A mi familia, por su constante aliento y confianza.

Este logro es también de ustedes.

Agradecimientos

Expreso mi más sincero agradecimiento a mi asesor, Ing. José Alberto Lorren Palomino, por su valiosa guía, paciencia y profesionalismo durante el desarrollo de esta investigación.

A la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo y a la Escuela de Ingeniería Civil, por la sólida formación académica brindada.

A la empresa BITUPER, por el apoyo y las facilidades otorgadas para la ejecución de este trabajo.

Finalmente, a mis docentes, familiares y amigos, por su constante aliento y motivación para alcanzar este logro.

Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	7%
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.unach.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
5	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	idoc.pub Fuente de Internet	<1%
7	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	pdfcookie.com Fuente de Internet	<1%
10	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
11	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez	<1%

Índice

Resumen	14
Abstract	15
Introducción.....	16
Revisión de literatura.....	20
Materiales y métodos	46
Resultados y discusión	86
Conclusiones	140
Recomendaciones	141
Referencias.....	142
Anexos	145

Lista de Tablas

TABLA I REQUERIMIENTOS GRANULOMÉTRICOS PARA BASE GRANULAR.....	25
TABLA II VALORES RELATIVOS DE CBR.....	25
TABLA III ENSAYOS Y REQUERIMIENTOS MÍNIMOS PARA EL AGREGADO GRUESO.....	26
TABLA IV ENSAYOS Y REQUERIMIENTOS MÍNIMOS PARA EL AGREGADO FINO.....	26
TABLA V CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA DE LOS SUELOS.....	27
TABLA VI ABERTURAS DE TAMICES EN MM Y PULGADAS.....	28
TABLA VII VALORES TÍPICOS DE CONSISTENCIA DEL SUELO.....	29
TABLA VIII ENSAYO DEL EQUIVALENTE DE ARENA.....	31
TABLA IX PROPIEDADES DEL SBR.....	44
TABLA X CANTIDAD DE ENSAYOS A REALIZAR A AGREGADOS QUE CUMPLEN CON NORMATIVA.....	49
TABLA XI CANTIDAD DE ENSAYOS A REALIZAR A AGREGADOS QUE NO CUMPLEN LA NORMATIVA.....	50
TABLA XII ENSAYO INSITU.....	50
TABLA XIII OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	51
TABLA XIV TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	52
TABLA XV ENSAYOS DE LABORATORIO E INSITU.....	52
TABLA XVI CRITERIOS PARA LA DOSIFICACIÓN.....	54
TABLA XVII RESULTADO DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA CANTERA TRES TOMAS.....	86
TABLA XVIII RESULTADO DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA CANTERA PUNTO 5.....	87
TABLA XIX RESULTADO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA CANTERA 3 TOMAS Y DEL PUNTO 5.....	89
TABLA XX RESULTADO DE LÍMITES DE ATTERBERG DE LA CANTERA 3 TOMAS Y DEL PUNTO 5.....	89
TABLA XXI RESULTADO DE LA CLASIFICACIÓN SUCS Y AASHTO DE LA CANTERA 3 TOMAS Y DEL PUNTO 5.....	90

TABLA XXII RESULTADO DE CARAS FRACTURADAS DE LA CANTERA 3 TOMAS Y DEL PUNTO 5.....	91
TABLA XXIII RESULTADO DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DE LA CANTERA 3 TOMAS Y DEL PUNTO 5	92
TABLA XXIV RESULTADO DE SALES SOLUBLES DE LA CANTERA 3 TOMAS Y DEL PUNTO 5.....	93
TABLA XXV RESULTADO DE ABRASIÓN DE LA CANTERA 3 TOMAS Y DEL PUNTO 5.....	94
TABLA XXVI RESULTADO DE EQUIVALENTE DE ARENA DE LA CANTERA 3 TOMAS Y DEL PUNTO 5	95
TABLA XXVII RESULTADO DE PROCTOR MODIFICADO DE LA CANTERA 3 TOMAS Y DEL PUNTO 5.....	96
TABLA XXVIII RESULTADO DE CBR DE LA CANTERA 3 TOMAS Y DEL PUNTO 5	97
TABLA XXIX RESULTADO DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA CANTERA TRES TOMAS CON ADICIÓN DE SBR.....	98
TABLA XXX RESULTADO DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA CANTERA PUNTO 5 CON ADICIÓN DE SBR	99
TABLA XXXI RESULTADO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA CANTERA 3 TOMAS CON ADICIÓN DEL SBR	101
TABLA XXXII RESULTADO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA CANTERA PUNTO 5 CON ADICIÓN DEL SBR.....	101
TABLA XXXIII RESULTADO DE LÍMITES DE ATTERBERG DE LA CANTERA 3 TOMAS CON ADICIÓN DEL SBR	103
TABLA XXXIV RESULTADO DE LÍMITES DE ATTERBERG DE LA CANTERA PUNTO 5 CON ADICIÓN DEL SBR.....	104
TABLA XXXV RESULTADO DE CARAS FRACTURADAS DE LA CANTERA 3 TOMAS CON ADICIÓN DEL SBR	106
TABLA XXXVI RESULTADO DE CARAS FRACTURADAS DE LA CANTERA PUNTO 5 CON ADICIÓN DEL SBR	106
TABLA XXXVII RESULTADO DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DE LA CANTERA 3 TOMAS CON ADICIÓN DEL SBR	108
TABLA XXXVIII RESULTADO DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DE LA CANTERA PUNTO 5 CON ADICIÓN DEL SBR	108

TABLA XXXIX RESULTADO DE SALES SOLUBLES DE LA CANTERA 3 TOMAS CON ADICIÓN DEL SBR	110
TABLA XL RESULTADO DE SALES SOLUBLES DE LA CANTERA PUNTO 5 CON ADICIÓN DEL SBR.....	110
TABLA XLI RESULTADO DE ABRASIÓN DE LA CANTERA 3 TOMAS CON ADICIÓN DEL SBR.....	112
TABLA XLII RESULTADO DE ABRASIÓN DE LA CANTERA PUNTO 5 CON ADICIÓN DEL SBR.....	112
TABLA XLIII RESULTADO DE EQUIVALENTE DE ARENA DE LA CANTERA 3 TOMAS CON ADICIÓN DEL SBR	114
TABLA XLIV RESULTADO DE EQUIVALENTE DE ARENA DE LA CANTERA PUNTO 5 CON ADICIÓN DEL SBR.....	114
TABLA XLV RESULTADO DE PROCTOR DE LA CANTERA 3 TOMAS CON ADICIÓN DEL SBR.....	116
TABLA XLVI RESULTADO DE PROCTOR DE LA CANTERA PUNTO 5 CON ADICIÓN DEL SBR.....	116
TABLA XLVII RESULTADO DE CBR DE LA CANTERA 3 TOMAS CON ADICIÓN DEL SBR.....	118
TABLA XLVIII RESULTADO DE CBR DE LA CANTERA PUNTO 5 CON ADICIÓN DEL SBR.....	118
TABLA XLIX PRUEBAS DE NORMALIDAD DE CBR AL 95% DE CANTERA TRES TOMAS.....	120
TABLA L RESUMEN DE CONTRASTE DE HIPÓSTESIS DE CBR AL 95% DE CANTERA TRES TOMAS	121
TABLA LI PRUEBAS DE NORMALIDAD DE CBR AL 95% DE CANTERA PUNTO 5.....	122
TABLA LII RESUMEN DE CONTRASTE DE HIPÓSTESIS DE CBR AL 95% DE CANTERA PUNTO 5.....	123
TABLA LIII RESULTADO DE DCP DE LA CANTERA PUNTO 5 CON ADICIÓN DEL 4% DE SBR – PRIMER PUNTO	123
TABLA LIV RESULTADO DE DCP DE LA CANTERA PUNTO 5 CON ADICIÓN DEL 4% DE SBR – SEGUNDO PUNTO	124
TABLA LV RESULTADO DE DCP DE LA CANTERA PUNTO 5 CON ADICIÓN DEL 4% DE SBR – TERCER PUNTO	124

TABLA LVI RESULTADO DE DCP DE LA CANTERA TRES TOMAS CON ADICIÓN DEL 4% DE SBR – PRIMER PUNTO.....	125
TABLA LVII RESULTADO DE DCP DE LA CANTERA TRES TOMAS CON ADICIÓN DEL 4% DE SBR – SEGUNDO PUNTO	125
TABLA LVIII RESULTADO DE DCP DE LA CANTERA TRES TOMAS CON ADICIÓN DEL 4% DE SBR – TERCER PUNTO	126
TABLA LIX ANÁLISIS DE COSTO-BENEFICIO	135

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. Cantera Tres Tomas y Cantero del PUNTO 5.	56
Ilustración 2. Cantera PUNTO 5	56
Ilustración 3: Obtención del Polímero SBR.....	57
Ilustración 4. Ensayo de humedad cantera tres tomas.....	58
Ilustración 5. Ensayo de humedad cantera del PUNTO 5	58
Ilustración 6. Granulometría de la cantera tres tomas	59
Ilustración 7. Granulometría de cantera del PUNTO 5	59
Ilustración 8. Límites de Atterberg de cantera del PUNTO 5	60
Ilustración 9. Límites de Atterberg de cantera de tres tomas	60
Ilustración 10. Caras fracturadas de cantera del PUNTO 5	61
Ilustración 11. Caras fracturadas de cantera tres tomas	61
Ilustración 12. Partículas chatas y alargadas de cantera del PUNTO 5	62
Ilustración 13. Partículas chatas y alargadas de cantera tres tomas	62
Ilustración 14: Máquina de Abrasión de los Ángeles, cantera Punto 5.....	63
Ilustración 15: Máquina de Abrasión de los Ángeles, cantera Tres Tomas.....	63
Ilustración 16. Equivalente de arena de cantera del PUNTO 5.....	64
Ilustración 17. Equivalente de arena de cantera tres tomas.....	64
Ilustración 18. Sales solubles de cantera del PUNTO 5.....	65
Ilustración 19. Sales solubles de cantera tres tomas.....	65
Ilustración 20: Peso de molde con material granular	66
Ilustración 21. Ensayo de Proctor en ambas canteras	66
Ilustración 22. Ensayo de CBR de ambas canteras	67
Ilustración 23. Tamices para el ensayo de granulometría	68
Ilustración 24. Ensayo de granulometría de la cantera 3 tomas con el 2% y 4% de SBR	68
Ilustración 25. Ensayo de granulometría de la cantera 3 tomas con el 6% de SBR.....	69
Ilustración 26. Ensayo de granulometría de la cantera Punto 5 con el 2% y 4% de SBR.....	69

Ilustración 27. Ensayo de granulometría de la cantera Punto 5 con el 6% de SBR.....	69
Ilustración 28: Peso de taras para el ensayo.....	70
Ilustración 29. Peso del material de la cantera tres tomas con la adición del 2%,4% y 6% del SBR	70
Ilustración 30: Peso de material tres tomas seco con adición 2%,4% y 6% del SBR.....	71
Ilustración 31. Ensayo de contenido de humedad de la cantera 3 tomas con el 2%, 4% y 6% de SBR	71
Ilustración 32. Peso del material cantera 5 de la cantera de PUNTO 5 con adición 2%, 4 y 6% del SBR	71
Ilustración 33: Peso de material cantera de PUNTO 5 seco con adición 2%,4% y 6% del SBR	72
Ilustración 34. Ensayo de contenido de humedad de la cantera Punto 5 con el 2%, 4% y 6% de SBR.	72
Ilustración 35. Proceso para determinar el IP con la adición del SBR.....	73
Ilustración 36. Ensayo de Límites de Atterberg en cantera 3 tomas con 2%, 4% y 6% de SBR	73
Ilustración 37. Ensayo de Límites de Atterberg en cantera del PUNTO 5 con 2%, 4% y 6% de SBR	74
Ilustración 38. Ensayo de Caras fracturadas en cantera 3 tomas con 2%, 4% y 6% de SBR ..	74
Ilustración 39. Ensayo de Caras fracturadas en cantera Punto 5 con 2%, 4% y 6% de SBR...	75
Ilustración 40. Ensayo de Caras fracturadas en cantera 3 tomas con 2%, 4% y 6% de SBR. .	75
Ilustración 41. Ensayo de Caras fracturadas en cantera Punto 5 con 2%, 4% y 6% de SBR...	76
Ilustración 42: Ensayo de Abrasión de los Ángeles, cantera Tres Tomas con 2%,4% y 6% de SBR.	76
Ilustración 43: Ensayo de Abrasión de los Ángeles, cantera Punto 5 con 2%,4% y 6% de SBR.	77
Ilustración 44: Ensayo de Equivalente de arena en cantera tres tomas con 2%, 4% y 6% de SBR.	78
Ilustración 45. Ensayo de Equivalente de arena en cantera Punto 5 con 2%, 4% y 6% de SBR.	78
Ilustración 46. Ensayo de Sales solubles en cantera 3 tomas con 2%, 4% y 6% de SBR.....	79
Ilustración 47. Ensayo de sales solubles en cantera Punto 5 con 2%, 4% y 6% de SBR.....	79

Ilustración 48. Incorporación del aditivo en 2%, 4% y 6% de SBR a la muestra natural.....	80
Ilustración 49. Mezclado del aditivo SBR con la muestra natural	80
Ilustración 50. Compactación del ensayo Proctor con la adición del SBR	81
Ilustración 51. Peso después de la compactación con la adición del SBR.....	81
Ilustración 52. Material para determinar la humedad con la adición del SBR.....	81
Ilustración 53: Ensayo de Proctor Modificado en cantera Punto 5 con 2%, 4% y 6% de SBR	82
Ilustración 54. Material con la incorporación del SBR del ensayo de CBR	83
Ilustración 55. Compactación de la muestra natural con la adición del SBR - CBR.....	83
Ilustración 56. Ensayo de CBR en cantera 3 tomas con 2%, 4% y 6% de SBR	84
Ilustración 57. Ensayo de CBR en cantera Punto 5 con 2%, 4% y 6% de SBR	84
Ilustración 58. Ensayo DCP con el 4% de SBR + Material de Cantera Punto 5.....	85
Ilustración 59. Ensayo DCP con el 4% de SBR + Material de Cantera Tres Tomas.....	85
Ilustración 60: APU de Mejoramiento de Bases Granulares con cemento Portland Tipo I...	128
Ilustración 61: Presupuesto de Mejoramiento de Bases Granulares con cemento Portland Tipo I.....	129
Ilustración 62: APU de mejoramiento de base granular (Tres Tomas) con la adición del polímero SBR al 4%.....	131
Ilustración 63: Presupuesto de mejoramiento de base granulare (Tres Tomas) con la adición del polímero SBR al 4%.....	132
Ilustración 64: APU de mejoramiento de base granular (Punto 5) con la adición del polímero SBR al 4%	134
Ilustración 65: Presupuesto de mejoramiento de base granulare (Punto 5) con la adición del polímero SBR al 4%.....	135
Ilustración 66: Validación por juicio de experto 1	146
Ilustración 67: Validación por juicio de experto 2	147
Ilustración 68: Validación por juicio de experto 3	148
Ilustración 69: Validación por juicio de experto 4	149

Lista de Figuras

Figura 1. Curva granulométrica de la cantera Tres Tomas	87
Figura 2. Curva granulométrica de la cantera el Punto 5	88
Figura 3. Resultados de Contenido de Humedad de ambas canteras.....	89
Figura 4. Resultados de Índice de Plasticidad de ambas canteras.....	90
Figura 5. Resultados de Caras fracturadas de ambas canteras	91
Figura 6. Resultados de % partículas chatas y alargadas de ambas canteras	92
Figura 7. Resultados de sales solubles de ambas canteras	93
Figura 8. Resultados por desgaste de abrasión en ambas canteras.....	94
Figura 9. Resultados de equivalente de arena de ambas cantera.....	95
Figura 10. Resultados de Proctor Modificado de ambas canteras.....	96
Figura 11. Resultados de CBR de ambas canteras	97
Figura 12. Curva granulométrica de la cantera tres tomas con adición del SBR.....	99
Figura 13. Curva granulométrica de la cantera el PUNTO 5 con adición del SBR.....	100
Figura 14. Resultados de contenido de humedad con la adición 2%,4% y 6% de SBR.....	102
Figura 15. Resultados de IP con la adición de 2%, 4% y 6 % de SBR.....	105
Figura 16. Resultados de una cara fracturada con la adición 2%, 4% y 6% de SBR.....	107
Figura 17. Resultados de dos caras fracturadas con la adición 2%, 4% y 6% de SBR.....	107
Figura 18. Resultados de partículas chatas y alargadas con la adición 2%, 4% y 6% de SBR	109
Figura 19. Resultados de sales solubles con la adición 2%, 4% y 6% de SBR	111
Figura 20 Resultados de Abrasión de los Ángeles con la adición 2%, 4% y 6% de SBR	113
Figura 21. Resultados de Equivalente de Arena con la adición 2%, 4% y 6% de SBR.....	115
Figura 22. Resultados de Proctor Modificado con la adición 2%, 4% y 6% de SBR.....	117
Figura 23. Resultados de CBR con la adición 2%, 4% y 6% de SBR	119

Resumen

La presente investigación evaluó el comportamiento físico-mecánico de las bases granulares modificadas con el polímero estireno-butadieno (SBR), utilizado como aditivo para mejorar el desempeño estructural de los pavimentos flexibles. Se emplearon materiales procedentes de las canteras Tres Tomas y Punto 5, elaborándose mezclas con contenidos de SBR del 2%, 4% y 6%, con el propósito de identificar el porcentaje más eficiente y analizar su rendimiento tanto en laboratorio como en campo. Los resultados evidenciaron una mejora significativa en la capacidad de soporte de las mezclas tratadas. En la cantera Tres Tomas, el valor del CBR aumentó de 71% a 140%, mientras que en Punto 5 se incrementó de 58% a 134%. Los ensayos con penetrómetro dinámico (DCP) confirmaron estos resultados, registrándose un CBR in situ de 107.70% para Tres Tomas y de 84.50% para Punto 5. El análisis técnico-económico determinó que el contenido óptimo fue del 4%, al proporcionar mayor resistencia estructural y un costo más bajo (S/ 59.74 y S/ 58.89, respectivamente). En conclusión, la adición de SBR constituye una alternativa técnica y económicamente viable para mejorar las propiedades físico-mecánicas, la estabilidad y la durabilidad de las bases granulares en pavimentos flexibles.

Palabras clave: Polímero SBR; bases granulares; capacidad de soporte; pavimento flexible; CBR in situ.

Abstract

This study evaluated the physical and mechanical behavior of granular bases modified with styrene-butadiene rubber (SBR), used as an additive to improve the structural performance of flexible pavements. Materials from the Tres Tomas and Punto 5 quarries were used to prepare mixtures with SBR contents of 2%, 4%, and 6%, with the aim of identifying the most efficient percentage and analyzing their performance both in the laboratory and in the field. The results showed a significant improvement in the bearing capacity of the treated mixtures. At the Tres Tomas quarry, the CBR value increased from 71% to 140%, while at Punto 5 it increased from 58% to 134%. Dynamic cone penetrometer (DCP) tests confirmed these results, recording an in-situ CBR of 107.70% for Tres Tomas and 84.50% for Punto 5. The technical-economic analysis determined that the optimal content was 4%, as it provided greater structural strength and a lower cost (S/ 59.74 and S/ 58.89, respectively). In conclusion, the addition of SBR constitutes a technically and economically viable alternative for improving the physical-mechanical properties, stability, and durability of granular bases in flexible pavements.

Keywords: SBR polymer; granular base; bearing capacity; flexible pavement; in-situ CBR.

Introducción

En todo el mundo, los agregados conocidos también como materiales granulares, son el factor principal utilizados en proporciones específicas en el interior de la estructura de un pavimento flexible, usualmente esta estructura está compuesta de una capa superior de asfalto, junto con capas de base y subbase. Los materiales granulares suelen aplicarse de forma directa debajo de la capa de asfalto, donde cumplen un papel importante al soportar las tensiones provocadas por el tráfico vehicular y los cambios ambientales. El conocimiento actual sobre las propiedades de los materiales granulares empleados en el diseño de pavimentos sigue siendo insuficiente. No obstante, si se respalda una evaluación a detalle de las propiedades de estos materiales y se mejora su uso, ya que no todos cumplen con las especificaciones requeridas para ser utilizados en capas granulares, el diseño de pavimentos podrá realizarse de manera más eficaz [1]

En Australia, la falla de los pavimentos flexibles se convirtió en un problema, a causa de algunas molestias recurrentes como la piel de cocodrilo, abultamientos, grietas, hundimientos, entre otros. Las consecuencias de este deterioro se originaron debido a la pésima calidad de construcción, causando incomodidad en los pobladores incrementando el índice de accidentes y la circulación intensa de vehículos, sin embargo, investigaciones revelaron que se puede reducir esta problemática optimizando la base y subbase del pavimento, mediante nuevos métodos que reduzcan los elevados costos de construcción y mantenimiento de carreteras [2].

Por otro lado, en Egipto, se presentaron fallas en sus pavimentos como el agrietamiento por fatiga, conocido como piel de cocodrilo o agrietamiento reflejado, ocasionando una preocupación notable en el país. Estas consecuencias se originaron por las cargas frecuentes de los vehículos, sobre todo de vehículos pesados, materiales de mala calidad y mantenimiento inadecuado [3].

A lo largo de los últimos 20 años, la Federal Highway Administration (FHWA) de manera conjunta con el Centro de Investigación de Agregados, los comités de la Junta de Investigación del Transporte y AASHTO están indagando en como optimizar la eficacia de los pavimentos y agregados empleados para su construcción, ya que estos representan el material más esencial en cada proyecto de una carretera. Es por eso por lo que se viene elaborando pavimentos sostenibles con el objetivo de mejorar la eficiencia en el uso de materiales que se obtienen de fuentes no renovables, permitiendo extender la vida útil de los pavimentos [4].

Ahora bien, según [5], la calidad del sistema vial está estrechamente ligada al crecimiento económico de un país, ya que aporta a la expansión de los mercados, atrae la inversión privada y disminuye los costos de producción. No obstante, muchos países en desarrollo requieren

aumentar la inversión y potenciar sus recursos para mantener sus redes viales y así mejorar la calidad de vida de la población.

En Colombia, la construcción del sistema vial para conectar territorios está aumentando notablemente a causa del aumento de la población, la demanda económica de hacer más fácil el transporte y el comercio de productos, y los factores sociales para la circulación de los pasajeros. Estos elementos influyen en el progreso en las áreas rurales como urbanas. No obstante, la falta de mantenimiento de las carreteras impacta adversamente en la mejora adecuada de la infraestructura y economía del país [6].

A nivel nacional, el Perú enfrenta estos mismos problemas que se observan en las estructuras del pavimento flexible, ya que muchas de estas atraviesan graves daños, mucho antes que cumplan con el periodo de vida de diseño, representando un riesgo para los usuarios que circulan por las vías, siendo los causantes de numerosos accidentes de tránsito [7]. Una muestra evidente es lo que sucede con la Red Vial Nacional, según el boletín estadístico del MTC el Perú hasta el 31/12/2023 presentó 4,738.6 km sin pavimentar y 1,838.3 km de red vial proyectada por construir [8].

Durante estos años en Lima, se ha evidenciado el deterioro de las pistas, lo que ha afectado día a día a la población. Se realizaron investigaciones donde tuvieron como evidencias la mala calidad de pistas en el país, esto se debe al mal proceso constructivo y el no utilizar materiales que cumplan con las especificaciones requeridas, desde la etapa de la subrasante hasta la carpeta asfáltica. Otro problema que se observó fue que el mal estado perjudicó a los autos dañando sus neumáticos y obstruyendo la circulación, más allá de los accidentes de tránsito que ocasionan al encontrarse con una gran cantidad de baches y fallas como agrietamientos [9].

La excelencia de las bases granulares en los pavimentos flexibles depende de la calidad de los agregados gruesos y finos que las componen. Esta capa es esencial, ya que ofrece el soporte estructural requerido para la transmisión de cargas hacia las capas inferiores y finalmente al suelo. En Perú, la mayor parte de los pavimentos en zonas urbanas y carreteras son de tipo flexible, los cuales a menudo presentan fallas tempranas visibles en la capa superficial, como fisuras longitudinales y transversales, entre otras. Estas fallas directamente relacionadas con la capacidad estructural de las capas inferiores, especialmente la base granular. Una base granular mal compactada o con propiedades mecánicas deficientes puede no soportar adecuadamente las cargas aplicadas, lo que genera deformaciones y fisuras en la superficie. Por ello, es fundamental mejorar las propiedades físicas y mecánicas de las bases granulares, lo que contribuiría a aumentar la vida útil del pavimento flexible [10].

Según el mapa de redes viales de SINAC, hasta el 23 de octubre del 2023 en la región Lambayeque, la red vecinal de Chiclayo conto con el 100% de vías no pavimentadas, resaltando la urgente necesidad de mejorar la infraestructura vial y el desarrollo económico de la región [11].

En Chiclayo, en el distrito de JLO, según el reporte en 2017, el 95% de los pavimentos estaban en condiciones deficientes y necesitaban una rehabilitación inmediata, este problema afectaba la circulación de los vehículos y tenía un impacto negativo en las zonas, pese a ello, hasta el día de hoy la mayoría de las vías que fueron evaluadas siguen en el mismo o incluso en un estado peor, esto por la deficiente administración de las autoridades [12].

De la misma manera las vías del pueblo joven Diego Ferré, estas vías dejan ver el deterioro, incluyendo huecos o baches, y en algunos casos áreas sin pavimentar. Esto ocasiona inconvenientes para el tránsito vehicular y causa problemas como la contaminación del medio ambiente (por polvo y aglomeración de basura), esto lleva consigo a ocasionar diversas enfermedades entre los residentes de la zona. [13]

Esta situación genera la necesidad de adquirir materiales para la construcción de las carreteras, lo que lleva a desarrollar estudios de las canteras. Estos estudios definen el periodo en el cual se puede explotar la cantera y la cantidad de material disponible para su extracción. En resumen, todas las canteras tienen un tiempo limitado de explotación y la disponibilidad de su material es finita.

En la búsqueda continua de mejoras en la calidad y larga vida de las carreteras, la presente tesis buscar establecer el uso de aditivos poliméricos, como el SBR, para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de las bases granulares de pavimentos flexibles. En este estudio se plantea investigar en detalle el comportamiento de las bases granulares modificadas con SBR, con el fin de comprender mejor su rendimiento y sus potenciales mejoras en términos de durabilidad, resistencia estructural del pavimento flexible y disminuir los costos en las etapas de rehabilitación de estos mismos, reduciendo los tiempos de ejecución. Teniendo en cuenta lo que se mencionó se planteó la siguiente interrogante: ¿Cómo influye la adición del Polímero SBR en las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares para pavimento flexible?

Ante esta pregunta se propuso la siguiente hipótesis: La adición del polímero SBR mejorará positivamente las propiedades físicas y mecánicas de una base granular para pavimento flexible.

Para esta investigación se tiene el siguiente objetivo principal: Evaluar las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares mejoradas con la adición del polímero SBR para su uso en pavimentos flexibles.

Asimismo, se establecieron los siguientes objetivos específicos: caracterizar las propiedades físicas y mecánicas de las bases granulares sin adición y con la adición del polímero SBR, para comparar los resultados obtenidos entre el polímero SBR y el material de cantera que cumple con las especificaciones técnicas establecidas en la normativa vigente, de igual manera comparar los resultados obtenidos entre el polímero SBR y el material de cantera que no cumple con las especificaciones técnicas establecidas en la normativa vigente, luego determinar la adición óptima de polímero SBR que mejore las propiedades de las bases granulares, para realizar el ensayo de Penómetro de Cono Dinámico (DCP) in situ con el óptimo porcentaje del polímero SBR para la verificación de la capacidad de soporte de las bases granulares y finalmente, evaluar la viabilidad económica del uso del polímero SBR frente a los materiales de cantera mediante un análisis de costos.

Por otra parte, las justificaciones para la presente investigación son las siguientes:

Desde una perspectiva social, se pretende generar un impacto positivo en la sociedad a través de vías con mayor durabilidad. Al ofrecer pavimentos con una mayor vida útil y en excelente estado, se limitarán de forma considerable las intervenciones y cierres temporales causados por las operaciones de mantenimiento necesarias para su conservación. Esto contribuirá a minimizar el impacto sobre el tránsito vehicular, facilitando una circulación más fluida y segura para los usuarios. Además, la reducción de los costos de mantenimiento permitirá una mejor asignación de los recursos públicos, beneficiando a la comunidad en general al destinar fondos a otros proyectos de desarrollo social y económico.

Desde un punto de vista técnico, se llevará a cabo siguiendo los parámetros de las normas técnicas peruanas, para respaldar este estudio al incorporar el polímero SBR, si esta cumple con los criterios de la CE010 y EG2013, puede ser empleada en la construcción de pavimentos en vías como en calles, de igual manera proponer una mejora del agregado que actualmente se dispone para las vías sin pavimentar y que sufren un deterioro rápido, producto del tráfico pesado, mantenimiento inadecuado y las variaciones de la temperatura provocando contracciones y dilataciones en los pavimentos.

Considerando el ámbito ambiental, la presente investigación se plantea la incorporación de polímeros SBR a las bases granulares, alternativa que pretende mejorar notablemente las propiedades físicas y mecánicas, bien sustituyendo parcial o completamente a los agregados

naturales, con un cuidadoso manejo ambiental, ya que este producto no genera un impacto negativo en el medio ambiente.

Desde un punto de vista económico, este estudio propone mejorar las propiedades de las bases granulares para tener un desempeño superior, lo que disminuiría los costos de rehabilitación, mantenimiento y mejoramiento de las carreteras, con la condición de que cumpla con los parámetros técnicos. Permitiendo asignar más recursos a las demás obras de financiación pública.

Revisión de literatura

Antecedentes

Hopkins et. al [14], tienen como objetivo mejorar los materiales granulares con la adición del polímero sintético Hidrofóbico. Los porcentajes utilizados fueron del 1.5% y 2%. Los resultados de laboratorio mostraron que este insumo mejoró el drenaje en las pruebas de permeabilidad, incrementando la resistencia a la compresión, mostrando también una mayor rigidez en las pruebas triaxiales, así como también los valores de CBR aumentaron de 60 % hasta 240 % en los tramos tratados con cal + polímero, lo que indica una mejora significativa en la capacidad de soporte de la base granular. Concluyeron que al adicionar este polímero es rentable ya que disminuye los costos de ejecución y mejora las propiedades de los materiales granulares con la adición del 2%. En relación con este estudio, la incorporación del polímero SBR podría ofrecer un comportamiento más elástico y flexible, aumentando la cohesión entre partículas y mejorando la durabilidad del material ante cargas repetitivas, lo que permitiría un desempeño más resistente y estable en pavimentos flexibles.

Indraratnaa et. al [15], esta investigación evaluó el uso del polímero elastómero del caucho reciclado para mejorar el rendimiento de las vías de Australia. Los porcentajes utilizados fueron del 0%, 10%, 20%, 30% y 40%. Los resultados de los ensayos realizados en laboratorio tuvieron como resultado que al 10% mejora la resistencia, reduciendo las fallas en los pavimentos mejorando su rendimiento y vida útil. Así mismo, la capacidad de soporte aumentó entre un 10 % y 15 %, mientras que la resistencia al deterioro estructural mejoró hasta en un 30 %, manteniendo la estabilidad global de la vía ferroviaria. Concluyeron, que al adicionar este polímero se redujeron los abultamientos, ondulaciones facilitando la transitabilidad de los vehículos. En comparación, la adición del polímero SBR podría ofrecer una mejor dispersión en la mezcla granular y una mayor capacidad de recuperación elástica, favoreciendo la estabilidad estructural y el comportamiento resiliente del pavimento frente a cargas repetitivas.

Celi [16], en esta investigación se enfocó en estabilizar las capas del pavimento de tipo suelo granular incorporando el polímero plastómeros PP y PE. Se añadieron porcentajes de 0%, 3%,

6%, 9%, 12% y 15%. La metodología que emplearon se basó en el análisis del CBR con la adición de estos insumos, analizándose las variaciones en los resultados. Se obtuvo como resultado que el valor de su CBR incrementó conforme se iba adicionando más cantidad del polímero, teniendo en cuenta que el valor óptimo fue del 3%. Por último, concluyó que la incorporación de estos redujo notablemente los espesores de la capa de la estructura del pavimento flexible en estudio tanto quienes la conforman que son la base, subbase y carpeta asfáltica. En relación con este estudio, la adición del polímero SBR podría potenciar aún más la cohesión y la resistencia al corte del material granular, brindando mayor elasticidad y capacidad de recuperación ante deformaciones, lo que se traduciría en una estructura más duradera y con mejor comportamiento frente al tráfico repetitivo.

Carballo et. al [17], en este artículo se evaluaron dos materiales los cuales fueron el cemento y el polímero termoplástico PET, cuyo objetivo es determinar que al incorporar ambos aditivos disminuye la cantidad de material proveniente de canteras. Los porcentajes que utilizaron fueron el 2.5% de cemento y 0.2%, 0.4% y 0.6% de PET. Los resultados de laboratorio fueron de que al agregar 0.2% de PET sus valores de su M.D.S aumentaron, de igual manera con su resistencia a la compresión fue de 3.3 Mpa aumentando un 12.5% a comparación de la muestra natural. Para terminar, concluyeron que al incorporar este polímero termoplástico redujo la cantidad de material granular, al igual que disminuyeron los costos en las fases de construcción. En comparación, el uso del polímero SBR podría mejorar no solo la resistencia, sino también la flexibilidad y la adherencia entre partículas, proporcionando un mejor desempeño frente a esfuerzos dinámicos y una mayor durabilidad estructural del pavimento flexible.

Rojas [18], realizaron una comparación de mezclas bituminosas mejoradas con los polímeros SBS y SBR, junto a agregados provenientes de cantera. Los porcentaje utilizados para ambos polímeros fueron de 0.5%, 1%, 1.5%, 2%, 2.5% 3% y 1%, 2%, 3%, 4% respectivamente. Los resultados que obtuvieron fueron que el óptimo porcentaje que mejoro las propiedades de los materiales granulares fue del 2.5%. Teniendo como conclusión que este polímero tiene un impacto positivo para de esa manera evitar fallas prematuras en el pavimento.

Chavarría y Marreros [19], el propósito de esta investigación fue de analizar el punto de ablandamiento y el nivel de penetración en la superficie del pavimento. Utilizaron porcentajes del 3%, 5% y 7%. Los resultados fueron favorables, ya que mejoraron las propiedades como la viscosidad, consistencia, dureza, rigidez, resistencia a los daños por fatiga. Concluyeron que la incorporación de SBS al asfalto aumentó la fortaleza del sistema, haciéndolo más resistentes a deformaciones permanentes y a altas temperaturas.

Ccora [20], este estudio se centró en determinar qué beneficios se dan al utilizar polímeros SBS en conjunto con el asfalto para lograr el mejoramiento de las vías de la ciudad de Huancayo. Los porcentajes que utilizaron fueron del 1%, 2% y 3 %. Los resultados fueron que la adición de este polímero mejoró la rigidez y estabilidad del pavimento. Finalmente, concluyeron que una mezcla asfáltica en combinación con el polímero SBS incremento la resistencia a las deformación originada por factores como el intenso tráfico vehicular y factores climatológicos.

Tamay [21], el estudio tuvo como objetivo analizar las propiedades físico-mecánicas de una base granular que fue tratada mediante la incorporación de PET reciclado triturado en la cantera de Chuyabamba,. La investigación se llevó a cabo de manera experimental y utilizó como muestra una base granular natural, así como mezclas que contenían un 10%, 20% y 30% de PET. Los ensayos indicaron que el material natural no cumplía con las especificaciones del MTC (2014), al presentar un CBR del 75.38%, un índice de plasticidad del 4.10% y una abrasión del 37.90%. Con la inclusión de PET, se observó una reducción en el índice de plasticidad, alcanzando valores de 3.91%, 3.70% y 3.63%. Asimismo, el CBR experimentó un incremento, registrando valores de 76.80%, 78.20% y 77.60%, lo que representa una diferencia cercana al requisito mínimo. Se estableció que la incorporación de un 20% de PET mejoró las características de la base en comparación con el material natural. El estudio concluye que esta mezcla no solo mejora el rendimiento físico-mecánico del suelo, sino que también permite reducir hasta en un 90% los residuos plásticos en Chota, constituyendo una alternativa técnica y ambientalmente viable para su aplicación en pavimentos flexibles.

Estrada [22], en este estudio tuvo como idea principal el determinar la adición de residuos plásticos (PVC) en la capacidad de soporte del CBR de una base granular. Se adicionaron porcentajes del 4%,6% y 8%. Como resultados se tuvieron que el CBR a comparación de la muestra patrón aumento más del 10%, de igual manera con su densidad fue disminuyendo al aumentar la adición de este polímero. Por último, concluyó que al incorporar este insumo mejoraron las propiedades mecánicas de la base granular.

Muñoz [23], la presente investigación tuvo como objetivo evaluar la respuesta estructural de bases granulares y subrasantes compuestas por tres tipos de suelo: arcilla de baja plasticidad (CL), arcilla de alta plasticidad (CH) y arena arcillosa (SC). Para ello, se aplicaron cuatro dosificaciones de aceite sulfonado, correspondientes a 0.15, 0.25, 0.35 y 0.45 L/m³. El estudio se llevó a cabo de manera experimental, con un enfoque cuantitativo y aplicado. Los resultados demostraron que la arena arcillosa (SC) presentó características físico-mecánicas superiores, con una DMS de 2.06 g/cm³, un OCH de 6.60% y CBR de 9.19% en la subrasante. En la base

granular se registró una DMS de 2.179 g/cm^3 , un OCH del 5.68% y un índice de CBR de 57.70%, siendo la cuarta adición la más eficiente. Asimismo, en un área de prueba de 4 m^2 , con un espesor de 0.20 m de afirmado, se registró una densidad de campo de 2.059 g/cm^3 y un grado de compactación inicial del 95.40%, el cual solo experimentó una disminución del 1.70% tras un periodo de dos meses. Se ha determinado que la estabilización experimental mediante aceite sulfonado incrementa de manera significativa la capacidad de soporte de las bases granulares, logrando una mejora de hasta un 1.57% en comparación con los valores iniciales. Además, se considera una opción económica y duradera para la construcción de pavimentos flexibles.

Bases teóricas

Pavimentos flexibles

Es una serie de capas granulares, incluyendo la subbase y la base, sobre las cuales se coloca una carpeta de rodadura hecha de agregados mezclados con materiales bituminosos, conocida como carpeta asfáltica [24].

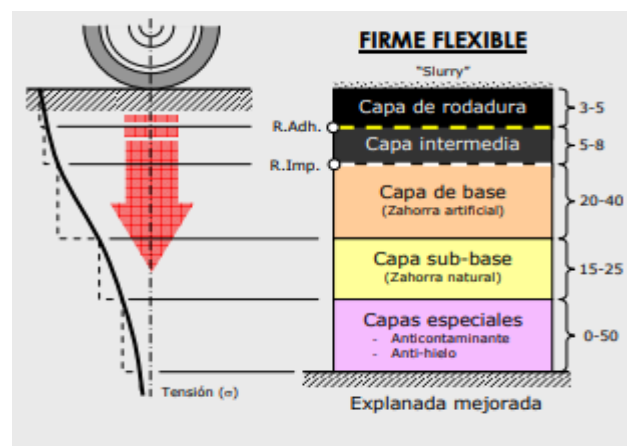


Fig 1. Capas de un pavimento flexible [25]

Capas de los Pavimentos flexibles

- **Subrasante**

Es el nivel obtenido mediante movimientos de tierra, como corte y relleno, sobre el que se asienta toda la estructura del pavimento. Esta capa es la más importante en la estructura del pavimento, ya que su calidad, junto con el tránsito y las propiedades de los agregados, son las variables fundamentales para su diseño [26].

- **Subbase granular**

Esta capa está conformada por materiales granulares de baja calidad, ya que no es capaz de resistir las cargas directas ocasionadas por el incremento del tráfico [27].

- **Base granular**

Es una capa primordial en el pavimento flexible, ubicada entre la subbase y la capa de rodadura. Es la responsable de soportar las cargas generadas por el tránsito, y puede estar compuesta por materiales granulares naturales, estabilizados con aglomerantes o mezclas bituminosas [27].

- **Carpeta asfáltica**

Es la más vulnerable al aire libre y está en contacto directo con los neumáticos. Por estas condiciones rigurosas deben ser resistentes, impermeables y antideslizantes [25]

Estudio de mecánica de suelos para el diseño del pavimento

La investigación y análisis del suelo es fundamental para comprender las propiedades físicas y mecánicas del terreno, las cuales son primordiales para el diseño del pavimento [26].

Calicatas

Se pueden llevar a cabo en una amplia variedad de suelos, sin embargo, el nivel freático puede ser un problema, sin embargo, tiene la ventaja de realizarse de manera manual y las muestras pueden ser extraídas de los laterales o del fondo de esta misma [28].

Agregado de cantera para capas granulares

La base y subbase granular son uno de los elementos importante de la estructura de un pavimento, junto con la carpeta asfáltica transmiten y distribuyen las pesadas cargas del tráfico directo a la subrasante. Es por eso por lo que tiene que contar con agregados que cumplan los parámetros establecidos en las normativas vigentes [27].

Características técnicas del agregado de cantera: base granular

Este material debe ser proveniente de canteras, escorias o excavaciones. Además, según [29], deben cumplir con las siguientes especificaciones de calidad:

- **Granulometría**

La mezcla final de los componentes exhibirá una distribución de tamaños continua, adecuadamente proporcionada y conforme a las especificaciones de una de las categorías granulométricas que se mencionan en la Tabla 1.

Por otro lado, para las áreas con altitudes iguales o superiores a 3.000 metros sobre el nivel del mar, se deberá elegir la clasificación A [29].

TABLA I
REQUERIMIENTOS GRANULOMÉTRICOS PARA BASE GRANULAR

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm. (2")	100	100		
25 mm. (1")		75-95	100	100
9,5 mm. ($\frac{3}{8}$ ")	30-65	40-75	50-85	60-100
4,75 mm. (N.º 4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2,0 mm. (N.º 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 μ m. (N.º 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 μ m. (N.º 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

La Tabla I detalla el porcentaje de material que pasa a través de distintos tamices, clasificados en cuatro gradaciones (A, B, C y D). Los tamaños de tamiz varían desde 50 mm hasta 75 μ m y cada gradación indica el porcentaje de peso que se filtra por medio de cada tamiz. Esta información es importante para entender la distribución de tamaños de partículas en un material, lo que resulta crucial en aplicaciones industriales y de laboratorio, permitiendo la selección adecuada del tamiz según las necesidades específicas del proceso.

Por otro lado, el material de cantera deberá cumplir con otras características físicas, mecánicas y químicas que se indican a continuación:

TABLA II
VALORES RELATIVOS DE CBR

Valor Relativo de Soporte, CBR (1)	Tráfico en ejes equivalentes ($<10^6$)	Mín. 80%
	Tráfico en ejes equivalentes ($\geq 10^6$)	Mín. 100%

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1" (2.5 mm)

La Tabla II presenta los requisitos mínimos del CBR, en relación con el tráfico en ejes equivalentes. Para niveles de tráfico inferiores a 10^6 , se establece que el soporte debe ser al menos del 80%, lo que sugiere una tolerancia razonable ante cargas menores. Sin embargo, para el tráfico igual o superior a 10^6 , se exige un soporte del 100%, indicando que, en situaciones de mayor demanda, se requiere una capacidad de soporte total para garantizar el rendimiento adecuado. Reflejando la importancia de ajustar el soporte según el volumen de tráfico para mantener la eficiencia operativa.

- Agregado grueso

Se llaman así a los materiales que quedan atrapados en la malla N°4, los cuales pueden originarse de fuentes naturales, ser procesados o resultar de una combinación de ambos [29].

TABLA III
ENSAYOS Y REQUERIMIENTOS MÍNIMOS PARA EL AGREGADO GRUESO

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

La Tabla III presenta los requisitos para el agregado grueso según distintas normas (MTC, ASTM y AASHTO), especificando ensayos y criterios de aceptación en función de la altitud. Se detallan 6 ensayos como la fracturación de partículas y la abrasión, junto con sus respectivas normas. Los requisitos varían según la altitud: para altitudes menores a 3,000 msnm, se exige un mínimo del 80% de partículas con una cara fracturada y un máximo del 40% de partículas chatas y alargadas. Así como también, para altitudes superiores a 3,000 msnm, los mínimos y máximos son más estrictos, reflejando la necesidad de materiales más resistentes en condiciones de mayor altitud.

Esta información es importante para garantizar la calidad y durabilidad de los materiales utilizados en la construcción en distintos entornos.

- Agregado Fino

Son aquellos materiales que atraviesan la malla N°4, los cuales pueden originarse de fuentes naturales o ser procesados de una combinación de ambos [29].

TABLA IV
ENSAYOS Y REQUERIMIENTOS MÍNIMOS PARA EL AGREGADO FINO

Ensayo	Norma	Requerimientos Altitud	
		<3.000 msnm	≥3.000 msnm
Índice plástico	MTC E 111	4% máx.	2% mín.
Equivalente de arena	MTC E 114	35% mín.	45% mín.
Sales solubles	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	-----	15%

La Tabla IV presenta los requisitos para distintos ensayos de materiales según la altitud. Se observa que el índice plástico, el equivalente de arena y las sales solubles tienen criterios específicos que varían dependiendo de si la altitud es menor o mayor a 3.000 msnm. Por ejemplo, el índice plástico permite un máximo del 4% en altitudes inferiores, mientras que en altitudes superiores se establece un mínimo del 2%. Esto indica que los materiales deben cumplir con estándares más estrictos a mayores altitudes, lo que refleja la necesidad de asegurar su calidad y durabilidad en condiciones ambientales más exigentes. Además, la durabilidad al sulfato de magnesio también se considera, estableciendo un umbral del 15% para altitudes elevadas.

Ensayos de laboratorio

Ensayo de granulometría según la Norma técnica peruana 400.012

Es el ensayo más representativo para definir la asignación de los tamaños de las partículas del suelo, se expresa en % del material que atraviesa cada tamiz hasta llegar al N°200, si se encuentra material que paso esta malla, lo fundamental es realizar un análisis granulométrico por hidrómetro [24].

TABLA V
CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA DE LOS SUELOS

TIPO	DENOMINACIÓN	TAMAÑO (MM)	
Suelos Granulares	Bolos y Bloques		>60
	Grava	Gruesa	60-20
		Media	20-6
		Fina	2-6
	Arena	Gruesa	0.6-2
		Media	0.2-0.6
		Fina	0.08-0.02
Suelos Cohesivos	Limo	Gruesa	0.02-0.08
		Media	0.006-0.02
		Fina	0.002-0.006
	Arcilla		<0.002

La Tabla V presenta una clasificación de suelos en dos categorías principales: suelos granulares y suelos cohesivos, especificando las denominaciones y tamaños de las partículas. En los suelos granulares, se incluyen bolos y bloques con un tamaño superior a 60 mm, así como grava y arena, que se subdividen en gruesa, media y fina según sus dimensiones. Por otro lado, los suelos cohesivos abarcan el limo y la arcilla, con tamaños de partículas que varían desde 0.02 mm hasta menos de 0.002 mm. Esta clasificación es esencial para comprender las propiedades físicas y mecánicas de los suelos, lo que tiene un impacto significativo en áreas como la ingeniería civil, la construcción y la agricultura.

Según [24], los tamices dependerán del ensayo que se realizará y de acuerdo con la normativa, a continuación, se muestran los tamices:

TABLA VI
ABERTURAS DE TAMICES EN MM Y PULGADAS

Nominal (mm)	Pulgadas	Nominal (mm)	Pulgadas
75.00	3"	2.00	Nº10
63.00	2 1/2"	1.70	Nº12
50.00	2"	1.40	Nº14
37.50	1 1/2"	1.18	Nº16
31.50	1 1/4"	1.00	Nº18
25.00	1"	0.85	Nº20
19.00	3/4"	0.60	Nº30
16.00	5/8"	0.43	Nº40
12.50	1/2"	0.30	Nº50
9.50	3/8"	0.25	Nº60
8.00	5/16"	0.18	Nº80
6.30	1/4"	0.15	Nº100
4.75	Nº4	0.11	Nº140
2.36	Nº8	0.08	Nº200

Materiales y herramientas:

- Balanza: Permitirá pesar la muestra antes y después de pasar por los tamices
- Horno: Debe mantener una temperatura sujeta en los rangos 110 ± 5 °C.
- Tamices: De malla cuadrada por los cuales pasara la muestra para determinar el tamaño de sus partículas

Procedimiento

- Agregar el agregado al horno.
- Tomar el peso la muestra en estado seco.
- Usar una serie de tamices con abertura de mayor a menor para tamizar la muestra.
- Es importante a pesar del material acumulado en cada tamiz.
- Determinar el porcentaje que se retiene y el porcentaje que se transfiere.
- Elaborar la curva granulométrica (proporción que se pasa en comparación con el tamaño del tamiz).

Ensayo de contenido de humedad según la Norma técnica peruana 339.127

La Ensayo de humedad a través del secado en horno se enfoca en establecer la compensación entre la masa de agua y la masa de sólidos presentes en una muestra de terreno, secándola a una temperatura regulada. [29]

Materiales y herramientas:

Balanza: Ayudará a tomar los pesos de la muestra a ensayar, con una exactitud acorde a la norma ($\pm 0,01$ g).

Horno: Ayudará a mantener la muestra a temperatura 110 ± 5 °C.

Recipiente: Se colocará la muestra para ser llevada al horno, la cual debe ser resistente al calor

Procedimiento:

- Inicialmente, se registra el peso del contenedor totalmente limpio y seco.
- Después, se elige un poco de la muestra y se coloca en el recipiente.
- Se realiza a pesar del estado húmedo del suelo.
- Luego, la muestra pasa por una etapa de secado en el horno durante un lapso de 24 horas.
- Una vez concluido el proceso de secado, se extrae la muestra y se deja enfriar hasta llegar a una temperatura que facilite la manipulación del recipiente.
- Al final, se anota el peso de la muestra seca y se analizan los resultados obtenidos.

Límites de Atterberg según la norma técnica peruana 339.129

Estos intervienen en la conducta de los suelos cuando entran en contacto con el agua, volviéndose dañinas cuando hay presencia de finas partículas, especialmente de arcilla. Se tienen los estados siguientes [25]:

Sus etapas se definen en que pasa rápidamente de un estado sólido a un líquido, de acuerdo al incremento del agua en los suelos, los que más sobresalen son el LL y el LP.

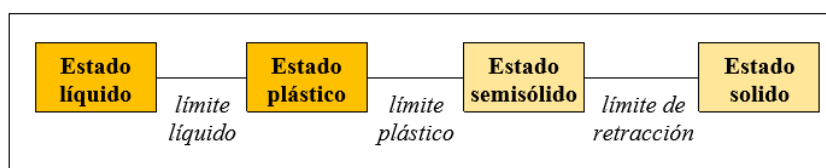


Fig 2. Estados de consistencia [25]

De los límites mencionados antes, es especialmente relevante determinar los umbrales de los estados líquido (límite líquido) y plástico (límite plástico), ya que estos estados indican una gran deformabilidad del suelo y una significativa disminución en su capacidad de carga. Además, se busca identificar el intervalo de humedad en el cual el suelo exhibe un comportamiento plástico, es decir, su plasticidad.

TABLA VII
VALORES TÍPICOS DE CONSISTENCIA DEL SUELO

PARÁMETRO		TIPO DE SUELO		
		Arena	Limo	Arcilla
LL	Límite líquido	15-20	30-40	40-150
LP	Límite plástico	15-20	20-25	25-50
LR	Límite de retracción	12-18	14-25	8-35
IP	Índice de plasticidad	0-3	10-15	10-100

Materiales y herramientas:

- Copa de Casagrande: Herramienta mecánica que utiliza una copa de bronce y una base de caucho para calcular la cantidad de impactos requeridos para llenar una ranura en el material de muestra.
- Ranurador: utensilio empleado para hacer una ranura estándar en la muestra situada en la copa.
- Placa de vidrio pulido: superficie de vidrio lisa en la que se combina y se modela el terreno, particularmente empleada para crear hilos en el ensayo de límite plástico.
- Espátula flexible: utensilio de hoja flexible y delgado empleado para manejar, nivelar y trasladar la muestra de tierra.
- Tamiz No. 40: tamiz empleado para la separación de la porción más pequeña del terreno, requerida para ambos análisis.
- Horno termostático: aparato que regula temperaturas (110 ± 5 °C) para secar las muestras hasta alcanzar una masa estable.
- Balanza de precisión: herramienta de pesaje con precisión de 0,01 gramos, empleada para cuantificar masas reducidas de muestra seca o húmeda.
- Gotero: herramienta que permite añadir agua de forma regulada durante la elaboración de la muestra.
- Agua destilada: se utiliza para hidratar el terreno impidiendo la presencia de minerales o impurezas externas.
- Muestra de suelo: material a examinar, que necesita ser tamizado hasta que pase por el tamiz No. 40, y elaborado en volúmenes de alrededor de 150–200 gramos.

Procedimiento para límite líquido (LL):

- Elaborar una pasta combinando 150 a 200 g de suelo pasando a través del tamiz N40 agregando agua a la placa de vidrio hasta conseguir una mezcla uniforme.
- Incorporar agua de manera gradual hasta que la muestra necesite entre 25 y 35 impactos para llenar el hueco en el dispositivo de Casagrande.
- Envolver y poner a reposar por lo menos 16 horas.
- Agregar la muestra a la copa, se ajusta con la espátula y se realiza la ranura.
- Es necesario girar el manubrio a cerca de 2 revoluciones cada segundo hasta que la ranura alcance los 13 mm; contar los impactos requeridos.
- Para calcular el contenido de agua, se debe extraer una muestra próxima a la ranura cerrada y secarse en el horno.

- Repetir el método con humedad diferente, representar los impactos en relación al contenido de agua y establecer el límite líquido a 25 impactos por interpolación.

Procedimiento para límite plástico (LP) e Índice de plasticidad (IP):

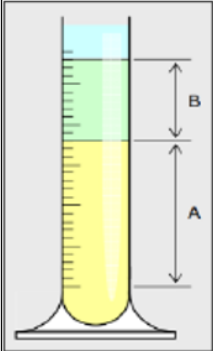
- Se extrae cerca de 2 g de la muestra obtenida en el experimento previo y se modela en forma de elipsoide.
- Posteriormente, se ejerce presión con los dedos sobre un piso plano para crear cilindros de aproximadamente 3.2 mm de diámetro, garantizando que no se desmoronen.
- Primero se anota el peso del contenedor vacío y después el peso del contenedor con la muestra húmeda.
- El índice de plasticidad se define como la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico: $IP = LL - LP$.

Ensayo para determinar la equivalencia de la arena según la Norma técnica peruana 339.146

Su función es que permite encontrar de manera rápida el mayor volumen de finos que contienen los suelos, se calcula de la siguiente manera [25]:

En la Figura 3 se muestra la fórmula para calcular el equivalente de arena. La interpretación de los resultados clasifica los suelos en tres categorías: un E.A. mayor a 40 indica un suelo no plástico, principalmente arena; entre 20 y 40 sugiere un suelo poco plástico con finos; y un E.A. menor a 20 indica un suelo plástico y arcilloso. Esta clasificación es esencial para entender el comportamiento del suelo en aplicaciones de ingeniería y construcción.

TABLA VIII
ENSAYO DEL EQUIVALENTE DE ARENA

EQUIVALENTE DE ARENA	
	
Determinación: $E.A. = \frac{A}{A + B} \cdot 100$	
A=Lectura sobre probeta del horizonte de arena B=Lectura sobre probeta del horizonte de finos	
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	
E.A.	Tipo de suelo
> 40	Suelo nada plástico, arena
40-20	Suelo poco plástico, finos
< 20	Suelo plástico y arcilloso

Materiales y herramientas:

- Cilindro graduado: Recipiente Contenido cilíndrico con indicadores de volumen empleado para albergar la muestra y registrar las alturas de sedimentación

- Tapón de goma: Elemento que cierra el cilindro con firmeza durante la agitación para prevenir derrames.
- Tubo irrigador: Procedimiento que facilita el llenado del cilindro con la solución salina sin alterar la muestra.
- Varilla de compactación: Instrumento empleado para agitar y uniformizar la mezcla de tierra y solución en el interior del cilindro.
- Solución salina (cloruro de calcio): Líquido elaborado con una concentración determinada que promueve la sedimentación de las partículas durante el experimento.
- Cronómetro: Aparato que determina el tiempo de sedimentación necesario para conseguir medidas exactas.
- Balanza: Instrumento que facilita la pesada exacta de la muestra de terreno antes de comenzar el ensayo.
- Tamiz N°4 (4,75 mm): Malla que distingue las partículas más grandes del terreno, garantizando que únicamente el material de gran grosor sea examinado.

Procedimiento:

- Primero, para llevar a cabo el ensayo de equivalente de arena, se comienza a reunir los materiales necesarios, que incluyen una muestra de suelo o material granular, un frasco graduado de al menos 1 litro, arena de referencia, agua destilada, un tamiz de 0.075 mm, un agitador y una balanza.
- Después, se toma una muestra representativa del material y se tamiza para separar las partículas finas, que se recogen en un recipiente.
- Luego, se pesa una cantidad específica de arena de referencia, como 1000 g, y se llena el frasco graduado con agua hasta una marca, por ejemplo, 1 litro.
- Se agrega la arena de referencia al frasco y se mezcla bien, anotando el nivel del agua como Lectura A.
- Después, se incorporan los finos a la mezcla de agua y arena en el frasco, se agita con fuerza y se deja reposar la mezcla durante 15 minutos para que se sedimenten.
- Al finalizar el reposo, se mide nuevamente el nivel del agua y se anota esta medición como Lectura B.
- Para calcular el equivalente de arena, se aplicará la fórmula mostrada anteriormente, donde están representadas las lecturas.
- Por último, se analizan los resultados: si el E.A. es mayor a 40, significa que el suelo es no plástico, mientras que un E.A. menor a 20 indica que es plástico.

Ensayo de Abrasión de los ángeles norma técnica peruana 400.019

Su función es encontrar su resistencia e impactos de los materiales granulares. Este ensayo se realiza con una muestra de 5kg de agregado, esta es colocada dentro de la máquina que contiene de 6 a 12 bolas [24].

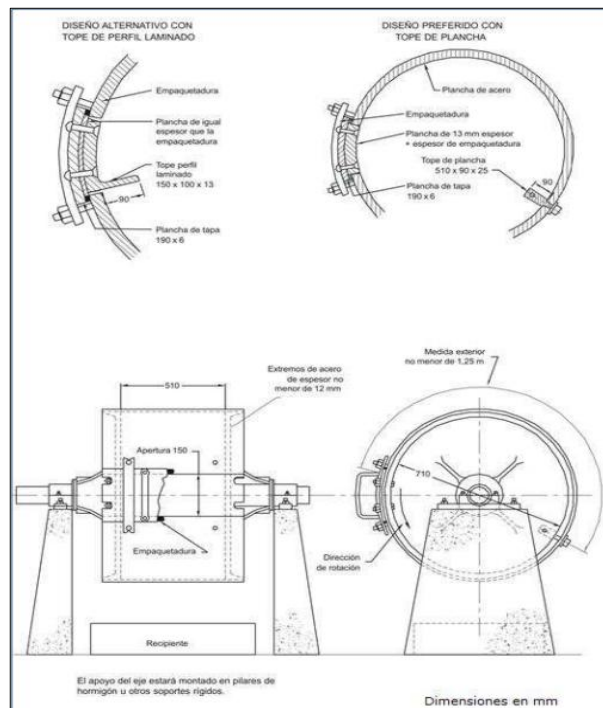


Fig 3. Máquina de ensayo de abrasión los Ángeles [30]

Materiales y herramientas:

- Máquina de Los Ángeles: Tambor rotativo de acero con una abertura para cargar los agregados y las bolas de acero, que imitan el desgaste causado por impacto y abrasión.
- Bolas de acero: Esferas de metal que golpean y deterioran los agregados durante la rotación del tambor.
- Balanza: Instrumento preciso que se utiliza para pesar la muestra anterior y posterior al ensayo.
- Tamices: Mallas metálicas usadas para clasificar los agregados por tamaño antes y después de la prueba.
- Cargador de muestras: Accesorio para insertar de manera segura los agregados y las bolas en el tambor de la máquina.
- Cepillo de cerdas metálicas o brocha: Instrumento empleado para eliminar las sobras de ingredientes en la máquina o los tamices.

Procedimiento:

- Colocación de la muestra: Se introduce la muestra de ensayo y la carga en la máquina de Los Ángeles.
- Rotación: Se hace girar la máquina a una velocidad de entre 30 y 33 rpm durante 500 revoluciones.
- Descarga de material: Al finalizar las revoluciones, se retira el material de la máquina y se realiza una separación inicial de la muestra utilizando un tamiz normalizado de 1,70 mm (N° 12).
- Tamizado: Se tamiza la fracción más fina que pase el tamiz de 1,70 mm
- Lavado y secado: Se lava el material que sea más grueso que la malla de 1,70 mm y se seca en el horno a 110 ± 5 °C hasta alcanzar peso constante, determinando la masa con una precisión de 1 g.

Ensayo de Partículas con caras fracturadas según la norma técnica Peruana 400.040

Este procedimiento de prueba incluye la medición del porcentaje, en peso o cantidad, de una muestra de agregado grueso que contiene partículas rotas que cumplen con los requisitos establecidos [30]

Materiales y herramientas:

- Tamices: Mallas de metal con orificios particulares empleados para separar y categorizar los agregados según su tamaño.
- Balanza de precisión: Instrumento para medir el peso con precisión la muestra de agregados.
- Superficie plana: Zona donde las partículas se colocarán para ser observadas y categorizadas.
- Lupa: Instrumento óptico que simplifica la visualización minuciosa de las superficies de las partículas.
- Recipientes o bandejas: Contenedores en los que se ubican las partículas ordenadas de acuerdo con el número de superficies fracturadas.

Procedimiento:

- Preparación de la muestra: Se toma una muestra representativa del material a analizar.
- Tamizado inicial: Se tamiza la muestra utilizando un tamiz de malla adecuada para separar las partículas de interés.

- Inspección visual: Se realiza una inspección visual de las partículas separadas, identificando aquellas que presentan dos caras fracturadas.
- Clasificación: Se clasifica la muestra en función de la cantidad de partículas con dos caras fracturadas, anotando el número total de partículas y las que cumplen con el criterio.
- Cálculo de porcentaje: Se calcula el porcentaje de partículas con dos caras fracturadas respecto al total de la muestra, utilizando la fórmula:

$$P = \frac{F}{F + N} * 100$$

- Registro de resultados: Se registran los resultados obtenidos y se comparan con los estándares establecidos para determinar la calidad del material.

Ensayo de Partículas Chatas y alargadas según la norma NTP 400.040

En este ensayo identificamos las formas de cada partícula, considerándose chatas y alargadas esto se da cuando se tiene largo/ancho por arriba del valor estándar de tres a uno, cuatro a uno o PUNTO 5 a uno. Se realiza solo a una porción representativa de los agregados, expresándose en porcentajes [31].

Materiales y herramientas:

- Calibrador: Herramienta empleada para comprobar la evaluación entre las dimensiones fundamentales de las partículas.
- Balanza: Instrumento para calcular de manera exacta el peso de la muestra de agregado.
- Tamices: Mallas de diversas dimensiones de abertura utilizadas para categorizar las partículas en función de su tamaño.
- Horno: Equipo empleado para secar las muestras a una temperatura estable de 110°C ± 5°C.
- Recipientes: Contenedores en los que se ubican las partículas para su categorización.
- Bandejas: Superficies donde se ubican y se examinan las partículas durante el proceso de clasificación.

Procedimiento:

- Preparación de la muestra: Se toma una porción representativa de los agregados a analizar.
- Tamizado: Se tamiza la muestra para separar las partículas según el tamaño adecuado.

- Medición de dimensiones: Se mide el largo y el ancho de cada partícula seleccionada. Esto se puede realizar utilizando un calibrador o una regla.
- Cálculo de la relación largo/ancho: Se calcula la relación larga/ancho para cada partícula.
- Clasificación de partículas:
 - Se consideran partículas chatas si la relación larga/ancho es mayor a 3:1.
 - Se consideran partículas alargadas si la relación larga/ancho es mayor a 4:1 o 5:1.
- Registro de datos: Se anotan las cantidades de partículas chatas y alargadas identificadas.
- Cálculo de porcentajes: Se calcula el porcentaje de partículas chatas y alargadas respecto al total de partículas analizadas, utilizando la fórmula:

$$\text{Porcentaje} = \frac{\text{Número de partículas chatas/alargadas}}{\text{Número total de partículas}} * 100$$
- Registro de resultados: Se registran los resultados obtenidos y se comparan con los estándares establecidos para determinar la calidad del material.

Ensayo para determinar las Sales solubles según la norma NTP 339.152

En este ensayo identificamos las formas de cada partícula, considerándose chatas y alargadas esto se da cuando se tiene largo/ancho por arriba del valor estándar de tres a uno, cuatro a uno o PUNTO 5 a uno. Se realiza solo a una porción representativa de los agregados, expresándose en porcentajes [30].

Materiales y herramientas:

- Balanza: Instrumento de gran exactitud para medir las muestras y los desechos.
- Frascos de vidrio: Use recipientes para combinar y filtrar las muestras de terreno con agua.
- Papel filtrado: Producto utilizado para desvincular los sólidos del líquido en la combinación.
- Placa calefactora: Instrumento empleado para evaporar el agua del filtrado y eliminar el desecho sólido.
- Agua destilada: Producto utilizado para elaborar la solución para la extracción del terreno.
- Pipeta volumétrica: Aparato que facilita la medición y transferencia de volúmenes exactos de líquidos.

- Matraz: Contenido empleado para elaborar soluciones con un volumen preciso.
- Bureta: Instrumentos para medir y mover líquidos con alta exactitud, particularmente en titulaciones.

Procedimiento:

- Secado de la muestra: Secar la muestra en un horno a 110 ± 5 °C hasta alcanzar masa constante, aproximando a 0,01 g. Registrar esta masa como A.
- Preparación de la muestra: Colocar la muestra en un vaso de precipitados, añadiendo agua destilada en un volumen suficiente para cubrir aproximadamente 3 cm sobre el nivel de la muestra. Calentar hasta alcanzar ebullición.
- Agitación: Agitar la mezcla durante 1 minuto. Repetir la agitación a intervalos regulares, completando un total de cuatro agitaciones en un período de 10 minutos.
- Decantación: Dejar decantar durante un mínimo de 10 minutos hasta que el líquido se observe transparente. Trasvasar el líquido sobrenadante a otro vaso. En dos tubos de ensayo, determinar las sales solubles utilizando los reactivos químicos respectivos. La presencia de cloruros se detecta añadiendo unas gotas de nitrato de plata, formando un precipitado blanco de cloruro de plata. La presencia de sulfatos se identifica con unas gotas de cloruro de bario, generando un precipitado blanco de sulfato de bario.
- Repetición del proceso: Repetir los pasos anteriores hasta que no se detecte la presencia de sales, acumulando los líquidos sobrenadantes.
- Concentración de líquidos: Una vez enfriados, vaciar todos los líquidos sobrenadantes acumulados en un matraz aforado y ajustar el volumen con agua destilada. Si el volumen es superior al deseado, concentrar mediante evaporación. Registrar el aforo como B.
- Toma de alícuota: Tomar una alícuota de un volumen entre 50 y 100 mL de la muestra previamente homogeneizada del matraz aforado y registrar su volumen como C.
- Cristalización: Cristalizar la alícuota en un horno a 100 ± 5 °C hasta alcanzar masa constante y registrar la masa como D.

Clasificación AASHTO

En el sistema de las carreteras es el que más se usa, en subrasantes, subbases y bases granulares. [25].

TABLA DE CLASIFICACION AASHTO											
CLASIFICACION GENERAL	MATERIALES GRANULARES (35% ó menos pasa el Tamiz N°200)						MATERIALES LIMO-ARCILLOSOS (Más del 35% pasa el Tamiz N°200)				
	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7	
CLASIFICACION DE GRUPO	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6				A-2-7	A-7-5
Granulometría (%) que pasa tamiz											
No 10	50 máx	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
No 40	30 máx	50 máx	51 mín	-	-	-	-	-	-	-	-
No 200	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	36 mín	36 mín	36 mín	36 mín
Plasticidad de fracción que pasa tamiz No 40											
Limite líquido	-	-	-	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
Indice plástico	6 máx	6 máx	N.P.	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Tipos de materiales	Frag. de piedra, grava y arena		Arena fina	Grava y Arena limosa ó arcillosa			suelos limosos		suelos arcillosos		
Calidad general como subrasante	excelente a buena						Regular a deficiente				
IG = (F-35) [0.2 + 0.005(LL-40)] + 0.01 (F-15)(IP-10)						(*) El indice plástico del subgrupo A-7-5 es igual o menor que (LL-30)					
F = % de finos, LL = limite líquido, IP= indice plástico						(**) El indice plástico del subgrupo A-7-6 es mayor que (LL-30)					

Fig 4. Clasificación AASHTO [25].

Clasificación SUCS

Esta clasificación incluye suelos de distintas granulometrías, se separan en 2 grandes grupos, solo los pasantes por la malla N°200 son catalogados como finos y aquellos que no pasan como gruesos [25].

DIVISIÓN MAYOR		SÍMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO		
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 φ Las partículas de 0.074 mm de diámetro (la malla No.200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4 PARA CLASIFICACIÓN VISUAL PUEDE USARSE 1/2 cm. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos.	<p>DETERMINAR LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA, DEPENDIENDO DEL PORCENTAJE DE FINOS (fracción por la malla No. 200). LOS SUELOS GRUESOS SE CLASIFICAN COMO: SUELO: Menos del 5% GW ó P, SW, SP; más del 12% GM, GC, SM, SC; Entre 5% y 12%: Caso de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.</p> <p>COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Cu: mayor de 4. COEFICIENTE DE CURVATURA Cc: entre 1 y 3. $Cu = D_{60} / D_{10}$ $Cc = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$</p> <p>NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW.</p> <p>LIMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4.</p> <p>LIMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.</p> <p>Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.</p> <p>Cu = D_{60} / D_{10} mayor de 6 ; Cc = $(D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$ entre 1 y 3.</p> <p>No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW.</p> <p>LIMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4.</p> <p>LIMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.</p> <p>Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.</p>		
		GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos.			
		GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo			
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de gravas, arena y arcilla			
		SW	Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.			
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla No. 4 ARENA LIMPIA Poco o nada de partículas finas	SP	Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.			
		SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.			
		SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.			
		SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 φ Las partículas de 0.074 mm de diámetro (la malla No.200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.	LIMOS Y ARCILLAS Limite Líquido menor de 50		ML	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.
					CL	Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.
OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.					
LIMOS Y ARCILLAS Limite Líquido Mayor de 50	LIMOS Y ARCILLAS Limite Líquido Mayor de 50	MH	Limos inorgánicos, limos macíceos o diatomáceos, más elásticos.			
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.			
		OH	Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.			
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS		P	Turbas y otros suelos altamente orgánicos.			

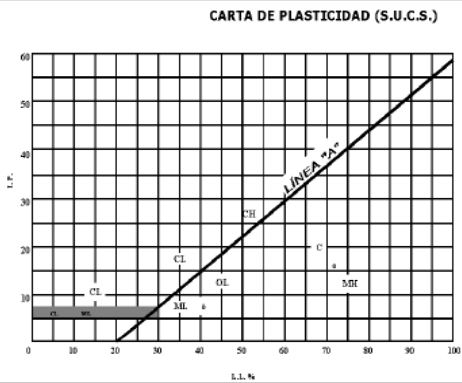


Fig 5. Clasificación SUCS [25].

Ensayo de Proctor modificado según la norma NTP 339.141

La compactación es una fase importante en cada proyecto de infraestructura vial, esto abarca a la subrasante hasta las bases granulares. Este ensayo consiste en distribuir PUNTO 5 capas y de manera homogénea ejecutar la compactación con el pisón teniendo la misma altura [24].

Materiales y equipos:

- Espátula: utensilio para alisar o nivelar dentro del molde lo que se ha compactado
- Pisón manual: Herramienta que sirve para compactar el suelo
- Molde: Recipiente el cual debe poseer 6"
- Collar: parte del molde con 2" de altura

Formulación de ecuaciones a usar:

$$Pm = 110 \left(\frac{Mt - Mmd}{v} \right)$$

$$Pd = \frac{Pm}{1 + \frac{w}{100}}$$

Donde se representa:

W= Porcentaje del contenido de agua

Pm= La densidad específica (solo de muestra compactada)

Mt= Masa del molde y de la humedad

Mmd= Masa del molde compactado

V= Volumen del molde compactado

Pd=Densidad seca (solo de la muestra compactada)

Procedimiento:

- Se registran las medidas del molde para determinar su volumen.
- Se prepara la muestra mediante la trituración y el paso por el tamiz N°4, hasta conseguir la cantidad de tierra necesaria para los cuatro puntos necesarios para dibujar la curva ideal de humedad.
- Para cada punto del ensayo, se emplea una cantidad de 3000 g de muestra natural, lo que da como resultado 4 puntos para la creación de la curva de compactación.
- Los porcentajes de agua se seleccionan para los 4 puntos, garantizando que se ubiquen dentro del rango de humedad ideal.
- Después de establecer los porcentajes de humedad, se combina cada porcentaje de agua con la muestra correspondiente en un recipiente de gran tamaño para alcanzar la uniformidad máxima.

Tras la mezcla, la muestra se segmenta en 5 secciones, correspondientes a las 5 capas compactadas del ensayo.

Los resultados de este ensayo se ilustran en un gráfico en el que el eje vertical representa el contenido de agua en porcentaje, mientras que el eje horizontal indica el peso unitario seco en gr/cm^3 . Tras realizar múltiples pruebas con diferentes niveles de humedad, se puede determinar, a través del gráfico, el contenido óptimo de humedad que proporciona la máxima densidad seca.

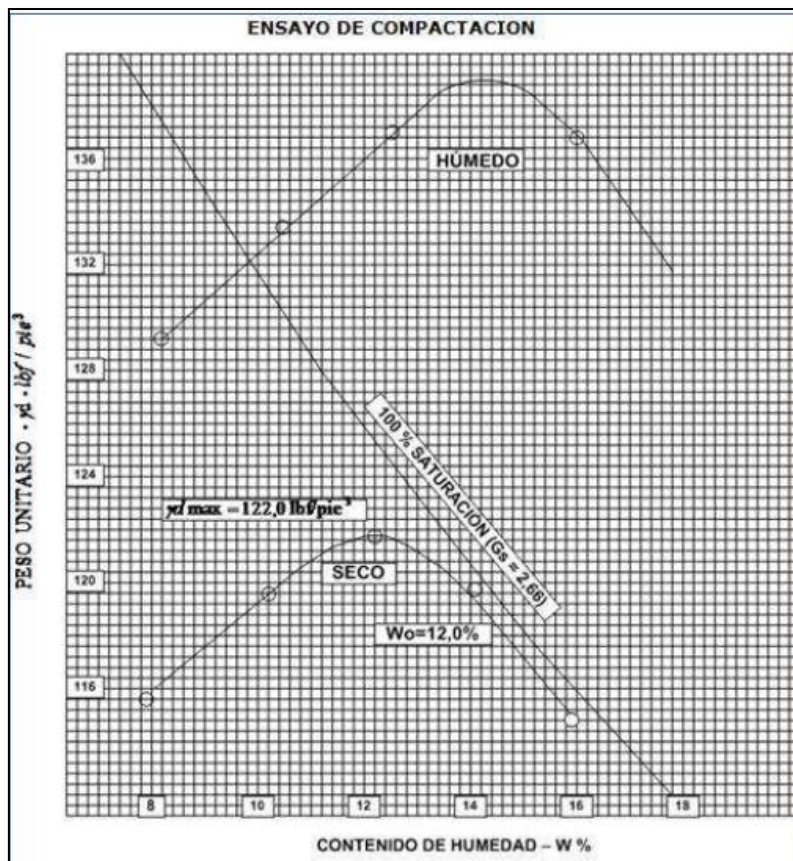


Fig 6. Curva de compactación [30].

Ensayo de CBR según la norma NTP 339.145

Consiste en determinar cada espesor del pavimento, y se tiene en cuenta que el índice de CBR está enlazado directamente a la densidad seca, si este valor aumenta, su capacidad portante incrementará [24].

Materiales y equipos:

- Prensa: Instrumento que ejerce una carga vertical regulada sobre la muestra con el fin de evaluar su resistencia.
- Disco espaciador: Componente que garantiza la correcta altura del terreno compactado en el molde.
- Pistón: Cilindro de metal que se infiltra en el terreno a una velocidad constante
- Molde de metal (cilíndrico): Espacio en el que se compacta el terreno

- Pesas: Poseen un peso de $2,27 \pm 0,02$ kg
- Tamices: Mallas de metal que categorizan el terreno según su tamaño de partícula.

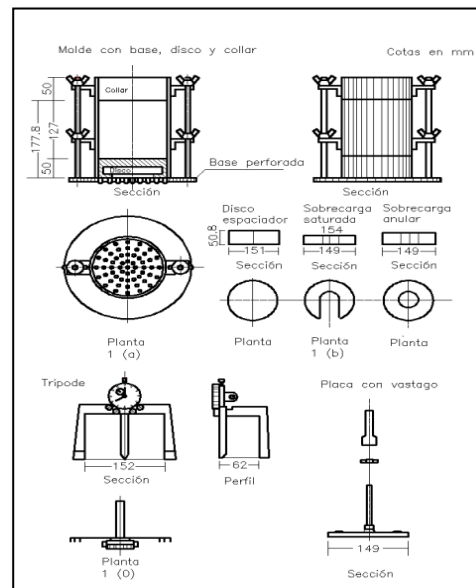


Fig 7. Ensayo de CBR [30].

Procedimiento:

- Luego de llevar a cabo la prueba de penetración, recopila la información sobre la presión frente a la penetración.
- Representa una curva de presión (eje Y) en comparación con la penetración (eje X).
- Si la curva muestra un punto de cambio evidente, no se requiere ninguna corrección adicional. En esta situación, considere los puntos de penetración de 2,54 mm y 5,08 mm respectivamente.
- Si la curva no muestra un punto de inflexión específico, se debe realizar la corrección correspondiente de acuerdo con lo dictado en la legislación vigente

Ensayo estándar para la determinación del índice de densidad y peso unitario máximo de suelos utilizando una mesa vibratoria según la norma técnica peruana 339.137

Establece los métodos de prueba para determinar los índices máximos de densidad y peso unitario de suelos sin cohesión y libres de drenaje utilizando una mesa de vibración vertical, evaluando la compactación máxima que puede alcanzar un suelo granular bajo condiciones controladas [32]

Materiales y equipos:

- Mesa de vibración: Aparato que propaga movimientos vibratorios verticales, de frecuencia y amplitud ajustables, con el objetivo de asentar el terreno dentro del molde en estratos homogéneos.

- Molde cilíndrico: recipiente metálico de forma circular y altura establecida de acuerdo con la reglamentación, en el que se sitúa el terreno a compactar.
- Báscula de alta precisión: Instrumento de pesaje con una precisión de al menos 0,1 g, utilizado para determinar las masas húmedas y secas de la muestra.
- Horno de secado: Estufa que conserva una temperatura regulada de 105 ± 5 °C, empleada para eliminar toda la humedad del terreno hasta lograr un peso estable.
- Espátulas y cucharillas: Instrumentos manuales para manipular, alisar y repartir el suelo en el molde sin causar pérdida de material.

Procedimiento:

- Preparación de la muestra: El suelo debe ser tamizado para eliminar partículas que superen los 4,75 mm y homogeneizar su nivel de humedad a través de la agitación en húmedo hasta llegar a valores previamente establecido
- Llenado por capas: Ubicar el terreno en tres niveles consecutivos dentro del molde. Aplicar vibración a cada una hasta que se deje de notar un asentamiento significativo en el nivel del terreno.
- Determinación de la masa húmeda: Al concluir la compactación de la capa superior, pesar el conjunto (suelo + molde).
- Secado y masa seca: Es necesario retirar el suelo del molde, secarlo en el horno (105 ± 5 °C) hasta alcanzar una masa estable y nuevamente pesarlo para conseguir la masa seca.

Ensayo Penetrómetro de Cono Dinámico según la normativa NTP 339.159

Este ensayo permite comparar de manera directa la resistencia del suelo con la penetración de objetos sólidos y se lleva a cabo según la normativa ASTM D 6951. Es un ensayo cualitativo que brinda una exploración inicial del suelo, utilizado también durante la construcción de carreteras para controlar la compactación de cada capa. La presencia de trozos de piedra o roca puede afectar los resultados, incrementando la cantidad de golpes necesarios. Por eso, se recomienda tomar un número adecuado de puntos en un área determinada [24].

Materiales y equipos:

- Penetrómetro de cono dinámico: Evalúa la resistencia del suelo tras repetitivos impactos
- Cono de penetración: Es una punta cónica de acero que penetra el terreno para medir la resistencia generada

- Mecanismo para impacto: Sistema que incorpora el martillo cuando cae de una altura establecida al momento de realizar la penetración
- Equipo de medición y pesaje: Instrumentos empleados para registrar el peso del martillo
- Calibrador: Ayuda a medir con exactitud la distancia a penetrar por golpe

Procedimiento

- Inicialmente se establece el penetrómetro de cono dinámico, garantizando que todos los elementos se encuentren en condiciones adecuadas y correctamente calibrados.
- Se coloca el cono de penetración en el aparato, adaptándolo de acuerdo a las características del ensayo.
- Se configura el mecanismo de impacto o sistema de lanzamiento para asegurar que el cono pueda penetrar el suelo a gran velocidad.
- Se instalan los aparatos de medición de profundidad para documentar con exactitud hasta qué punto el cono penetra en el terreno.
- Luego se lleva a cabo colocando el cono en el suelo y registrando la resistencia de este durante su penetración.
- Finalmente, el equipo de registro recolecta los datos recogidos durante el ensayo, incluyendo la resistencia evaluada y la profundidad de penetración.

Polímero SBR

Según [33], El caucho de estireno butadieno (SBR) es un copolímero artificial compuesto alrededor del 23,5 % por unidades de estireno y el resto por butadieno, adquirido a través de la polimerización en emulsión a baja temperatura. Debido a su método de producción, el SBR se ha establecido como el tipo de caucho sintético con mayor uso. En comparación con el caucho natural, ofrece una magnífica resistencia frente al desgaste y al calor, una vulcanización homogénea y estable, y una excelente procesabilidad, lo que amplía su rango de uso.

En contraste con el caucho natural, el SBR muestra una estructura molecular irregular con enlaces vinílicos, producto de su propia síntesis orgánica, lo que le otorga una elasticidad y resistencia ligeramente inferiores. Su fabricación puede realizarse tanto a temperaturas bajas como altas, modificando las condiciones de reacción dependiendo del método seleccionado.

Propiedades del polímero SBR:

TABLA IX
PROPIEDADES DEL SBR

Nombre	Dureza ± 5	Tensión de rotura (kg/cm ²)	Elongación (%)	Temperatura de operación (C)
SBR	30-90	31-245	75-600	~35-90

Propiedades:

- Resistencia ante el desgaste y la abrasión, mayor que la del caucho natural.
- Buen rendimiento frente al calor y equilibrio en la vulcanización (plana)
- Procesamiento sencillo en extrusión e inyección.
- Alta resistencia tanto al reducido como a la tracción, excelente adherencia y regulación de la temperatura interna.
- En el proceso de vulcanizado, requiere más acelerador y menos azufre que el caucho natural.

Vulcanización:

Cuando el caucho se calienta con azufre (> 100 °C), se crean conexiones de azufre entre cadenas de polímero, convirtiendo el caucho de un material plástico y pegajoso en uno elástico, no adhesivo y resistente a las fracturas.

Definición de conceptos:

1. **Pistón:** Instrumento rotativo en los cilindros de motores o bombas que convierte la presión en un movimiento de oscilación dentro de una cámara cilíndrica sellada. [24]
2. **Pavimento:** Conjunto de estratos (como concreto, asfalto o suelo tratado) edificados en el suelo con el objetivo de resistir las cargas de tráfico y trasladarlas de manera segura al subsuelo. [24]
3. **Pavimento flexible:** Estructura de múltiples capas que emplea combinaciones bituminosas (agregados + asfalto) en una capa granular; se conoce por la habilidad de la capa asfáltica de flexionarse bajo carga sin romperse. [24]
4. **Estado de consistencia:** Nivel de rigidez y deformabilidad de un suelo en función de su contenido de humedad, establecido por los límites de Atterberg (límite líquido, plástico y de contracción) que señalan las transiciones entre los estados sólidos, semisólidos, plásticos y líquidos. Estos límites definen las transiciones entre los estados sólidos, semisólidos, plásticos y líquidos. [25]

5. **Suelos Granulares:** Suelos aislados, formados por fragmentos de grava, arena y limo, cuya resistencia se deriva del ensamblaje mecánico y la fricción entre las rocas. [27]
Penetrómetro: Aparato que evalúa la resistencia a la penetración de un material (suelo, hormigón, plásticos) a través de un punzón sometido a una carga regulada; la profundidad lograda refleja la dureza o compactación. [24]
6. **Polímero:** Macromolécula compuesta por la unión reiterada de monómeros, con pesos moleculares que oscilan entre millas y millones de g/mol; estos pueden ser de origen natural o sintético; pueden ser de origen natural o sintético. [33]
7. **Polímero SBR:** El caucho estireno butadieno (SBR) es un copolímero sintético de 1,3 butadieno y estireno, frecuentemente utilizado en el sector del neumático debido a su equilibrio entre precio y características mecánicas. [33]
8. **Caucho:** El caucho natural es un polímero de poli isopreno cis 1,4 obtenido del látex de *Hevea brasiliensis*, distinguido por su elevada elasticidad y habilidad para recuperarse después de ser deformado. [33]
9. **Vulcanización:** Proceso químico donde las moléculas de caucho crudo se fusionan a través de azufre o sustancias sulfuradas, convirtiendo el material de plástico en elástico, obteniendo así una mayor resistencia mecánica y estabilidad térmica. [33]

Materiales y métodos

Tipo de estudio y diseño de contrastación de hipótesis

Según [34], se tiene lo siguiente:

Tipo de investigación

Según el objetivo que se busca comprobar, es aplicada, ya que se propone aprender y solucionar un problema en específico.

Según la metodología a utilizar para corroborar la hipótesis es de carácter cuantitativo con un diseño experimental, ya que se controlarán de manera intencional la V.I: Polímero SBR y analizar el efecto en la V.D: propiedades físicas y mecánicas de la base granular, a través de ensayos en laboratorio y en campo.

Nivel de investigación

El presente proyecto presenta un nivel correlacional, ya que se tiene como fin evaluar la relación que tiene la VI: Polímero SBR con la VD: propiedades físicas y mecánicas de la base granular.

Diseño de contrastación de hipótesis

Se ajusta a un diseño experimental, ya que se controlará la VI para evaluar qué efectos produce en la VD.

Esta investigación se encuentra dentro de un experimento puro, donde tenemos un G. Control y G. experimental, donde este segundo es aplicado a los estímulos, mientras que al primero no se le adicionará nada, ya que viene hacer la muestra patrón.

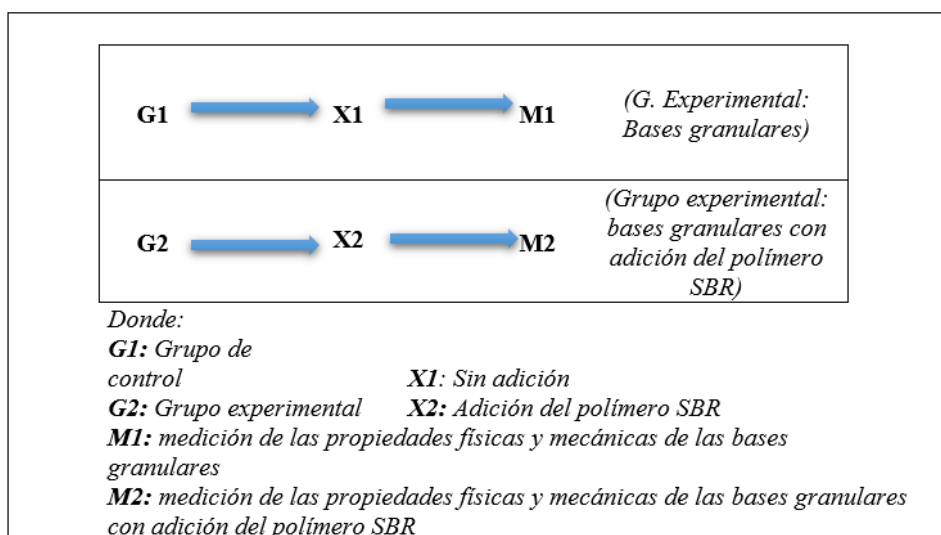


Fig 8. Diseño experimental

Población, muestra y muestreo

Población

El suelo será de la cantera Los Hitos ubicada en el distrito Mesones Muro en la cantera Tres Tomas, esta se ubica con las siguientes coordenadas -6.607770155014416 , -79.67364720846294 .



Fig 9. Cantera Tres Tomas

El otro afirmado, será de la cantera ubicada en el distrito Pátapo en la cantera Punto 5, esta se ubica con las siguientes coordenadas -6.718244373186158 , -79.59712540625749

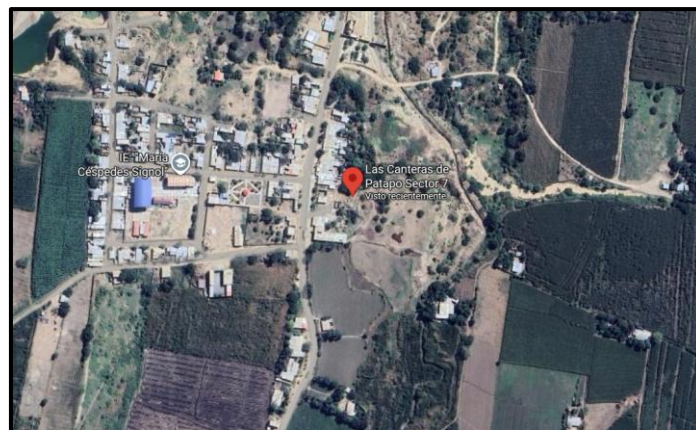


Fig 10. Cantera Punto 5

Muestra

Según el Instituto Mexicano del Cemento y del concreto A.C [35], para una cantera en operación, se seleccionan muestras representativas del material que se encuentra en almacenamiento. Asimismo, solo se recolectará la muestra en cantidades adecuadas para poder

realizar los ensayos para las dos canteras, tal como lo indica la NTP 339.252 [36], teniendo lo siguiente:

- ✓ 0.50 a 5.00 kg para ensayos de clasificación.
- ✓ 20 a 40 kg para ensayos mecánicos.
- ✓ 50 a 200 kg para manufactura de agregados.

Se determina el cálculo según el método estadístico para que se pueda determinar el tamaño de la muestra, donde se calculará el tamaño de esta para poder estimar el tamaño necesario, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 pq}{e^2}$$

n presenta el tamaño total de la muestra
p Presenta la probabilidad poblacional que tiene cierta característica.
q Presenta la probabilidad poblacional que no tiene la característica.
e Presenta el máximo error probable de <i>p</i> .
Z : Valor relacionado al máximo nivel de confianza.

Tamaño de muestra para ensayos respecto a mi hipótesis

e presenta en investigaciones 5% donde es un error tolerable bastante aceptable
Z Presenta el nivel de confianza deseado siendo un (95%), por lo que para cada nivel existe un valor Z asociado, siendo 1.96.
p Tiene una probabilidad de 91.5% que se cumplirá, ya que antecedentes similares arrojaron resultados positivos.
q Se le proporciona un 8.5% de probabilidad a que esta investigación no se cumpla

$$n = \frac{1.96^2(0.915)(0.085)}{(0.05)^2} = 119.51 = 120$$

Por lo tanto, dado el procedimiento para la obtención, mediante el cálculo estadístico se determinó que se realizan 120 ensayos.

Muestreo

El muestreo estará representado por las bases granulares y un nuevo material que es el polímero SBR con dosificaciones del 2%, 4% Y 6% del suelo de la cantera los Hitos.

Por lo tanto, se llevará a cabo los siguientes ensayos por ambas canteras, distribuidos en dos combos.

- ✓ COMBO 1: Bases granulares que cumplan con normativa
- ✓ COMBO 2: Bases granulares que no cumplan con la normativa
- ✓ Los números indicados en cada tabla se detallan de esta manera:
 - El valor de 1: que se realizará una sola vez el ensayo
 - El valor de 3: que se realizará 3 repeticiones de cada ensayo por cada porcentaje, con el objetivo de obtener un promedio preciso. Esto se aplicará únicamente a los ensayos físicos y mecánicos que presente el valor de 3 repeticiones.

TABLA X
CANTIDAD DE ENSAYOS A REALIZAR A AGREGADOS QUE CUMPLEN CON
NORMATIVA

Ensayos físico-mecánico	Base granular Natural (Cumple con normativa)	COMBO 1		
		Base granular con la adición del Polímero SBR		
		2%	4%	6%
Contenido de humedad	1	3	3	3
Granulometría	1	3	3	3
Límite Líquido	1	3	3	3
Límite Plástico	1	3	3	3
Caras Fracturadas	1	3	3	3
Abrasión	1	3	3	3
Partículas Chatas y Alargadas	1	3	3	3
Equivalente de Arena	1	3	3	3
Sales Solubles	1	3	3	3
Proctor Modificado	1	3	3	3
CBR	1	3	3	3
TOTAL	11	33	33	33

En la Tabla X y XI se realiza ensayos físicos y mecánicos con tres repeticiones, con el fin de aumentar la confianza en los resultados, metodología, y de asegurar la calidad y fiabilidad de la información obtenida.

TABLA XI
CANTIDAD DE ENSAYOS A REALIZAR A AGREGADOS QUE NO CUMPLEN LA
NORMATIVA

Ensayos físico-mecánico	Base granular Natural (no cumple con normativa)	COMBO 2		
		Base granular con la adición del Polímero SBR		
		2%	4%	6%
Contenido de humedad	1	3	3	3
Granulometría	1	3	3	3
Límite Líquido	1	3	3	3
Límite Plástico	1	3	3	3
Caras Fracturadas	1	3	3	3
Abrasión	1	3	3	3
Partículas Chatas y Alargadas	1	3	3	3
Equivalente de Arena	1	3	3	3
Sales Solubles	1	3	3	3
Proctor Modificado	1	3	3	3
CBR	1	3	3	3
TOTAL	11	33	33	33

En la Tabla 12, se detalla el ensayo INSITU, que se realizará con el óptimo porcentaje del polímero SBR, como se muestra a continuación:

TABLA XII
ENSAYO INSITU

ENSAYO INSITU	% óptimo del Polímero SBR con mejores resultados
Ensayo de penómetro dinámico de cono	2

Operacionalización de variables

TABLA XIII
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	INDICADORES	INSTRUMENTO	UNIDAD DE MEDIDA	RANGOS
Independiente	Polímero SBR	Cant. De Aditivo SBR	Balanza electrónica con aproximación de 0.1 g	%	2%, 4%, 6%
TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	INSTRUMENTO	UNIDAD DE MEDIDA
Dependiente	Propiedades físicas y mecánicas de la base granular	Propiedades físicas	Contenido de Humedad	Ensayo de contenido de humedad NTP 339.127	%
			Plasticidad	Ensayo para determinar LL, LP e Ip NTP 339.129	%
			Contenido de sales	Ensayo de sales solubles totales en suelos (NTP 339.152/MTC E219)	%
			partículas chatas y alargadas	Ensayo para determinar porcentaje de partículas chatas y alargadas NTP 400.040, ASTM D-4791	%
			Caras fracturadas	Ensayo de Partículas con caras fracturadas NTP 400.040	%
			Equivalente de arena	Ensayo para determinar el equivalente de arena según NTP 339.146-MTC E114-ASTM D2419	%
			Tamaño de partículas	Ensayo Granulométrico NTP 400.012	mm
		PROPIEDADES MECÁNICAS	% Optimo contenido de Humedad	Ensayo de Proctor Modificado NTP 339.141	% de peso
			Abrasión	Ensayo de Abrasión de los ángeles NTP 400.019	%
			Índice de CBR	Ensayo CBR MTC E132/ASTM D 1883	%
			Capacidad Estructural de las Bases Granulares	Ensayo de Penometro Dinámico de Cono /normativa ASTM D 6951	mm

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

En el transcurso del desarrollo de este estudio se realizarán las siguientes técnicas:

TABLA XIV
TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Observación Directa	Análisis de resultados
Esta técnica se aplicará en la extracción de muestras en cantera, y en la realización de ensayos en laboratorio.	Se basa en la interpretación y discusión de los resultados obtenidos de los ensayos, así mismo, como la comparación con la normativa actual vigente.

Instrumento de recolección de datos

En este proyecto de investigación, los instrumentos que serán utilizados serán guías de observación, cuyo fin es realizar cada ensayo en laboratorio realizado a los materiales granulares extraídos de cantera y las combinaciones correspondientes, se consideran los siguientes:

TABLA XV
ENSAYOS DE LABORATORIO E INSITU

ENSAYOS PARA REALIZAR
<ul style="list-style-type: none"> * Granulometría. (MTC E 107) * Contenido de Humedad. (MTC E 108) * Límites de Atterberg. (MTC E 110.111) * Abrasión Los Ángeles (MTC E 207) * Equivalente de Arena (MTC E 114) * Caras Fracturadas (MTC E 210) * Partículas Chatas y Alargadas (MTC E 221) * Sales Solubles Totales (MTC E 219) * Proctor Modificado (MTC E 115) * CBR en laboratorio (MTC E 132) * Penetrómetro dinámico de cono (ASTM D 6951)

Procesamiento de toda la información

Todo resultado obtenido se procesará en gabinete a través de gráficos o tablas con los softwares necesarios, y posterior a eso analizar e interpretar las propiedades físicas y mecánicas.

Criterios para seleccionar la dosificación del Polímero SBR

De acuerdo con la revisión de la literatura, la dosificación del polímero SBR en las bases granulares para pavimento flexible es un aspecto fundamental pero poco explorado en la literatura científica. A pesar de no contar con muchos antecedentes directos aplicados en esta área, se encontraron otros antecedentes que demuestran que el polímero SBR mejora as propiedades físicas y mecánicas de diferentes tipos de asfaltos. En este proyecto, se propone investigar y determinar la dosificación óptima del SBR en las bases granulares a través de pruebas de laboratorio que verificarán la resistencia, durabilidad y otras propiedades relevantes del pavimento. Lo que se espera con este estudio, es que contribuya al conocimiento existente sobre el uso del SBR en bases granulares para pavimento flexible y sirva como base para futuras investigaciones en este campo

Llegando a la conclusión que el rango que va a tener nuestra dosificación en base a los antecedentes y validación de Juicio de Experto (Ver Anexos) será de 2%, 4% y 6% con el fin de obtener el óptimo porcentaje del aditivo de SBR en las bases granulares.

TABLA XVI
CRITERIOS PARA LA DOSIFICACIÓN

REF	TIPO DE ESTUDIO	PORCENTAJES UTILIZADOS	RESULTADOS
[18]	ANÁLISIS COMPARATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS CON POLÍMEROS SBR Y SBS CON AGREGADOS PROVENIENTES DE LA CANTERA GUAYLLABAMBA	0.5%, 1%, 1.5%, 2%, 2.5% (SBS)	Las mezclas en caliente con polímero SBS por sus características de estabilidad, flujo y condiciones de ensayo son aptas para capas de rodadura, mientras que las mezclas en frío se las utiliza en el diseño de carpetas asfálticas como base mejorada
[24]	INFLUENCIA DE LA MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON POLÍMEROS EN ZONAS CÁLIDAS DE PERÚ	2%,3%,3.5%, 4% y 4.95%.	La mezcla modificada con polímero SBS proporciona un mayor módulo de resiliencia, es decir, una mejor resistencia a las cargas cíclicas a una temperatura de 25°.
[20]	Diseño de Asfalto Modificado con Polímeros SBS para Mejoramiento Vial en la Ciudad de Huancayo	1%, 2% y 3 %.	Concluyeron que una mezcla asfáltica en combinación con el polímero SBS incremento la resistencia a la deformación originada por factores como el intenso tráfico vehicular y factores climatológicos.
[23]	Mezcla asfáltica altamente modificada con polímeros elastómero termoplástico sintético para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas	7.5%,8% y 8.5%.	Los polímeros elastómero-termoplásticos sintéticos tienen una influencia significativa en la mejora de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica altamente modificada, con 7.5%, 8.0% y 8.5% de polímero
[14]	Effect of different vinyl-acetate contents in hybrid SBS-EVA modified bitumen	2% de SBS y 3% de EVA	Los resultados mostraron que la modificación del betún con estos porcentajes ha permitido la formación de una red tridimensional rígida cuando los polímeros se dispersan dentro del betún, mejorando así la resistencia al tráfico vehicular y a las condiciones climáticas extremas

Estrategia para demostrar la hipótesis

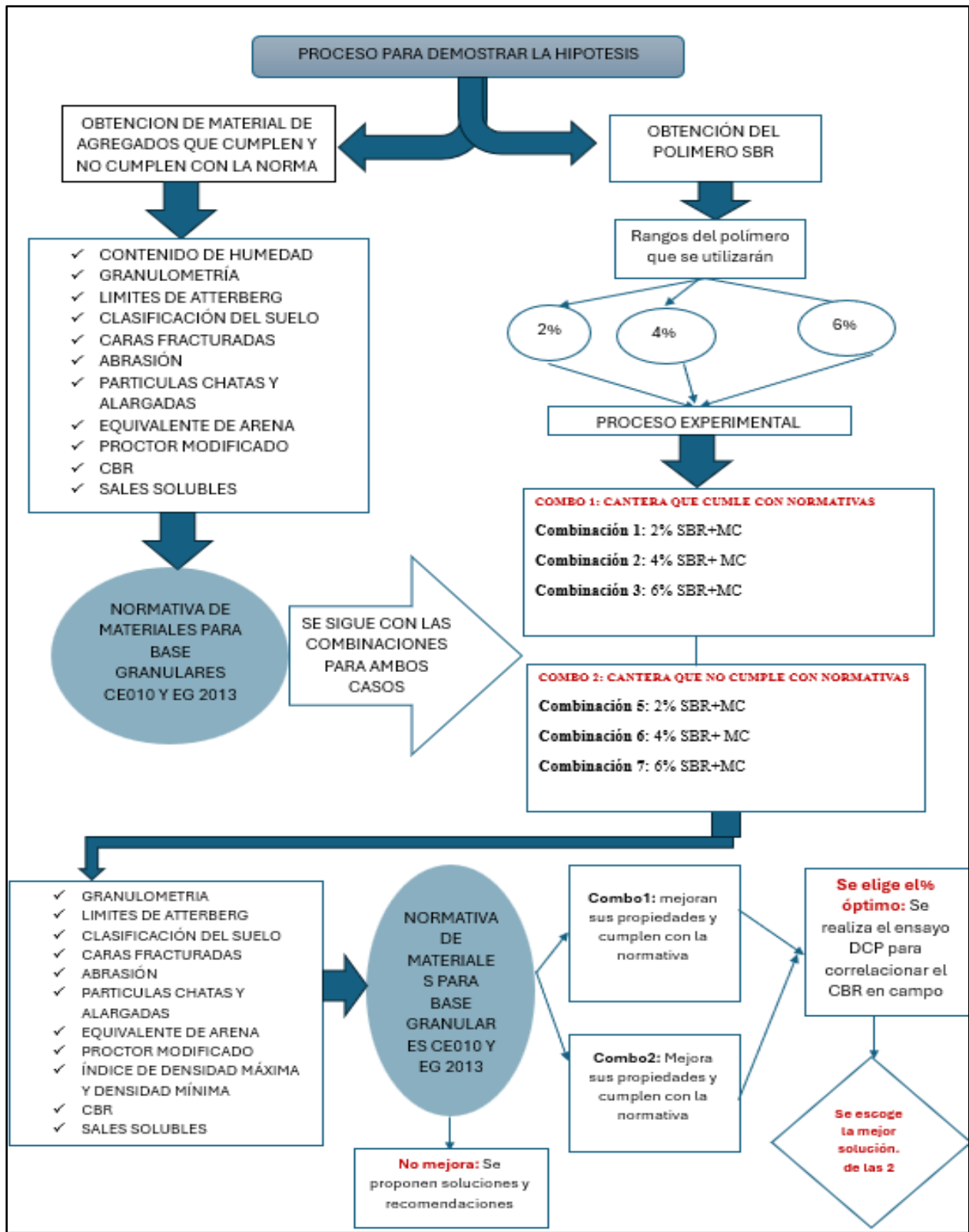


Fig 11. Validez de hipótesis

Procedimiento

Recolección de muestra de canteras

Para iniciar el desarrollo de esta investigación, se llevó a cabo una visita a la cantera "Tres Tomas" y "Cantera del 5" con el objetivo de observar las características del material destinado a la base granular. Posteriormente, se tomó una muestra representativa de 500 kg de afirmado de cada uno, que se almacenó en sacos y se trasladó a los laboratorios de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo, donde se realizaron los ensayos pertinentes.



Ilustración 1. Cantera Tres Tomas y Cantero del PUNTO 5.



Ilustración 2. Cantera PUNTO 5

Obtención del SBR

Para la obtención del polímero SBR se tenía que adquirir por medio de una importación o a través de una empresa que utilice dicho insumo. Para este caso, se optó por la segunda opción debido a que en Lima se encuentra la empresa BITUPER, encargada de la fabricación y emulsiones asfálticas. Partiendo desde esa perspectiva, se realizó los trámites correspondientes (presentación de mi investigación) con la Lic. Thais Rodrigues, gerenta de Recursos Humanos, posterior a ello, con el encargado del almacén el Sr. Cristian para coordinar dicho envío.



Ilustración 3: Obtención del Polímero SBR

Ensayos de laboratorio

Contenido de humedad

Para el ensayo de contenido de humedad, se seleccionaron muestras de entre 5 y 10 kg, incluyendo muestras de ambas canteras: "Tes Tomás" y "del 5". Esta elección permite un análisis más completo y representativo de las características de los materiales de ambas canteras.

Cantera Tres Tomas

En el análisis del contenido de humedad, se registró un peso inicial de la muestra húmeda (W_w) de 10.351 gramos. Después de secarla en el horno, el peso final de la muestra seca (W_s) fue de 10.283 gramos.



Ilustración 4. Ensayo de humedad cantera tres tomas

Cantera del PUNTO 5

En el análisis del contenido de humedad, se registró un peso inicial de la muestra húmeda (W_w) de 5.290 gramos. Después de secarla en el horno, el peso final de la muestra seca (W_s) fue de 5.040 gramos.



Ilustración 5. Ensayo de humedad cantera del PUNTO 5

Análisis granulométrico por tamizado

Se pesa una muestra representativa obtenida a través del cuarteo del suelo, que luego se coloca en el horno por un período de 24 horas. Tras este proceso, la muestra se lava utilizando una malla N° 200 y se introduce nuevamente en el horno durante otras 24 horas. Una vez transcurrido este tiempo, se retira la muestra del horno, se deja enfriar y se procede a pesarlo para determinar el peso después del lavado y secado. Por último, se tamiza la muestra y se pesa la cantidad que queda retenida en cada tamiz.

Cantera Tres Tomas

Se llevó a cabo la granulometría del material de AF y AG de esta cantera, con el objetivo de analizar la distribución de tamaños de partículas en ambos tipos de material. Este procedimiento implica la separación de las partículas mediante tamizado, utilizando una serie de tamices con diferentes aberturas.



Ilustración 6. Granulometría de la cantera tres tomas

Cantera del PUNTO 5

Se llevó a cabo la granulometría del material de AF y AG de esta cantera, con el objetivo de analizar la distribución de tamaños de partículas en ambos tipos de material. Este procedimiento implica la separación de las partículas mediante tamizado, utilizando una serie de tamices con diferentes aberturas.



Ilustración 7. Granulometría de cantera del PUNTO 5

Límites de Atterberg

Se escogió una muestra seca de suelo (150 a 200 g) que se sometió a un tamiz N°40. Posteriormente, se le incorporó agua destilada y se mezcló hasta obtener una masa homogénea. La mezcla fue dispuesta en la copa de Casagrande, se efectuó el nivelamiento de su superficie y, utilizando el acanalador, se dividió por el centro. Se procedió a efectuar impactos sobre la copa hasta alcanzar el cierre de la ranura. Una vez finalizado el proceso de cierre, se documentó el número de impactos y se extrajo una muestra de la parte central con el objetivo de determinar su contenido de humedad a través del proceso de secado en horno. Este procedimiento se efectuó nuevamente con tres muestras suplementarias, resultando en cuatro valores que reflejan variados contenidos de humedad.

Cantera del PUNTO 5

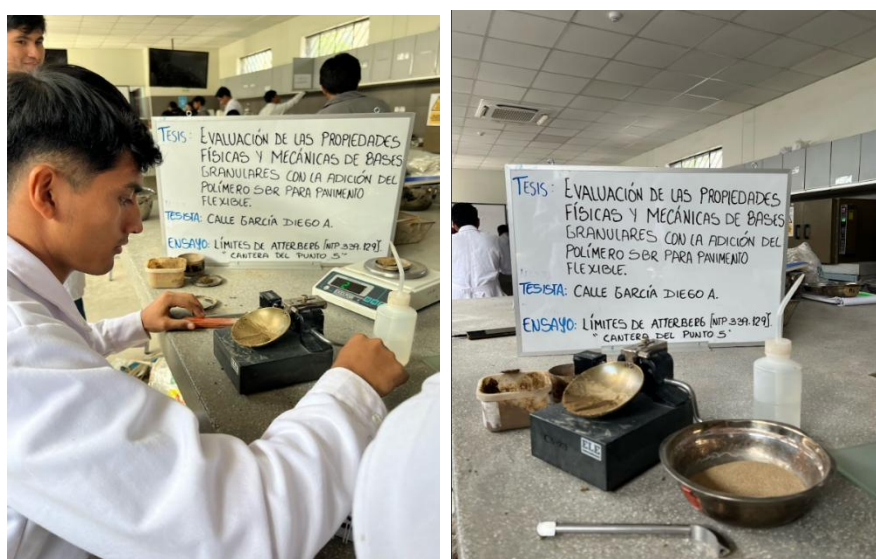


Ilustración 8. Límites de Atterberg de cantera del PUNTO 5

Cantera Tres Tomas

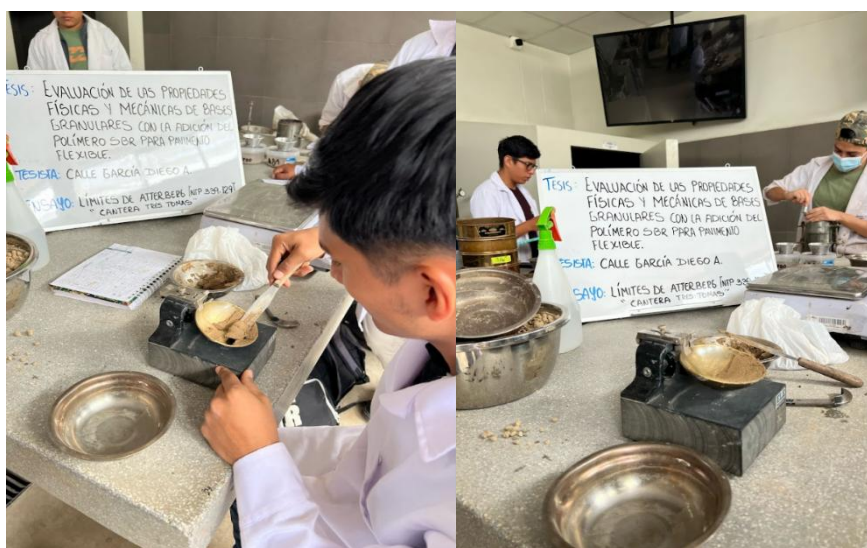


Ilustración 9. Límites de Atterberg de cantera de tres tomas

Caras fracturadas

La muestra de suelo se somete previamente a un proceso de secado en horno para garantizar una separación apropiada entre las fracciones gruesas y finas. Una vez que el material ha secado, se realiza inicialmente un tamiz a través de la malla número 4 con el objetivo de dividir el material en dos fracciones: la que se somete a la mencionada malla y la que queda retenida. A continuación, la fracción retenida se reduce a una dimensión representativa a través de un cuarteador, garantizando una muestra homogénea y manejable para el análisis granulométrico. Este método facilita la determinación de la distribución de la magnitud de las partículas del suelo.

Cantera del PUNTO 5



Ilustración 10. Caras fracturadas de cantera del PUNTO 5

Cantera Tres Tomas



Ilustración 11. Caras fracturadas de cantera tres tomas

Partículas chatas y alargadas

La muestra se somete a un tamizaje y, si resulta necesario, se reduce cada fracción retenida en los tamices de 9.5 mm o 4.75 mm hasta alcanzar al menos el 10% del peso original, conforme a lo estipulado en la norma MTC E-201. Se obtiene una muestra representativa de aproximadamente 100 partículas para su análisis individual.

Cada partícula es evaluada y categorizada dentro de una de las siguientes categorías: chata, alargada o ni chata ni alargada. Se utiliza un calibrador especializado para este propósito:

- partículas de tamaño reducido: Se cuantifica el espesor de la partícula. Si este espesor atraviesa la abertura reducida del calibrador, la partícula se categoriza como chata.
- partículas alargadas: La longitud de la partícula se cuantifica. En caso de que su anchura supere la abertura menor del calibrador ajustado a la longitud, se clasifica como prolongada.

Cantera del PUNTO 5

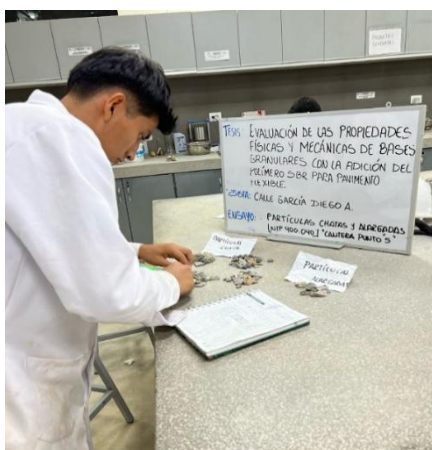


Ilustración 12. Partículas chatas y alargadas de cantera del PUNTO 5

Cantera Tres Tomas

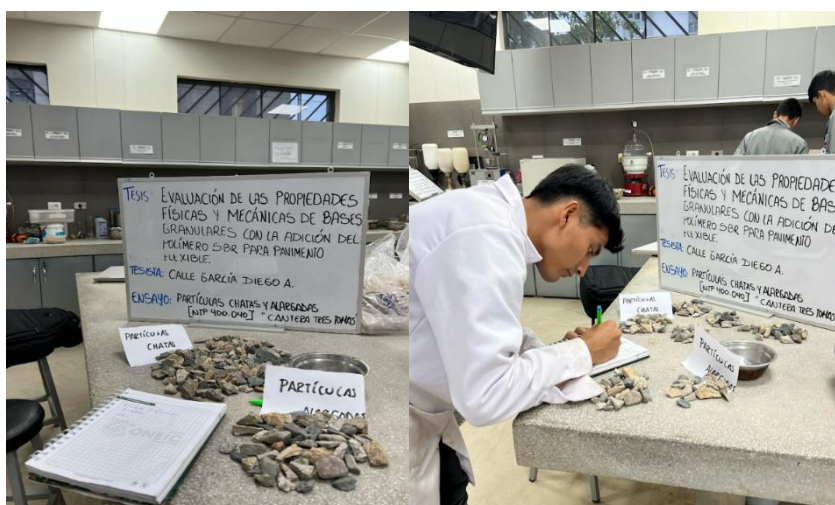


Ilustración 13. Partículas chatas y alargadas de cantera tres tomas

Abrasión de los Ángeles

El ensayo de abrasión Los Ángeles se utiliza para determinar la resistencia al desgaste e impacto de los materiales granulares. Consiste en introducir una muestra de 5 kg de agregado junto con 6 a 12 bolas de acero dentro de una máquina rotatoria, la cual gira entre 30 y 33 rpm durante 500 revoluciones. Al finalizar, se tamiza el material con una malla de 1,70 mm, separando la fracción fina, mientras que la fracción retenida se lava, se seca a 110 ± 5 °C hasta peso constante y se pesa con precisión de 1 g. Este procedimiento permite evaluar la durabilidad del agregado frente a esfuerzos mecánicos.

Cantera del PUNTO 5



Ilustración 14: Máquina de Abrasión de los Ángeles, cantera Punto 5

Cantera Tres Tomas



Ilustración 15: Máquina de Abrasión de los Ángeles, cantera Tres Tomas

Equivalente de arena

El análisis de equivalente de arena facilita la determinación de la proporción de materiales finos no plásticos (arena) en comparación con los materiales coloidales o arcillosos en una muestra que pasa por el tamiz número 4. La muestra se combina con una solución estándar y se agita en una muestra graduada; tras un periodo de reposo, se cuantifica la altura tanto de la capa de arena como de la suspensión total. A partir de estos datos, se determina el valor del equivalente de arena, expresado en porcentaje, permitiendo así evaluar la calidad del material fino presente en la muestra para su aplicación en bases de granulares.

Cantera del PUNTO 5

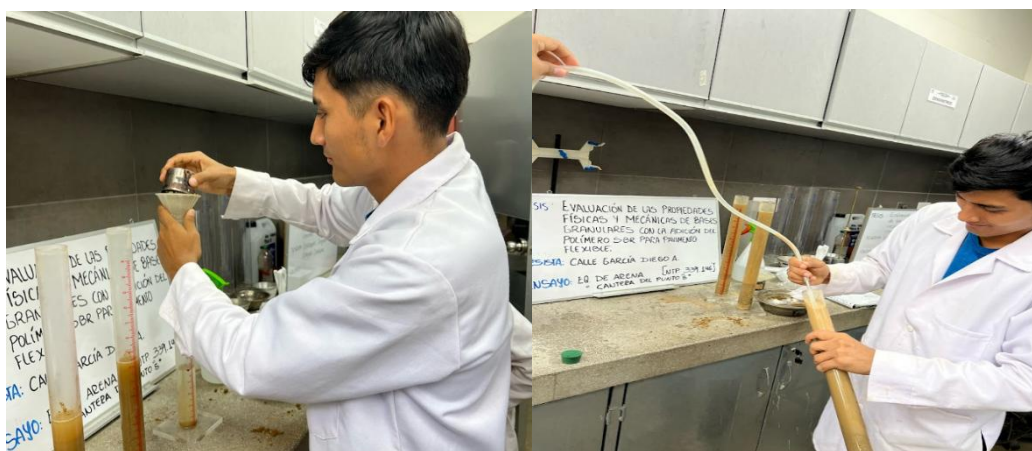


Ilustración 16. Equivalente de arena de cantera del PUNTO 5

Cantera Tres Tomas

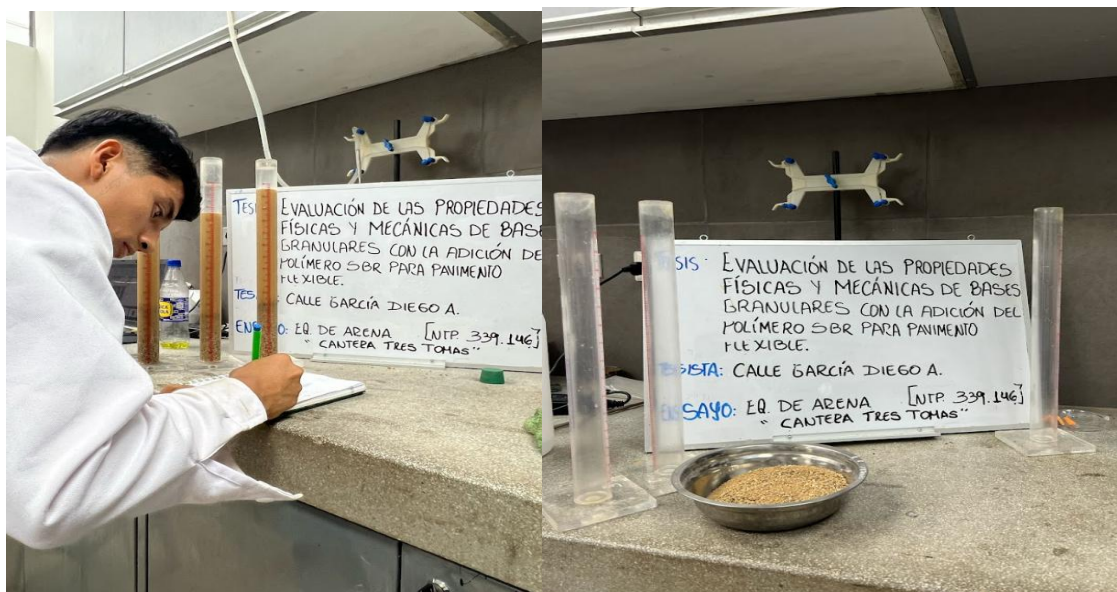


Ilustración 17. Equivalente de arena de cantera tres tomas

Sales solubles

Para determinar el total de sales solubles, la muestra seca (masa A) se sitúa en un recipiente de precipitado y se le introduce agua destilada hasta que se alcance una capa superior de al menos 3 cm. La combinación se somete a un proceso de ebullición y se agita durante un minuto, repitiendo la agitación cuatro veces con intervalos de 10 minutos. Posteriormente, se permite que el líquido sobrenadante se aclare, tras lo cual se transvasa meticulosamente a otro contenedor. Se lleva a cabo el análisis de alícuotas en tubos de ensayo utilizando reactivos específicos para identificar sales solubles. Posteriormente, se depositan 50 ml del líquido claro en vasos de precipitación que se someten a secado en horno durante 24 horas, lo que permite determinar el contenido total de sales por diferencia de masa.

Cantera del PUNTO 5

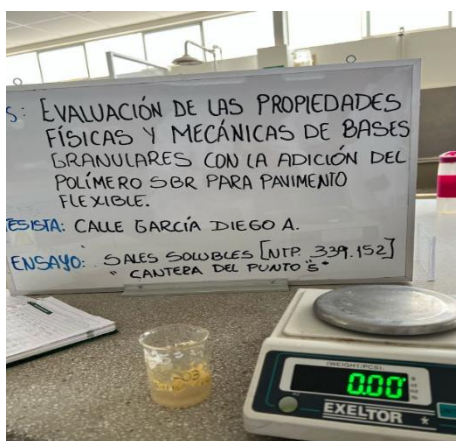


Ilustración 18. Sales solubles de cantera del PUNTO 5

Cantera Tres Tomas

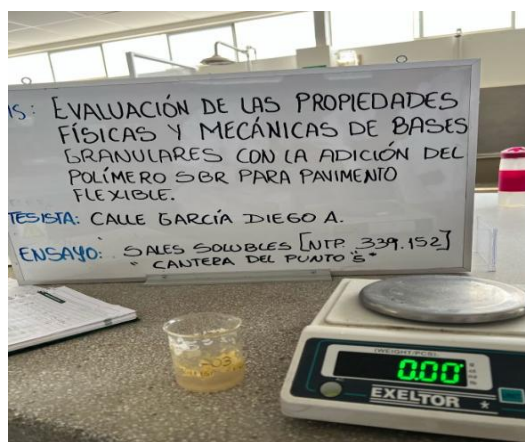


Ilustración 19. Sales solubles de cantera tres tomas

Proctor Modificado

Para este procedimiento, no es necesario el previo secado de la muestra. El material debe ser sometido a un proceso de tamizado mediante un tamiz de 19,00 mm (3/4"), seguido de la determinación del contenido de humedad del suelo procesado. Es imperativo preparar al menos cuatro especímenes con variados niveles de humedad, con la finalidad de que uno de ellos se encuentre en proximidad al contenido óptimo. Adicionalmente, es imprescindible disponer de un mínimo de dos muestras en la parte seca y dos en la parte húmeda, dado que el contenido de humedad puede fluctuar hasta en un 2 %. Así, se puede establecer con exactitud la curva de compactación.



Ilustración 20: Peso de molde con material granular

Luego, se obtienen las muestras para las determinar la humedad.



Ilustración 21. Ensayo de Proctor en ambas canteras

CBR

El ensayo de hinchamiento se inicia con una lectura inicial, situando el trípode de medición en los márgenes del molde empleado. Subsecuentemente, el molde se sumerge en agua, garantizando el acceso libre del líquido por ambas superficies de la muestra. La muestra se conserva en estas condiciones durante un periodo de 96 horas, documentando medidas de hinchamiento cada 24 horas. Concluido este periodo, la muestra se extrae del agua, se permite su drenaje durante un periodo de alrededor de 15 minutos, seguido por la eliminación de la sobrecarga y la placa perforada, para posteriormente proceder con el pesaje de la muestra. La etapa de penetración se inicia con la aplicación de una sobrecarga que produzca una intensidad de carga equivalente al peso del pavimento, con una tolerancia de ± 2.27 kg, pero no inferior a 4.54 kg. La carga es transferida al pistón de penetración a través de un gato o mecanismo de prensa, a una velocidad constante de 1.27 mm por minuto, de acuerdo con lo estipulado en el protocolo del ensayo CBR para bases granulares.



Ilustración 22. Ensayo de CBR de ambas canteras

Ensayos de laboratorio con adición del polímero SBR

Análisis granulométrico por tamizado

El ensayo de análisis granulométrico por tamizado se realizó con el propósito de valorar la influencia de la incorporación del polímero SBR en la distribución de tamaños de partícula del material granular. Para lograrlo, se eligió el material que había sido previamente secado en el aire y se dividió en cuatro grupos: uno sin adición (material control) y tres con adiciones del 2%, 4% y 6% de polímero SBR, determinadas en base al peso seco del material.

El polímero se combinó en seco con el material, garantizando una mezcla uniforme. Después, cada muestra fue sometida a un proceso de tamizado mecánico, empleando una columna de tamices estandarizados que comprendió desde el tamiz de 3" hasta el tamiz No 200,

de acuerdo con lo dictado por la normativa. Cada tamiz registró el peso retenido para cada porcentaje de adición.

Cantera Tres Tomas

A continuación, se muestra los tamices utilizados para el ensayo de granulometría teniendo en cuenta los siguientes tamices:



Ilustración 23. Tamices para el ensayo de granulometría

Se introduce el material por los tamices seleccionados y empezar con el tamizado correspondientes:



Ilustración 24. Ensayo de granulometría de la cantera 3 tomas con el 2% y 4% de SBR



Ilustración 25. Ensayo de granulometría de la cantera 3 tomas con el 6% de SBR

Cantera del PUNTO 5



Ilustración 26. Ensayo de granulometría de la cantera Punto 5 con el 2% y 4% de SBR



Ilustración 27. Ensayo de granulometría de la cantera Punto 5 con el 6% de SBR

Contenido de humedad

Para el análisis del contenido de humedad, se eligieron muestras representativas que pesaban entre 5 y 10 kg, obtenidas de las canteras llamadas "Tres Tomás" y "Punto 5". Estas muestras se trabajaron en su forma original y también se les incorporó polímero SBR en cantidades del 2%, 4% y 6%. Este enfoque permitió examinar cómo los materiales reaccionan a diferentes proporciones del aditivo, ofreciendo una comparación más completa de las propiedades físicas de los suelos con y sin tratamiento.

Cantera Tres Tomas

Se empieza pesando las taras en donde se incorporará la muestra con la adición del polímero.



Ilustración 28: Peso de taras para el ensayo.

A continuación, se muestra el peso de la muestra de la cantera tres tomas con la adición del SBR:



Ilustración 29. Peso del material de la cantera tres tomas con la adición del 2%,4% y 6% del SBR

Luego, se deja en el horno por 24 horas y vuelven a ser pesadas:



Ilustración 30: Peso de material tres tomas seco con adición 2%,4% y 6% del SBR

A continuación, se muestra la toma de datos del ensayo de contenido de humedad de la cantera 3 tomas con la adición del 2%, 4% y 6% del SBR



Ilustración 31. Ensayo de contenido de humedad de la cantera 3 tomas con el 2%, 4% y 6% de SBR

Cantera del PUNTO 5

El procedimiento es tal cual, se inicia pesando las taras en donde se incorporará la muestra con la adición del polímero.

A continuación, se muestra el peso de la muestra de la cantera del PUNTO 5 con la adición del SBR:



Ilustración 32. Peso del material cantera 5 de la cantera de PUNTO 5 con adición 2%, 4 y 6% del SBR

Luego, se deja en el horno por 24 horas y vuelven a ser pesadas:



Ilustración 33: Peso de material cantera de PUNTO 5 seco con adición 2%,4% y 6% del SBR

A continuación, se muestra la toma de datos del ensayo de contenido de humedad de la cantera del punto 5 con la adición del 2%, 4% y 6% del SBR



Ilustración 34. Ensayo de contenido de humedad de la cantera Punto 5 con el 2%, 4% y 6% de SBR.

Límites de Atterberg

Para medir el impacto del polímero SBR en la plasticidad del terreno, se elaboraron combinaciones del material fino (pasante del tamiz N°40) añadiendo SBR en porcentajes del 2 %, 4 % y 6 % con relación al peso seco. Cada combinación fue cuidadosamente homogeneizada para garantizar una distribución homogénea del polímero. Luego, se llevó a cabo el ensayo de acuerdo con la norma repitiéndolo 3 veces, que incluía tanto el límite líquido como el límite plástico. Se empleó la copa de Casagrande para el límite líquido, calculando la cantidad de impactos requeridos para cerrar una ranura estándar de 13 mm, y estableciendo el contenido de humedad correspondiente. Para la separación plástica, se diseñaron hilos del material hasta que alcanzaran los 3 mm de diámetro. Se determinó el índice plástico utilizando estos datos. Se

utilizó el mismo método en la muestra sin adición, con el objetivo de contrastar el impacto del SBR en los límites de consistencia.

Cantera Tres Tomas

A continuación, se muestra el proceso del ensayo de límites de Atterberg con la adición del SBR para determinar el IP:

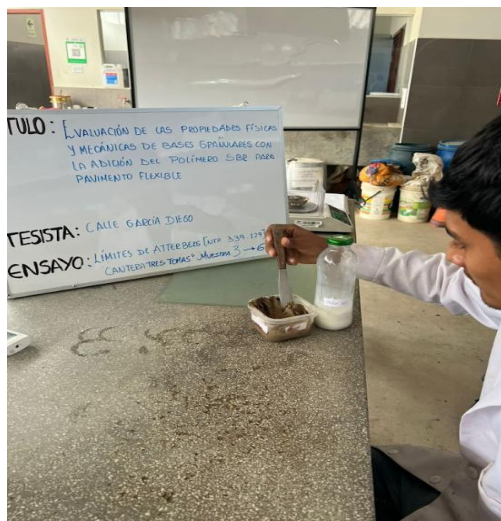


Ilustración 35. Proceso para determinar el IP con la adición del SBR

A continuación, se muestra el ensayo del proceso de todos los porcentajes con la adición del SBR

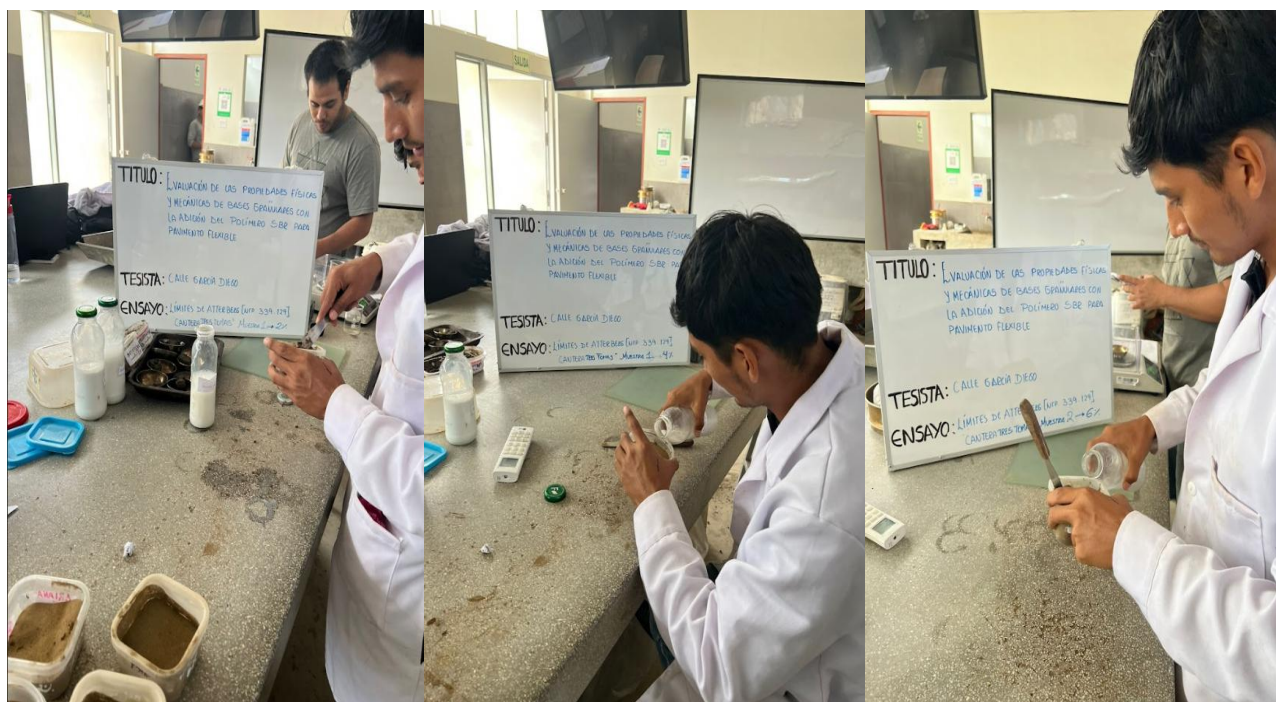


Ilustración 36. Ensayo de Límites de Atterberg en cantera 3 tomas con 2%, 4% y 6% de SBR

Cantera del PUNTO 5



Ilustración 37. Ensayo de Límites de Atterberg en cantera del PUNTO 5 con 2%, 4% y 6% de SBR

Caras fracturadas

Previamente, el material granular se mezcló con el polímero en estado líquido, repitiéndolo 3 veces, garantizando una distribución uniforme y permitiendo su secado a temperatura ambiente antes del experimento. Para la evaluación visual, se escogieron partículas que permanecieron en el tamiz de 4.75 mm (N°4).

Luego, se llevó a cabo una revisión de cada partícula para verificar si contaba con una o dos superficies claramente fracturadas, es decir, superficies rotas que señalan una fractura mecánica y no una fractura natural. Se documentó el porcentaje de partículas que tenían al menos una cara fracturada y dos caras fracturadas.

Cantera Tres Tomas



Ilustración 38. Ensayo de Caras fracturadas en cantera 3 tomas con 2%, 4% y 6% de SBR

Cantera del PUNTO 5



Ilustración 39. Ensayo de Caras fracturadas en cantera Punto 5 con 2%, 4% y 6% de SBR.

Partículas chatas y alargadas

Para realizar el ensayo de partículas chatas y alargadas con adición del polímero SBR, se seleccionó el material grueso retenido en el tamiz 4.75 mm. A este material se le incorporaron porcentajes de SBR en estado líquido al 2 %, 4 % y 6 %, mezclándolo manualmente hasta lograr una distribución homogénea. Luego, las muestras fueron dejadas secar a temperatura ambiente durante 24 horas, asegurando que el polímero se adhiriera correctamente a la superficie del agregado antes de realizar el ensayo.

Una vez secas las muestras, se procedió al ensayo utilizando un calibre proporcional. Se seleccionaron partículas al azar y se midieron sus dimensiones para determinar la relación entre longitud y espesor. Se consideró como partícula chata o alargada aquella que presentara una relación mayor a 3:1.

Cantera Tres Tomas

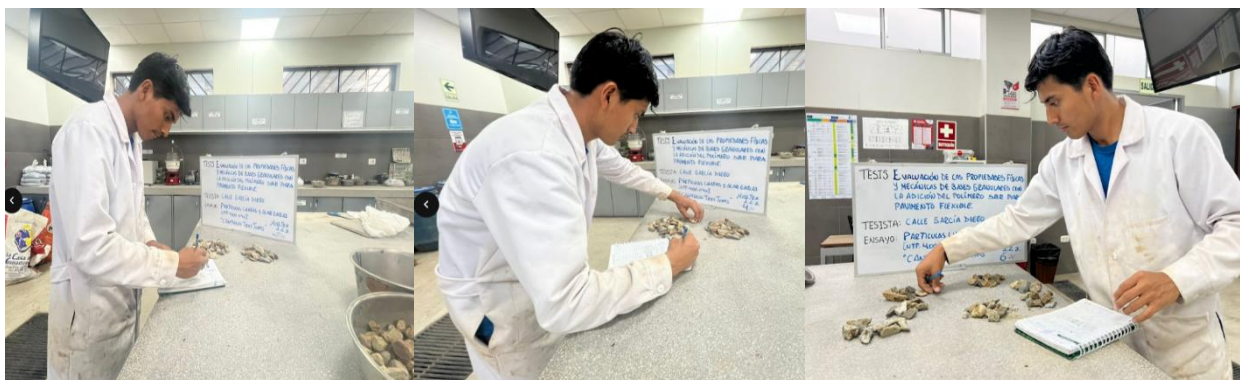


Ilustración 40. Ensayo de Partículas Chatas y Alargadas en cantera 3 tomas con 2%, 4% y 6% de SBR.

Cantera del PUNTO 5

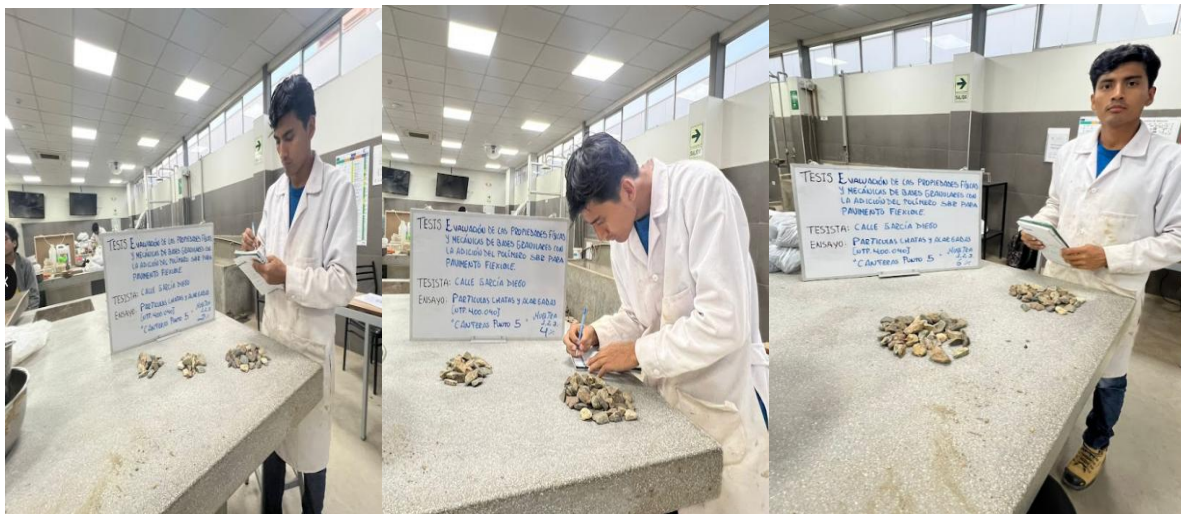


Ilustración 41. Ensayo de Partículas Chatas y Alargadas en cantera Punto 5 con 2%, 4% y 6% de SBR.

Abrasión de los Ángeles

Se incorporó el polímero estireno-butadieno (SBR) en proporciones del 2 %, 4 % y 6 % a una muestra de 5 kg de agregado, con el objetivo de evaluar su influencia en la resistencia al desgaste. La mezcla fue introducida en la máquina de Los Ángeles junto con 6 a 12 bolas de acero, realizando una rotación entre 30 y 33 rpm durante 500 revoluciones. Finalizado el ensayo, el material se tamizó con una malla de 1,70 mm para separar la fracción fina, mientras que el material retenido fue lavado, secado a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ hasta alcanzar peso constante y finalmente pesado con una precisión de 1 g, permitiendo así analizar el efecto del SBR en el comportamiento del agregado.

Cantera tres tomas



Ilustración 42: Ensayo de Abrasión de los Ángeles, cantera Tres Tomas con 2%,4% y 6% de SBR.

Cantera del PUNTO 5



Ilustración 43: Ensayo de Abrasión de los Ángeles, cantera Punto 5 con 2%,4% y 6% de SBR. **Equivalente de arena**

Para el experimento de equivalente de arena añadiendo polímero SBR, se elaboraron muestras del material fino (pasante del tamiz N°4), a las que se le añadieron porcentajes de SBR en estado líquido (2 %, 4 % y 6 %). La mezcla se llevó a cabo de forma homogénea, garantizando una repartición uniforme del polímero en el material. Luego, las muestras fueron expuestas al aire durante 24 horas para facilitar la adhesión del polímero y la estabulación de las partículas pequeñas.

Una vez preparadas las muestras, se llevó a cabo el ensayo de acuerdo con la metodología dictada en la reglamentación técnica. Se depositó un volumen concreto de la muestra en un cilindro graduado, al que se le incorporó una solución de floculante. Después, se agitó mecánicamente por un periodo establecido para dispersar las partículas. Tras el asentamiento, se calculó la altura de la capa de arena y de la suspensión arcillosa para establecer el porcentaje de equivalente de arena, lo que facilitó la valoración de la calidad del material fino que se hizo tratar con SBR.

Cantera tres tomas

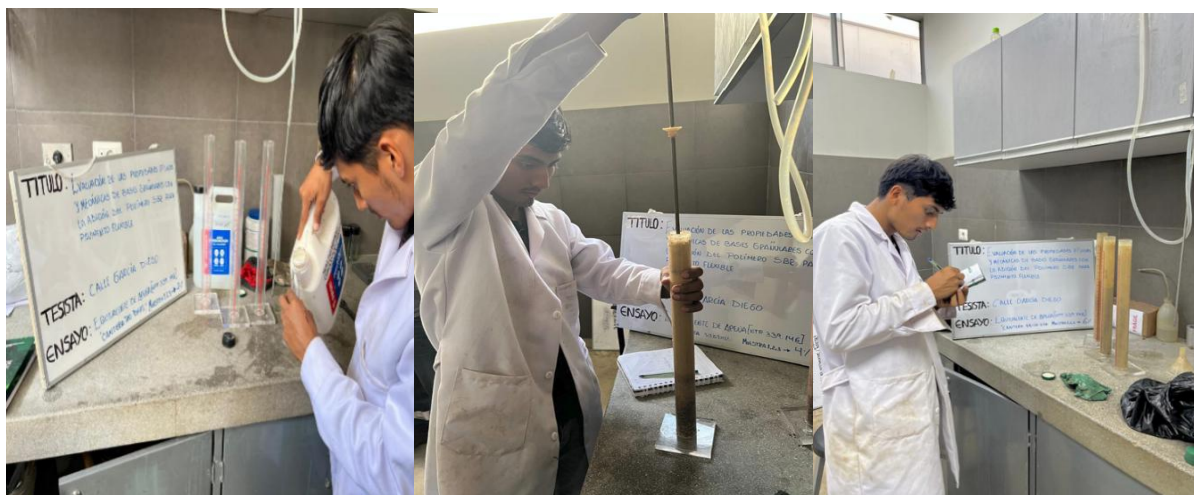


Ilustración 44: Ensayo de Equivalente de arena en cantera tres tomas con 2%, 4% y 6% de SBR.

Cantera del PUNTO 5



Ilustración 45. Ensayo de Equivalente de arena en cantera Punto 5 con 2%, 4% y 6% de SBR.

Sales solubles

Para la experimentación con sales solubles, se elaboraron muestras de terreno que habían sido previamente secadas al aire, a las que se les añadieron porcentajes de polímero SBR en estado líquido (2 %, 4 % y 6 %). Tras la incorporación del polímero, se combinan meticulosamente hasta conseguir una distribución homogénea. Luego, las muestras procesadas fueron despejadas durante 24 horas para facilitar la interacción entre el polímero y los minerales que se encuentran en el terreno.

Tras este periodo, se extrajo una cantidad representativa de la muestra y se la combinó con agua destilada en una proporción establecida de acuerdo con la reglamentación. La mezcla fue agitada durante un tiempo determinado y posteriormente se filtró para separar el extracto

líquido. Este filtrado fue utilizado para medir las sales solubles, que se expresaron en partes por millón (ppm) y porcentaje, a través de un conductímetro.

Cantera tres tomas



Ilustración 46. Ensayo de Sales solubles en cantera 3 tomas con 2%, 4% y 6% de SBR.

Cantera del PUNTO 5



Ilustración 47. Ensayo de sales solubles en cantera Punto 5 con 2%, 4% y 6% de SBR

Proctor

Para el desarrollo del ensayo Proctor Modificado, se prepararon muestras de suelo natural y se dividieron en cuatro grupos: con adiciones del 2 %, 4 % y 6 % de polímero SBR en estado líquido. Las proporciones del polímero se mezclaron uniformemente con el suelo seco, asegurando una adecuada dispersión del aditivo antes de la adición de agua. Posteriormente, se determinó una gama de contenidos de humedad para cada mezcla, con el fin de identificar el contenido óptimo de humedad y la densidad seca máxima.

Cada muestra fue compactada en PUNTO 5 capas dentro del molde Proctor, aplicando 25 golpes por capa con el pisón estándar de 4.54 kg desde una altura de 457 mm, según el procedimiento del Proctor Modificado. Luego de la compactación, se extrajo un cilindro para

determinar su densidad y se calculó el contenido de humedad correspondiente. Con estos datos, se construyó la curva de compactación de cada mezcla, lo que permitió observar la influencia del polímero SBR en la densidad máxima seca y el contenido óptimo de humedad del suelo tratado.

Cantera Tres Tomas



Ilustración 48. Incorporación del aditivo en 2%, 4% y 6% de SBR a la muestra natural

A continuación, se muestra el ensayo de Proctor con la adición del SBR a la muestra natural:



Ilustración 49. Mezclado del aditivo SBR con la muestra natural

Posteriormente se procede a realizar la compactación de la muestra natural con la adición del SBR, lo mismo con las otras incorporaciones y con ambas canteras.



Ilustración 50. Compactación del ensayo Proctor con la adición del SBR



Ilustración 51. Peso después de la compactación con la adición del SBR

Material de las adiciones incorporadas a la muestra natural para determinar la humedad:



Ilustración 52. Material para determinar la humedad con la adición del SBR

Cantera del PUNTO 5



Ilustración 53: Ensayo de Proctor Modificado en cantera Punto 5 con 2%, 4% y 6% de SBR

CBR

Para la prueba CBR, se elaboraron combinaciones de suelo añadiendo el polímero SBR en proporciones del 2%, 4% y 6% con relación al peso seco del suelo. Cada combinación fue uniforme en estado seco, después se incorporó agua hasta llegar a su nivel de humedad ideal establecido anteriormente en el Proctor Modificado. El material se compactó en tres niveles dentro del molde CBR, utilizando 56 impactos por nivel con un peso de 4.54 kg desde un nivel de 457 mm, siguiendo las directrices fijadas.

Tras la compactación, se aplicó una carga excesiva que representó el peso del pavimento y se mantuvo en remojo durante 96 horas. Al finalizar el periodo de inmersión, se llevó a cabo la medición del ascenso del suelo y se eliminó la sobrecarga. Posteriormente, se llevó a cabo el experimento de penetración con una velocidad estable de 1.27 mm/minuto, documentando las cargas equivalentes a penetraciones de 2.5 mm y 5.0 mm.

Cantera Tres Tomas

Incorporación de la adición del SBR a la muestra natural para realizar la compactación respectiva:



Ilustración 54. Material con la incorporación del SBR del ensayo de CBR



Ilustración 55. Compactación de la muestra natural con la adición del SBR - CBR

A continuación, se muestra la compactación, toma de datos y enrasado de la muestra con adición del aditivo de SBR:



Ilustración 56. Ensayo de CBR en cantera 3 tomas con 2%, 4% y 6% de SBR

Cantera del PUNTO 5



Ilustración 57. Ensayo de CBR en cantera Punto 5 con 2%, 4% y 6% de SBR

Procedimiento del tramo experimental con el ensayo (DCP)

Es una herramienta clave para evaluar la resistencia del suelo in situ. Este equipo permite medir de manera rápida y eficiente cómo varía la resistencia a la penetración con la profundidad, siendo ideal para estudios geotécnicos y viales.

El DCP consiste en un cono metálico estandarizado que se introduce en el terreno mediante golpes repetitivos de una masa desde una altura fija, registrando el número de golpes necesarios para alcanzar una profundidad determinada y es posible estimar la resistencia al esfuerzo cortante no drenado, así como obtener una correlación con el Índice de Soporte California (CBR), entre otros parámetros geotécnicos relevantes.

Este ensayo fue particularmente útil para caracterizar la condición inicial de la base granular con un CBR de 80% como mínimo y una capacidad mayor a 100%, en donde se evaluará el efecto del polímero SBR como aditivo en un 4% como porcentaje óptimo para el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de la base granular de un pavimento flexible.

Los resultados obtenidos mediante el DCP complementaron los datos de laboratorio, aportando información representativa del comportamiento real de la base granular bajo condiciones de carga dinámica.



Ilustración 58. Ensayo DCP con el 4% de SBR + Material de Cantera Punto 5



Ilustración 59. Ensayo DCP con el 4% de SBR + Material de Cantera Tres Tomas

Resultados y discusión

Este segmento expone los hallazgos derivados de las pruebas de laboratorio efectuadas con el material de cantera, el polímero SBR y las diversas dosificaciones combinadas entre ambos materiales. Es crucial destacar que los ensayos llevados a cabo cumplen con los criterios estipulados por las normativas del MTC, en particular el Reglamento EG-2013 y el Reglamento CE.010, que establecen los parámetros mínimos que deben satisfacer las bases granulares utilizadas en pavimentos flexibles. Se llevaron a cabo todos los procedimientos de acuerdo con lo estipulado en el Manual de Ensayos de Materiales del MTC – 2016, garantizando de este modo la fiabilidad y validez de los resultados obtenidos.

Resultados:

Ensayos de ambas canteras sin adición

Análisis granulométrico por tamizado

A continuación, se muestran los hallazgos derivados del ensayo de análisis granulométrico mediante tamizado, llevado a cabo con el material de la cantera tres tomas y cantera punto 5:

TABLA XVII
RESULTADO DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA CANTERA TRES TOMAS

<i>Análisis Granulométrico por tamizado</i>			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	8.0	92.0
1/2"	12.500	14.7	85.3
3/8"	9.500	19.9	80.1
1/4"	6.300	26.4	73.6
Nª 4	4.750	30.3	69.7
Nª 10	2.000	43.7	56.3
Nª 20	0.850	56.1	43.9
Nº 50	0.300	70.6	29.4
Nª 100	0.150	84.2	15.8
Nº 200	0.075	89.5	10.5
<i>Distribución granulométrico</i>			
% Grava	G.G. %	8.0	30.3
	G. F %	22.3	
% Arena	A.G %	13.4	59.2
	A.M %	23.4	
	A.F %	22.4	
% Arcilla y Limo		10.5	10.5
Total			100.0

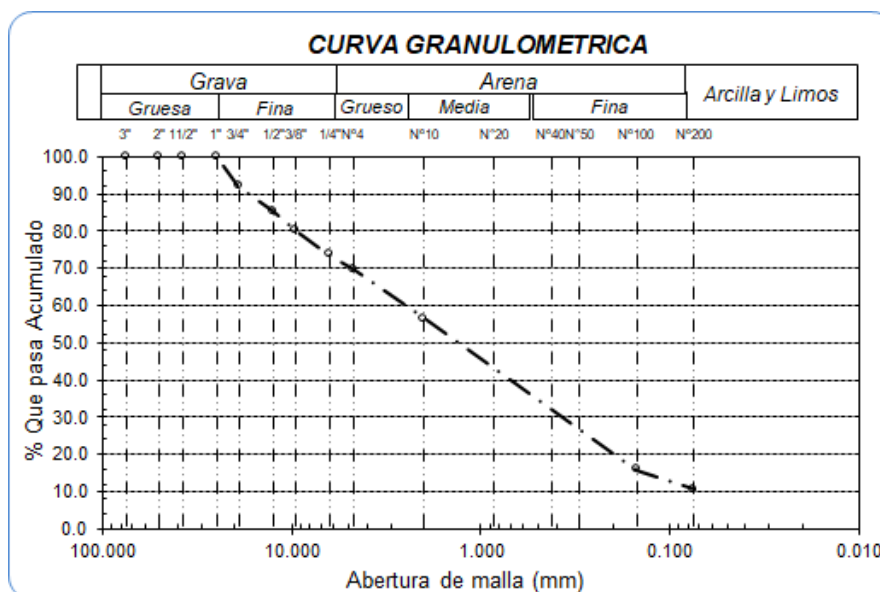


Figura 1. Curva granulométrica de la cantera Tres Tomas

La Tabla XVII con el gráfico 1, exhiben los hallazgos del análisis granulométrico mediante tamizado del material extraído de la cantera Tres Tomas. Se constata que el 30.3 % del material corresponde a grava (8 % grava gruesa y 22.3 % grava fina), mientras que el 59.2 % se compone de arena (23.4 % arena media y 22.4 % arena fina). Finalmente, el 10.5 % restante corresponde a material fino (limo y arcilla), que se somete al tamiz N.º 200. Esta distribución sugiere que el material exhibe una composición predominantemente arenosa con un contenido moderado de finos, factores que pueden afectar su comportamiento mecánico y su compactación en el contexto de una estructura de pavimento flexible.

TABLA XVIII
RESULTADO DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA CANTERA PUNTO 5

<i>Análisis Granulométrico por tamizado</i>			
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	9.6	90.4
1/2"	12.500	16.4	83.6
3/8"	9.500	20.8	79.2
1/4"	6.300	26.0	74.0
Nª 4	4.750	28.9	71.1
Nª 10	2.000	35.1	64.9
Nª 20	0.850	42.0	58.0
Nº 50	0.300	52.7	47.3

N ^a 100	0.150	62.0	38.0
N ^o 200	0.075	68.8	31.2
Distribución granulométrico			
% Grava	G.G. %	9.6	28.9
	G. F %	19.3	
% Arena	A.G %	6.2	39.9
	A.M %	14.4	
	A.F %	19.3	
% Arcilla y Limo		31.2	31.2
Total			100.0

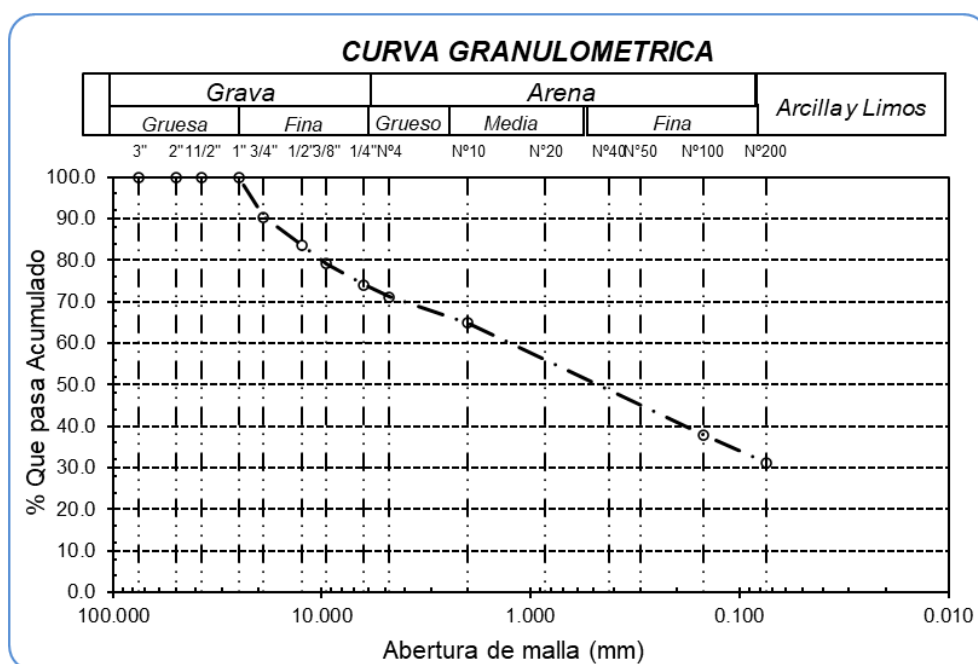


Figura 2. Curva granulométrica de la cantera el Punto 5

La Tabla XVIII con el gráfico 2, exponen los hallazgos del análisis granulométrico mediante tamizado del material extraído de la cantera Punto 5. Se constata que la concentración más elevada de partículas se encuentra en los tamaños finos, con un contenido de arcilla y limo del 31.2%, un porcentaje relativamente elevado que puede afectar la estabilidad y la capacidad de drenaje del material. El porcentaje de grava constituye un 28.9 %, mientras que el 39.9 % corresponde a la arena, lo que evidencia que el material presenta una composición predominantemente arenosa con una fracción fina significativa. Esta distribución indica que el material podría exhibir dificultades de cohesión o plasticidad si no se estabiliza de manera adecuada. Por lo tanto, su aplicación en bases granulares debe ser evaluada con cautela conforme a las exigencias normativas.

Contenido de humedad

A continuación, se muestran los hallazgos derivados del ensayo de contenido de humedad, llevado a cabo con el material de tres tomas y de la cantera Punto 5:

TABLA XIX
RESULTADO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA CANTERA 3 TOMAS Y DEL PUNTO 5

Descripción	Contenido de humedad
Cantera 3 tomas	22.3
Cantera Punto 5	8.9

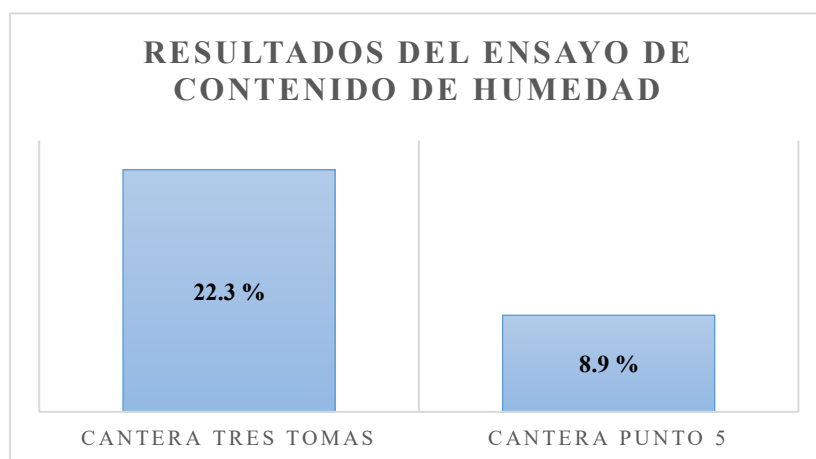


Figura 3. Resultados de Contenido de Humedad de ambas canteras.

La Tabla XIX con el gráfico 3, muestran la humedad natural de los materiales que provienen de la cantera 3 Tomas y el Punto 5. Se observa una clara divergencia entre ellas, con un contenido de humedad en la cantera 3 Tomas que alcanza el 22.3 %, mientras que en el Punto 5 se registra un 8.9%. Esta variación puede explicarse por las diferencias geológicas y de exposición de cada lugar; la cantera 3 Tomas tiene una capacidad mayor de retención de agua, quizás debido a una mayor cantidad de partículas finas o a su localización en un área con más humedad ambiental.

Límites de Atterberg

A continuación, se muestran los hallazgos derivados del ensayo de límites de Atterberg, llevado a cabo con el material de tres tomas y de la cantera Punto 5:

TABLA XX
RESULTADO DE LÍMITES DE ATTERBERG DE LA CANTERA 3 TOMAS Y DEL PUNTO 5

Descripción	LL	LP	IP
Cantera 3 tomas	20.57	18.41	2.16
Cantera Punto 5	31.17	16.81	14.35

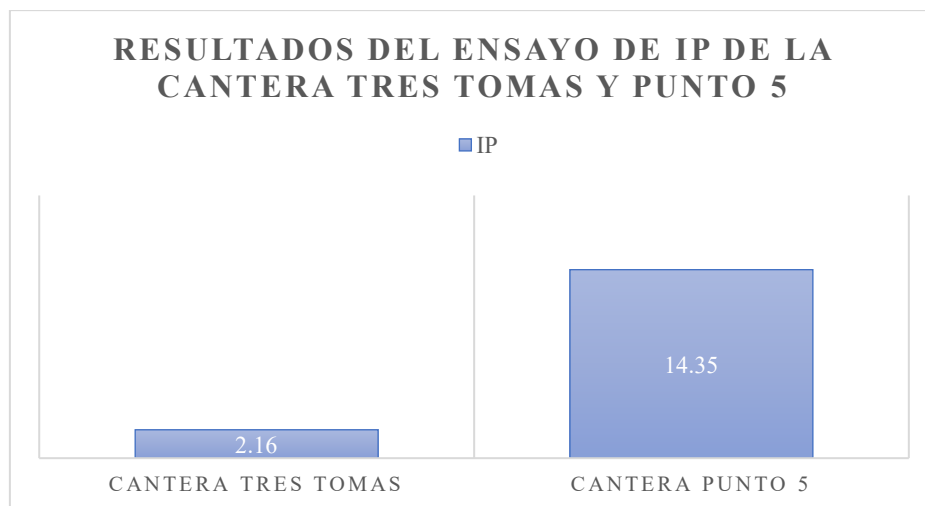


Figura 4. Resultados de Índice de Plasticidad de ambas canteras.

La Tabla XX con el gráfico 4, muestran los hallazgos del ensayo de Límites de Atterberg utilizando el material obtenido de la cantera 3 Tomas y del Punto 5. Se nota que el material utilizado en la cantera Punto 5, tiene un límite líquido (LL) del 31.17 %, un límite plástico (LP) del 16.81 % y un índice plástico (IP) del 14.35 %. Esto señala que tiene una plasticidad media y, por ende, puede experimentar alteraciones volumétricas moderadas frente a fluctuaciones de humedad, lo que podría influir en su rendimiento en terreno. Por otro lado, la cantera 3 Tomas, tiene un límite líquido (LL) del 20.57 %, un límite plástico (LP) del 18.41 % y un índice plástico (IP) del 2.16 %. Tiene una plasticidad baja, no presentará alteraciones frente a la humedad, e influirá positivamente en el rendimiento debido al tipo de material.

Clasificación SUCS y AASHTO

A continuación, se muestran las clasificaciones llevado a cabo con el material de tres tomas y de la cantera Punto 5:

TABLA XXI
RESULTADO DE LA CLASIFICACIÓN SUCS Y AASHTO DE LA CANTERA 3 TOMAS
Y DEL PUNTO 5

Descripción	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO
Cantera 3 tomas	SP-SM	A-1-b (0)
Cantera Punto 5	SM	A-2-6 (1)

La Tabla XXI presenta los hallazgos del sistema de clasificación SUCS y AASHTO para los materiales que provienen de la cantera 3 Tomas y del Punto 5. Según el SUCS, el material de la cantera 3 Tomas se categoriza como SP-SM, lo que señala que es una arena mal gradada con presencia de finos no plásticos o con plasticidad reducida. De acuerdo con el sistema AASHTO,

se categoriza como A-1-b (0), categoría que se refiere a materiales granulares de alta calidad para niveles estructurales, con una presencia mínima de finos. En contraposición, el material de la cantera Punto 5 se categoriza como SM de acuerdo con la clasificación de SuCS, lo que indica una arena con limos finos. Bajo el sistema AASHTO, este material, a pesar de ser considerado apto para subbases o bases, tiene una proporción superior de finos y una calidad estructural inferior a la A-1-b. Estos hallazgos indican que el material de la cantera 3 Tomas posee condiciones naturales más favorables para su uso en pavimentos.

Caras fracturadas

A continuación, se muestran los hallazgos derivados del ensayo de caras fracturadas, llevado a cabo con el material de la cantera tres tomas y de la cantera Punto 5:

TABLA XXII
RESULTADO DE CARAS FRACTURADAS DE LA CANTERA 3 TOMAS Y DEL PUNTO 5

Descripción	% con una cara fracturada	% con dos caras fracturadas
Cantera 3 tomas	82.4%	52.0%
Cantera Punto 5	57.4%	31.4%

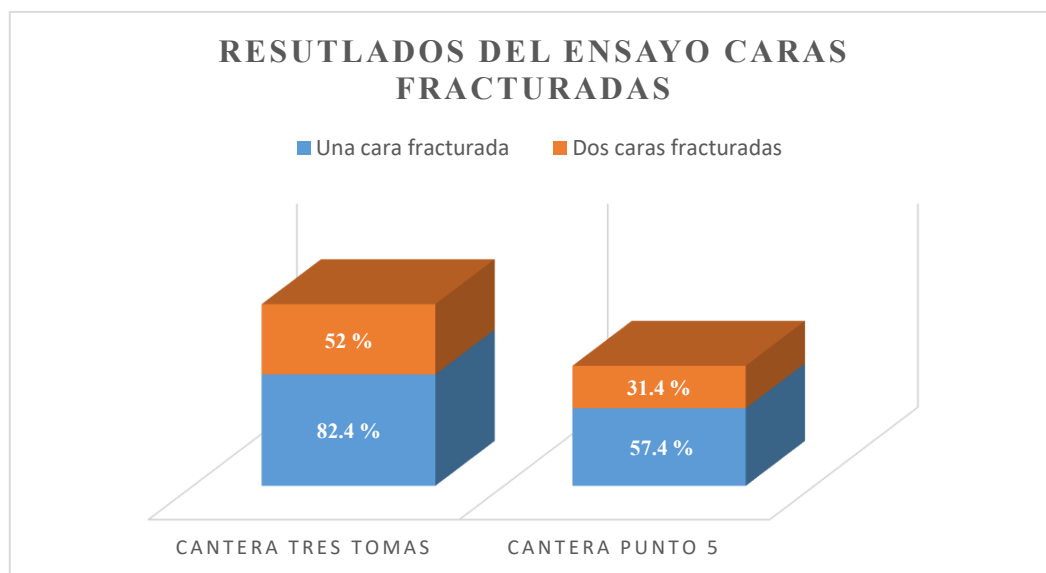


Figura 5. Resultados de Caras fracturadas de ambas canteras

La Tabla XXII con la Fig. 5, detallan los hallazgos del ensayo de superficies fracturadas para los agregados obtenidos de la cantera 3 Tomas y del Punto 5. El material de la cantera 3 Tomas exhibe un 82.4 % de partículas con un mínimo de una cara fracturada y un 52.0 % con dos caras fracturadas, lo que señala una excelente angularidad y rugosidad superficial, atributos que

promueven una interconexión más eficaz entre partículas y, en consecuencia, un mejor rendimiento mecánico en las capas granulares. Por otro lado, el material del Punto 5 muestra únicamente un 57.4 % con una cara fracturada y un 31.4 % con dos caras fracturadas, lo que muestra un mayor porcentaje de partículas de forma redondeada o subangular, que podrían provocar una resistencia reducida al esfuerzo de corte y una estabilidad estructural inferior.

Partículas chatas y alargadas

A continuación, se muestran los hallazgos derivados del ensayo de partículas chatas y alargadas, llevado a cabo con el material de la cantera tres tomas y de la cantera Punto 5:

TABLA XXIII
RESULTADO DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DE LA CANTERA 3 TOMAS Y DEL PUNTO 5

Descripción	% total de chatas y alargadas
Cantera 3 tomas	9.3%
Cantera Punto 5	18.1%

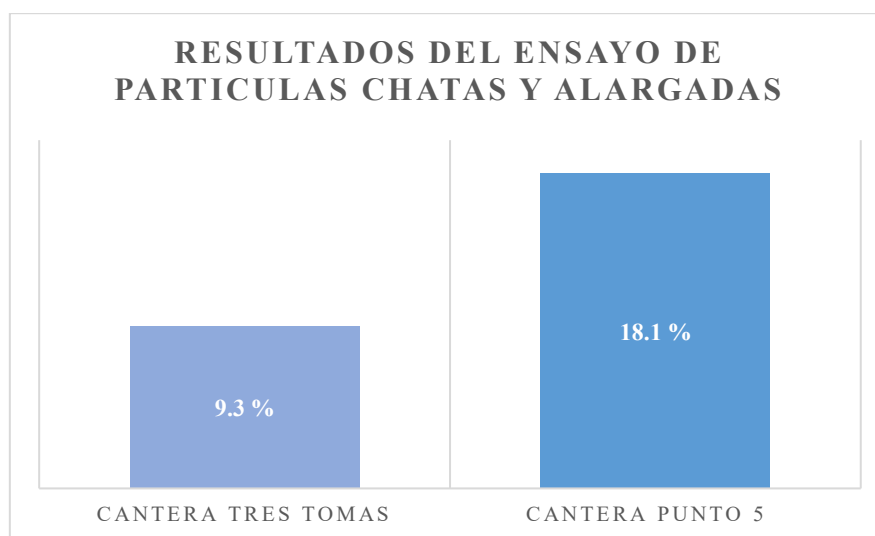


Figura 6. Resultados de % partículas chatas y alargadas de ambas canteras

La Tabla XXIII con el gráfico 6, presentan el porcentaje de fragmentos planos y alargados encontrados en los materiales extraídos de la cantera 3 Tomas y del Punto 5. Se puede notar que la cantera 3 Tomas cuenta con un 9.3 % de esos fragmentos, en tanto que el Punto 5 eleva este porcentaje a un 18.1 %. De acuerdo con las normas técnicas, una alta cantidad de fragmentos planos y alargados puede influir de forma adversa en la manejabilidad y la resistencia del material, puesto que estas formas tienden a ocasionar desajustes en la estructura granular. En este aspecto, los materiales de la cantera 3 Tomas exhiben una morfología más

adecuada para su utilización en capas granulares estabilizadas, lo que podría resultar en un mejor comportamiento estructural bajo cargas repetitivas.

Sales solubles

A continuación, se muestran los hallazgos derivados del ensayo de sales solubles, llevado a cabo con el material de la cantera tres tomas y de la cantera Punto 5:

TABLA XXIV
RESULTADO DE SALES SOLUBLES DE LA CANTERA 3 TOMAS Y DEL PUNTO 5

Descripción	ppm	%
Cantera 3 tomas	200	0.02
Cantera Punto 5	200	0.02

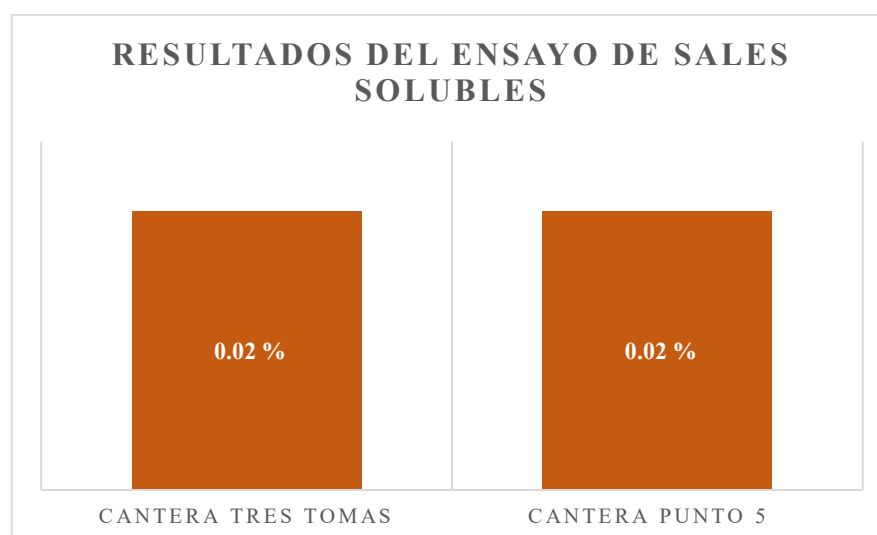


Figura 7. Resultados de sales solubles de ambas canteras

En la Tabla XXIV con el gráfico 7, se muestran los resultados del contenido de sales solubles para los materiales de la cantera 3 Tomas y del Punto 5. Ambos materiales presentan una concentración de 200 ppm, equivalente a 0.02 %, lo cual se encuentra dentro de los límites permisibles establecidos por la normativa técnica vigente para suelos destinados a capas estructurales de pavimento. Este contenido reducido de sales sugiere que no hay un peligro considerable de alteración en las características físico-mecánicas del material, ni posibles problemas de degradación prematura debido a reacciones químicas perjudiciales, como la corrosión de componentes metálicos o la modificación de la matriz cementante en caso de estabilización. Así pues, ambos materiales son adecuados en términos de sales solubles, no constituyendo un obstáculo para su uso ni para la utilización del polímero SBR en procesos de mejora.

Abrasión

A continuación, se muestran los hallazgos derivados del ensayo de abrasión, llevado a cabo con el material de la cantera tres tomas y de la cantera Punto 5:

TABLA XXV
RESULTADO DE ABRASIÓN DE LA CANTERA 3 TOMAS Y DEL PUNTO 5

Descripción	% de desgaste por abrasión	% de uniformidad
Cantera 3 tomas	20.2	0.7
Cantera Punto 5	43.2	0.6

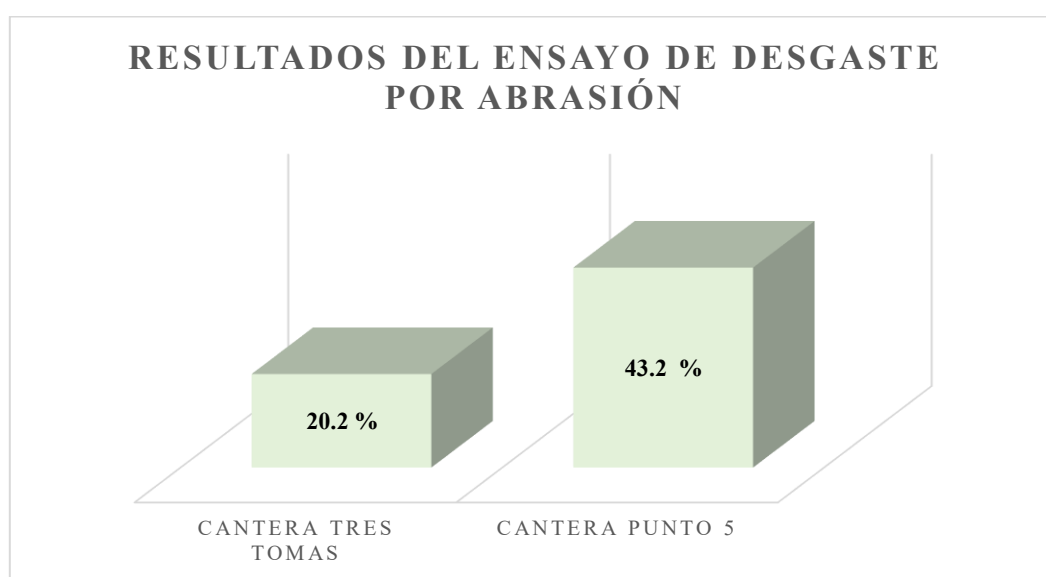


Figura 8. Resultados por desgaste de abrasión en ambas canteras

La Tabla XXV junto el gráfico 8, muestran los hallazgos del experimento de abrasión llevado a cabo con los materiales de la cantera 3 Tomas y del Punto 5. El material de la cantera 3 Tomas registró un 20.2% de desgaste por abrasión, lo que señala una elevada resistencia al desgaste y una durabilidad apropiada ante esfuerzos mecánicos, satisfaciendo ampliamente los estándares de calidad para materiales granulares en pavimentos flexibles. En contraste, el material del Punto 5 mostró un desgaste del 43.2%, un índice que se aproxima al límite máximo permitido en ciertas especificaciones técnicas y que evidencia una menor resistencia al desgaste y una mayor propensión a deteriorarse con el tránsito de vehículos o durante la compactación. Esto sugiere una menor resistencia al desgaste y una mayor propensión a deteriorarse con el movimiento vehicular o durante la compactación. Respecto a la uniformidad, ambos materiales

mostraron valores parecidos (0.7 y 0.6 respectivamente), lo que indica una distribución granulométrica bastante uniforme durante el experimento.

Equivalente de arena

A continuación, se muestran los hallazgos derivados del ensayo de equivalente de arena, llevado a cabo con el material de la cantera tres tomas y de la cantera Punto 5:

TABLA XXVI
RESULTADO DE EQUIVALENTE DE ARENA DE LA CANTERA 3 TOMAS Y DEL PUNTO 5

Descripción	% de equivalente de arena
Cantera 3 tomas	36%
Cantera Punto 5	26%

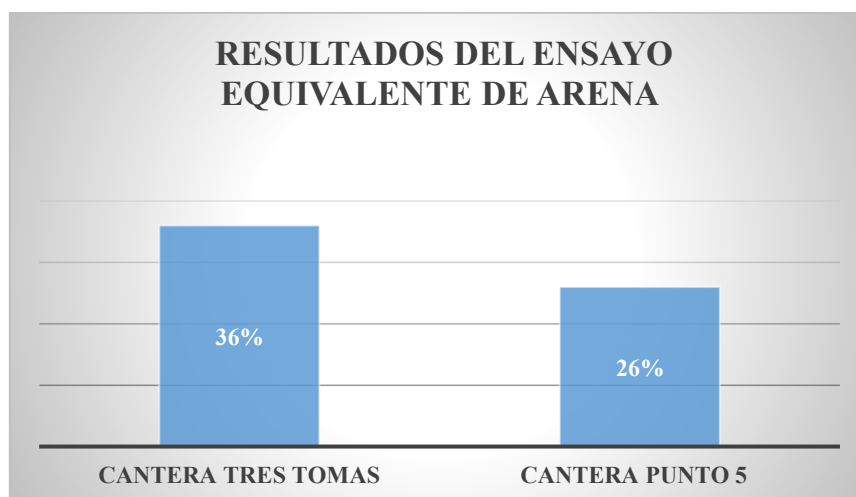


Figura 9. Resultados de equivalente de arena de ambas cantera

La Tabla XXVI con el gráfico 9, presentan los hallazgos del ensayo de equivalente de arena llevado a cabo con los materiales obtenidos de la cantera 3 Tomas y del Punto 5. La cantera 3 Tomas registró un material del 36%, en cambio, el material del Punto 5 solo llegó al 26%, lo que demuestra una mayor presencia de finos no plásticos en este último. De acuerdo con la legislación actual, valores menores al 30% pueden señalar un exceso de partículas finas dañinas, que impactan de manera adversa en la estabilidad y capacidad de soporte del material. Así pues, los resultados de la cantera Punto 5 pueden suponer un peligro para la estructura de las capas granulares, al promover la retención de humedad y disminuir la fricción interna entre las partículas.

Proctor modificado

A continuación, se muestran los hallazgos derivados del ensayo de Proctor modificado, llevado a cabo con el material de la cantera tres tomas y de la cantera Punto 5:

TABLA XXVII
RESULTADO DE PROCTOR MODIFICADO DE LA CANTERA 3 TOMAS Y DEL PUNTO 5

Descripción	Densidad máxima seca	Óptimo contenido de humedad
Cantera 3 tomas	2.067 g/cm ³	7.60 %
Cantera Punto 5	2.012 g/cm ³	8.20%

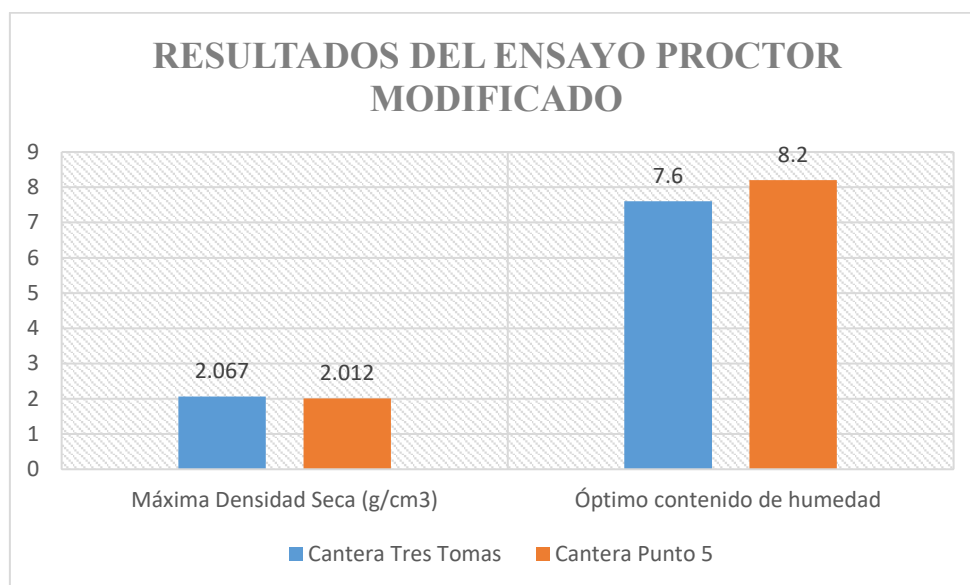


Figura 10. Resultados de Proctor Modificado de ambas canteras

La Tabla XXVIII y la Fig. 10, muestran los hallazgos del ensayo modificado de Proctor para los materiales de la cantera 3 Tomas y del Punto 5. El material del Punto 5 logró una densidad máxima seca de 2.067 g/cm³ con un contenido óptimo de humedad del 7.60 %, en cambio, el material del Punto 3 alcanzó una densidad máxima seca un poco inferior, de 2.012 g/cm³, con un contenido óptimo de humedad superior, del 8.20 %. Estos hallazgos señalan que el material utilizado en la cantera 3 Tomas tiene una compactibilidad superior y una menor demanda de humedad para llegar a su densidad máxima, lo que resulta beneficioso en trabajos que demandan eficiencia en la compactación y un tiempo de secado reducido. Por otro lado, aunque el material del Punto 5 sea aceptable, podría necesitar un control más riguroso del nivel de

humedad durante su instalación para prevenir inconvenientes de estabilidad o sobre humedecimiento.

CBR

A continuación, se muestran los hallazgos derivados del ensayo de CBR, llevado a cabo con el material de la cantera tres tomas y de la cantera Punto 5:

TABLA XXVIII
RESULTADO DE CBR DE LA CANTERA 3 TOMAS Y DEL PUNTO 5

Descripción	CBR al 95%	CBR al 100%
Cantera 3 tomas	57%	71%
Cantera Punto 5	46%	58%

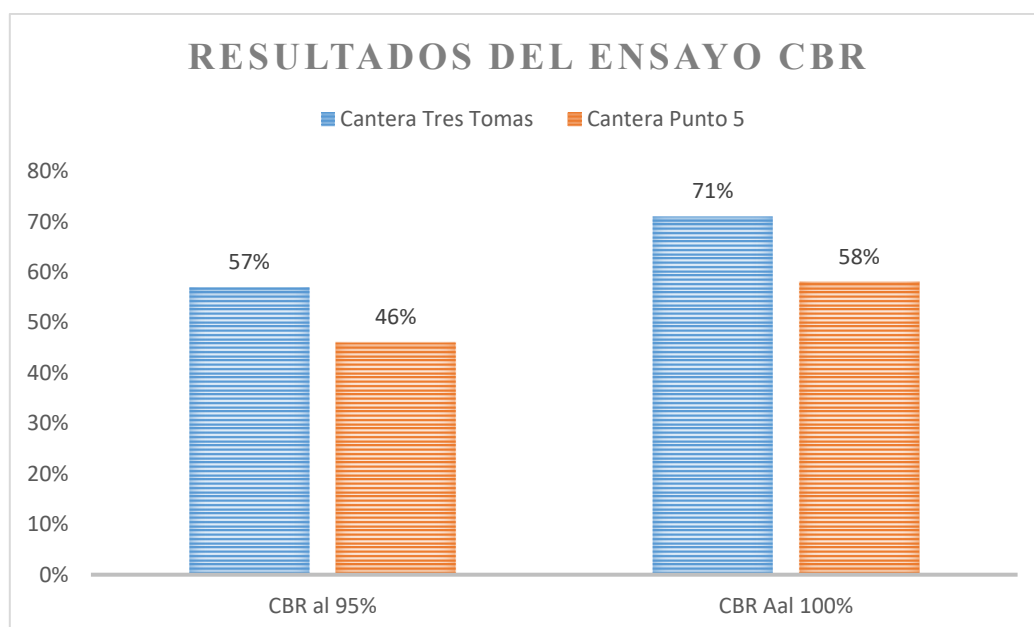


Figura 11. Resultados de CBR de ambas canteras

La Tabla XXVIII junto a la Fig. 11, exponen los hallazgos del ensayo CBR de los materiales utilizados en la cantera 3 Tomas y en el Punto 5. El material del Punto 5 registró valores de CBR del 57% al 95% de la densidad máxima seca y del 71% al 100%, en tanto que el material del Punto 3 registró valores del 46 % y 58 %, respectivamente. Estos hallazgos demuestran que el material utilizado en la cantera 3 Tomas tiene una capacidad de soporte superior, satisfaciendo de manera holística los requisitos mínimos para las capas de subbase y base granular dictados por la legislación en vigor. En cambio, el material del Punto 5, a pesar de ser útil, presenta una resistencia reducida al esfuerzo de penetración, lo que podría restringir su

aplicación en estructuras expuestas a cargas altas sin estabilización previa. Esta variación pone de manifiesto la importancia de optimizar el comportamiento mecánico del material del Punto 5.

Ensayos de ambas canteras con adición del SBR

Análisis granulométrico por tamizado

A continuación, se muestran los hallazgos derivados del ensayo de análisis granulométrico mediante tamizado, llevado a cabo con el material de la cantera tres tomas y cantera punto 5 con la adición del polímero SBR.

TABLA XXIX
RESULTADO DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA CANTERA TRES TOMAS
CON ADICIÓN DE SBR

<i>Análisis Granulométrico por tamizado</i>			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	8.0	92.0
1/2"	12.500	14.7	85.3
3/8"	9.500	19.9	80.1
1/4"	6.300	26.4	73.6
N ^a 4	4.750	30.3	69.7
N ^a 10	2.000	43.7	56.3
N ^a 20	0.850	56.1	43.9
N ^o 50	0.300	70.6	29.4
N ^a 100	0.150	84.2	15.8
N ^o 200	0.075	89.5	10.5
<i>Distribución granulométrico</i>			
% Grava	G.G. %	8.0	30.3
	G. F %	22.3	
% Arena	A.G %	13.4	59.2
	A.M %	23.4	
	A.F %	22.4	
% Arcilla y Limo		10.5	10.5
Total			100.0

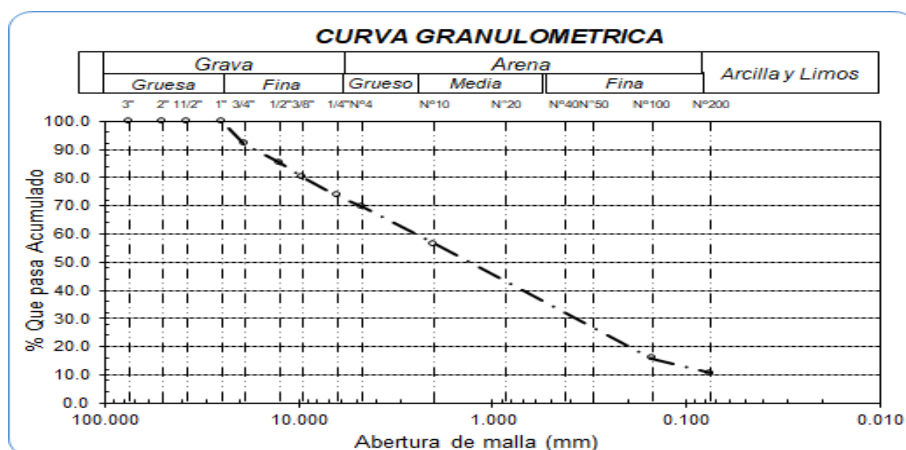


Figura 12. Curva granulométrica de la cantera tres tomas con adición del SBR

La Tabla XXIX y el gráfico 12, exhiben los hallazgos del análisis granulométrico mediante tamizado del material extraído de la cantera Tres Tomas con adición de SBR. Se constata que el 30.3 % del material corresponde a grava (8 % grava gruesa y 22.3 % grava fina), mientras que el 59.2 % se compone de arena (23.4 % arena media y 22.4 % arena fina). Finalmente, el 10.5 % restante corresponde a material fino (limo y arcilla), que se somete al tamiz N.º 200. Esta distribución sugiere que el material exhibe una composición predominantemente arenosa con un contenido moderado de finos, factores que pueden afectar su comportamiento mecánico y su compactación en el contexto de una estructura de pavimento flexible.

TABLA XXX

RESULTADO DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA CANTERA PUNTO 5 CON ADICIÓN DE SBR

<i>Análisis Granulométrico por tamizado</i>			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	9.6	90.4
1/2"	12.500	16.4	83.6
3/8"	9.500	20.8	79.2
1/4"	6.300	26.0	74.0
N ^a 4	4.750	28.9	71.1
N ^a 10	2.000	35.1	64.9
N ^a 20	0.850	42.0	58.0
N ^o 50	0.300	52.7	47.3
N ^a 100	0.150	62.0	38.0
N ^o 200	0.075	68.8	31.2
<i>Distribución granulométrico</i>			

% Grava	G.G. %	9.6	28.9
	G. F %	19.3	
% Arena	A.G %	6.2	39.9
	A.M %	14.4	
	A.F %	19.3	
% Arcilla y Limo		31.2	31.2
Total			100.0

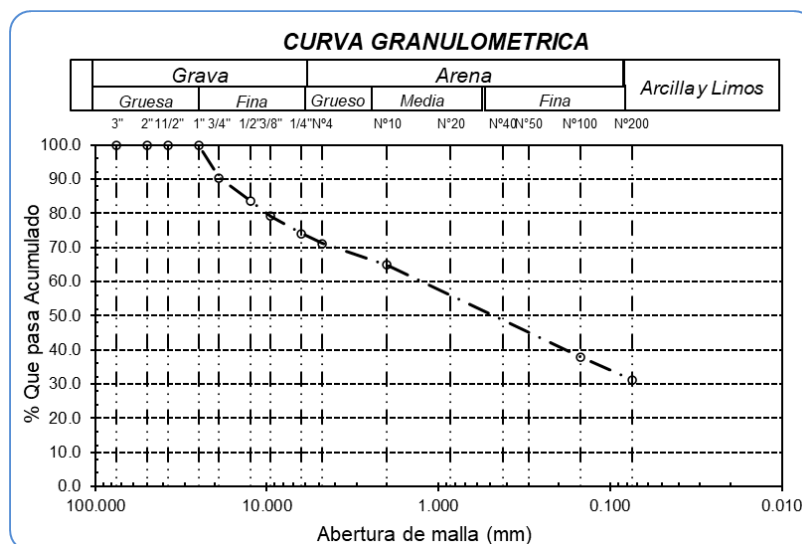


Figura 13. Curva granulométrica de la cantera el PUNTO 5 con adición del SBR

La Tabla XXIX y el gráfico 13, exponen los hallazgos del análisis granulométrico mediante tamizado del material extraído de la cantera Punto 5 con adición de SBR. Se constata que la concentración más elevada de partículas se encuentra en los tamaños finos, con un contenido de arcilla y limo del 31.2%, un porcentaje relativamente elevado que puede afectar la estabilidad y la capacidad de drenaje del material. El porcentaje de grava constituye un 28.9 %, mientras que el 39.9 % corresponde a la arena, lo que evidencia que el material presenta una composición predominantemente arenosa con una fracción fina significativa. Esta distribución indica que el material podría exhibir dificultades de cohesión o plasticidad si no se estabiliza de manera adecuada. Por lo tanto, su aplicación en bases granulares debe ser evaluada con cautela conforme a las exigencias normativas.

Contenido de humedad

A continuación, se muestran los hallazgos derivados del ensayo de contenido de humedad, llevado a cabo con el material de tres tomas y de la cantera Punto 5 con adición del polímero SBR:

TABLA XXXI
RESULTADO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA CANTERA 3 TOMAS CON ADICIÓN DEL SBR

Descripción	% de contenido de humedad	% Promedio
Cantera 3 tomas-2% SBR (3 veces)	7.13	7.19
	6.77	
	7.68	
Cantera 3 tomas-4% SBR (3 veces)	8.1	8.07
	7.6	
	8.5	
Cantera 3 tomas-6% SBR (3 veces)	8.1	7.87
	7.6	
	7.9	

La Tabla XXXI muestra los resultados de humedad recogidos en la cantera 3 Tomas al añadir distintos niveles del polímero SBR. Se puede notar que con un 2 % de SBR, el promedio de humedad permanece alrededor del 7 %, mientras que al incorporar 4 % y 6 % de SBR, se observa un ligero aumento, con promedios entre 7.6 % y 8.5 %. Este incremento indica que el SBR tiene un efecto en la capacidad de retención de humedad del material, posiblemente debido a su característica polimérica que altera la interacción entre las partículas y el agua. Este fenómeno podría impactar tanto en la compactación como en la estabilidad del volumen del suelo tratado, siendo importante tener en cuenta estos factores al diseñar y supervisar proyectos.

TABLA XXXII
RESULTADO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA CANTERA PUNTO 5 CON ADICIÓN DEL SBR

Descripción	% de contenido de humedad	% Promedio
Cantera Punto 5-2% SBR (3 veces)	7.31	7.04
	6.76	
	7.06	
Cantera Punto 5-4% SBR (3 veces)	7.8	7.6
	7.2	
	7.8	

Cantera Punto 5-6% SBR (3 veces)	7.4	
	6.8	7.17
	7.3	

La Tabla XXXII presenta los hallazgos sobre la humedad del material extraído de la cantera Punto 5, con adiciones de SBR del 2 %, 4 % y 6 %. Se observa que los valores permanecen relativamente constantes, oscilando entre 6.76 % y 7.8 %, indicando una ligera tendencia al crecimiento a medida que aumenta el porcentaje de polímero. Esta leve oscilación podría relacionarse con la habilidad del SBR para alterar la forma en que el agua interactúa con las partículas del agregado, lo que provoca una retención moderada de la humedad. A diferencia de lo que ocurrió en la cantera 3 Tomas, donde se notó un aumento más significativo, los cambios en Punto 5 son menos evidentes, lo que podría atribuirse a las propiedades inherentes del material base.

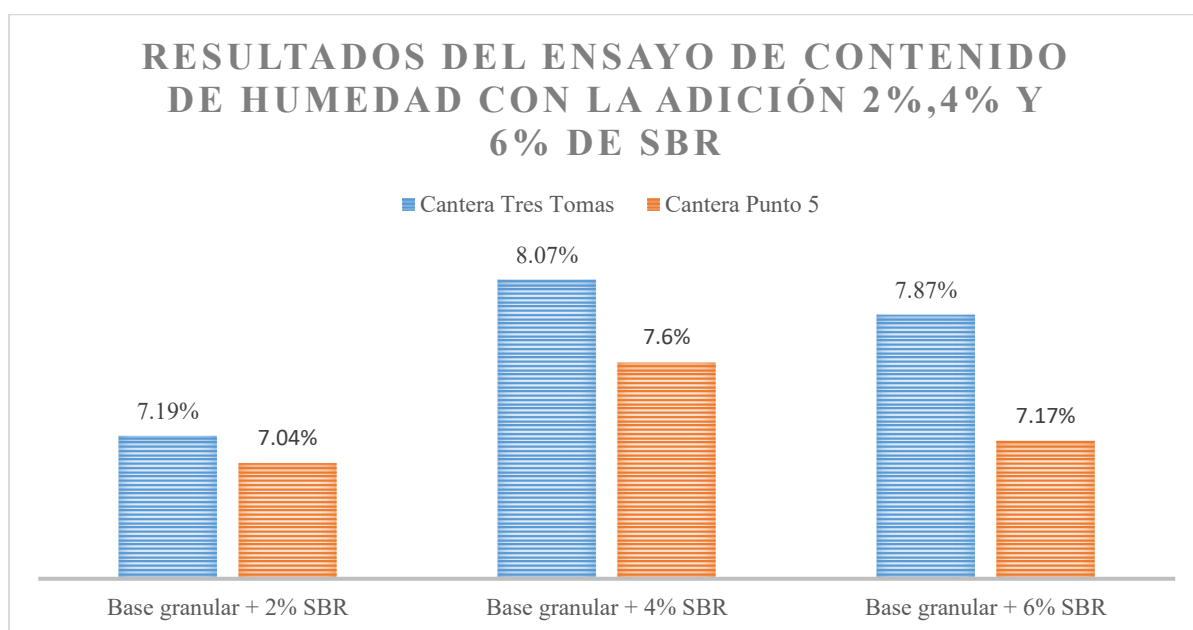


Figura 14. Resultados de contenido de humedad con la adición 2%,4% y 6% de SBR

El gráfico 14, muestra los resultados del ensayo de contenido de humedad en bases granulares con la adición del polímero SBR en proporciones de 2%, 4% y 6%, comparando materiales de las canteras Tres Tomas y Punto 5. Se observa que, en ambos casos, el contenido de humedad aumenta al incorporar hasta un 4% de SBR, alcanzando su valor máximo con 8.07% en Tres Tomas y 7.60% en Punto 5. Sin embargo, al incrementar la dosis a 6%, el contenido de humedad disminuye ligeramente, lo cual sugiere una posible saturación del polímero o una menor eficiencia en la retención de agua. En todas las proporciones analizadas,

la cantera Tres Tomas presenta mayores valores de humedad que Punto 5, lo que indica una mejor interacción entre el material granular y el aditivo. Por tanto, se puede inferir que el 4% de SBR sería el porcentaje óptimo para maximizar la humedad en ambos tipos de base granular.

Límites de Atterberg

A continuación, se muestran los hallazgos derivados del ensayo de límites de Atterberg, llevado a cabo con el material de tres tomas y de la cantera Punto 5 con la adición del polímero SBR:

TABLA XXXIII
RESULTADO DE LÍMITES DE ATTERBERG DE LA CANTERA 3 TOMAS CON ADICIÓN DEL SBR

Descripción	LL	LP	IP	Promedio IP
Cantera 3 tomas-2% SBR (3 veces)	26.87	20.39	6.48	8.29
	23.76	14.67	9.09	
	24.24	14.94	9.3	
Cantera 3 tomas-4% SBR (3 veces)	23.51	14.81	8.70	9.03
	23.76	14.67	9.09	
	24.24	14.94	9.30	
Cantera 3 tomas-6% SBR (3 veces)	29.24	16.87	12.38	12.75
	29.74	16.03	13.71	
	30.09	17.92	12.16	

La Tabla XXXIII muestra la progresión de los límites de Atterberg del material de la cantera Tres Tomas con la incorporación gradual del polímero SBR en porcentajes del 2 %, 4 % y 6 %. Los resultados evidencian una tendencia al incremento del Índice de Plasticidad (IP) a medida que aumenta la dosificación del polímero, pasando de valores de 6–9 % hasta un máximo de 12.75 % con el 6 % de SBR. Este comportamiento se debe a que el SBR, al interactuar con la fracción fina del material, incrementa la cohesión interna y la retención superficial de agua, generando una mezcla más estable pero ligeramente más plástica. A pesar del aumento del IP, el SBR reduce la susceptibilidad del material a la humedad libre y mejora su trabajabilidad, lo que se refleja en mejores valores de compactación y CBR. Por ello, el polímero actúa como un estabilizante que optimiza las características mecánicas del material para su uso como base granular en pavimentos flexibles.

TABLA XXXIV
RESULTADO DE LÍMITES DE ATTERBERG DE LA CANTERA PUNTO 5 CON
ADICIÓN DEL SBR

Descripción	LL	LP	IP	Promedio IP
Cantera Punto 5-2% SBR	45.3	31.77	13.53	
(3 veces)	30.49	17.8	12.69	12.67
	38.15	26.36	11.78	
Cantera Punto 5-4% SBR	26.14	11.42	14.71	
(3 veces)	27.27	13.22	14.05	14.38
	33.52	19.14	14.38	
Cantera Punto 5-6% SBR	32.07	16.35	15.72	
(3 veces)	39.64	24.21	15.43	15.63
	35.06	19.33	15.73	

La Tabla XXXIV presenta los resultados de los límites de Atterberg del material proveniente de la cantera Punto 5, con la incorporación gradual del polímero SBR en porcentajes del 2 %, 4 % y 6 %. A diferencia de lo observado en otras canteras, en este caso el Índice de Plasticidad (IP) no muestra una tendencia definida de disminución. Con una adición del 2 %, los valores de IP se mantienen estables, entre 11.78 % y 13.53 %. Al aumentar la dosificación al 4 %, se observa una ligera variación al alza, alcanzando valores promedio de 14.38 %. Finalmente, con el 6 % de SBR, los resultados son más fluctuantes, entre 15.43 % y 15.73 %, sin evidenciar una reducción progresiva. Este comportamiento indica que, para el material de la cantera Punto 5, el efecto del SBR como estabilizante es menos uniforme, posiblemente debido a su mayor contenido de finos plásticos o a una diversidad mineralógica que limita la interacción del polímero con las partículas de arcilla. En consecuencia, el impacto del SBR en la plasticidad de este suelo es más variable y depende en mayor medida de sus características iniciales.

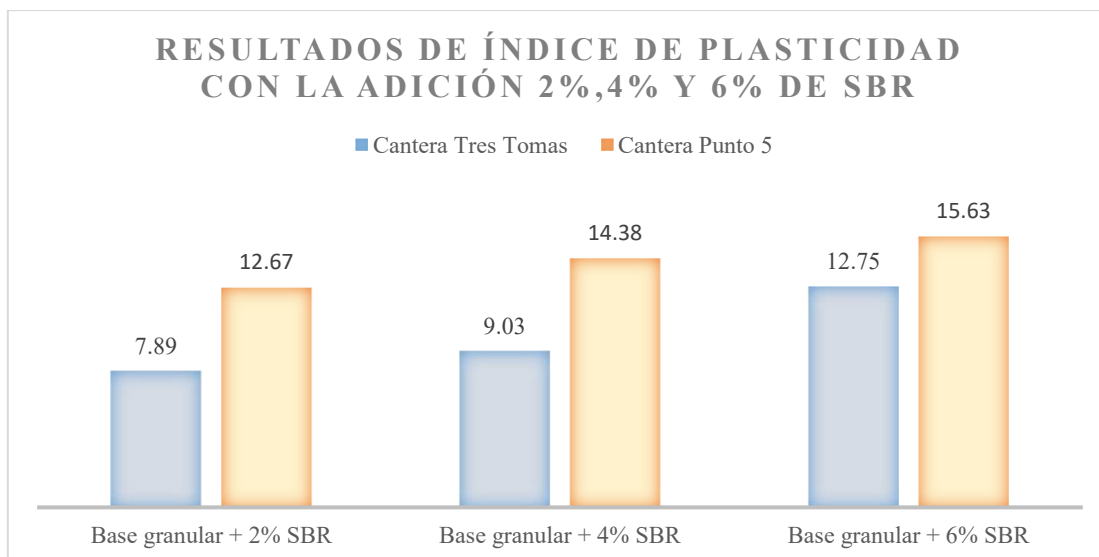


Figura 15. Resultados de IP con la adición de 2%, 4% y 6 % de SBR

El gráfico 15, grafica los resultados del índice de plasticidad en muestras de material granular que incluyen SBR en proporciones del 2%, 4% y 6%, analizando la Cantera Tres Tomas y Cantera Punto 5. En ambos casos, se nota una reducción del índice de plasticidad a medida que aumenta el porcentaje de SBR, siendo más pronunciada en la Cantera Tres Tomas. Por ejemplo, en esa cantera, el índice baja de 12.75 con 2% de SBR a 7.89 con 6%, lo que sugiere una mejora significativa en la manejabilidad del material. En contraste, en la Cantera Punto 5, aunque el índice de plasticidad también disminuye de 15.63 (2%) a 12.67 (6%), los valores permanezcan consistentemente más elevados que los de Tres Tomas. Este comportamiento indica que la incorporación de SBR contribuye a disminuir la plasticidad del material, siendo más efectiva en la Cantera Tres Tomas, lo cual podría estar relacionado con variaciones en la composición granulométrica o mineralógica del agregado. En conjunto, estos hallazgos demuestran que el SBR funciona como un modificador de la plasticidad, particularmente eficaz en materiales con menor cantidad inicial de finos o arcillas.

Caras fracturadas

A continuación, se muestran los hallazgos derivados del ensayo de caras fracturadas, llevado a cabo con el material de la cantera tres tomas y de la cantera Punto 5 con adición del polímero SBR:

TABLA XXXV
RESULTADO DE CARAS FRACTURADAS DE LA CANTERA 3 TOMAS CON
ADICIÓN DEL SBR

Descripción	% con una cara fracturada	Promedio	% con dos caras fracturadas	Promedio
Cantera 3 tomas	81.3%		45.9%	
2% SBR	81.9%	81.23%	43.8%	44.63%
(3 veces)	80.5%		44.2%	
Cantera 3 tomas 4%	82.9%		49.6%	
SBR	80.4%	84.83%	49.4%	48.63%
(3 veces)	91.2%		46.9%	
Cantera 3 tomas	81.9%		47.4%	
6% SBR	80.4%	81.33%	41.0%	44.93%
(3 veces)	81.7%		46.4%	

La Tabla XXXV muestra que, al añadir el polímero SBR en porcentajes del 2%, 4% y 6%, los porcentajes de partículas con una y dos caras fracturadas en el material de la cantera 3 Tomas se conservan bastante estables, presentando leves fluctuaciones. A pesar de que no se observa una tendencia evidente de mejora gradual, los valores se conservan dentro de los límites aceptables para su empleo como material granular en pavimentos, lo que señala que el SBR no influye de manera negativa en la angularidad del material.

TABLA XXXVI
RESULTADO DE CARAS FRACTURADAS DE LA CANTERA PUNTO 5 CON
ADICIÓN DEL SBR

Descripción	% con una cara fracturada	Promedio	% con dos caras fracturadas	Promedio
Cantera Punto 5-	55.2%		32.0%	
2% SBR	58.2%	57.2%	34.4%	33.3%
(3 veces)	58.2%		33.5%	
Cantera Punto 5-	58.8%		34.2%	
4% SBR	56.6%	58.73%	35.3%	34.27%
(3 veces)	60.8%		33.3%	
Cantera Punto 5-	56.2%		35.1%	
6% SBR	59.8%	57.97%	30.4%	34.43%
(3 veces)	57.9%		37.8%	

La Tabla XXXVI muestra los resultados de las superficies fracturadas del material de la cantera Punto 5 añadiendo SBR al 2%, 4% y 6% respectivamente. Los valores de partículas fracturadas de una y dos caras presentan fluctuaciones mínimas, sin mostrar un avance significativo con el incremento del porcentaje de polímero. Por lo general, los porcentajes permanecen por debajo de los registrados en la cantera 3 Tomas, lo que indica una angularidad inicial inferior del material y una influencia reducida del SBR en dicha propiedad.

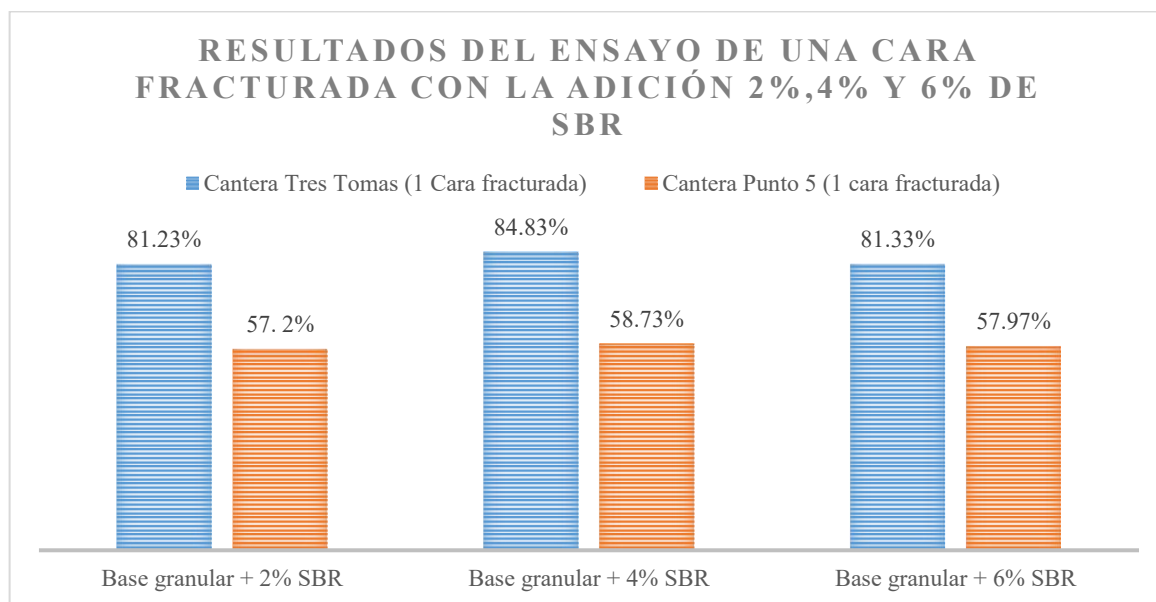


Figura 16. Resultados de una cara fracturada con la adición 2%, 4% y 6% de SBR

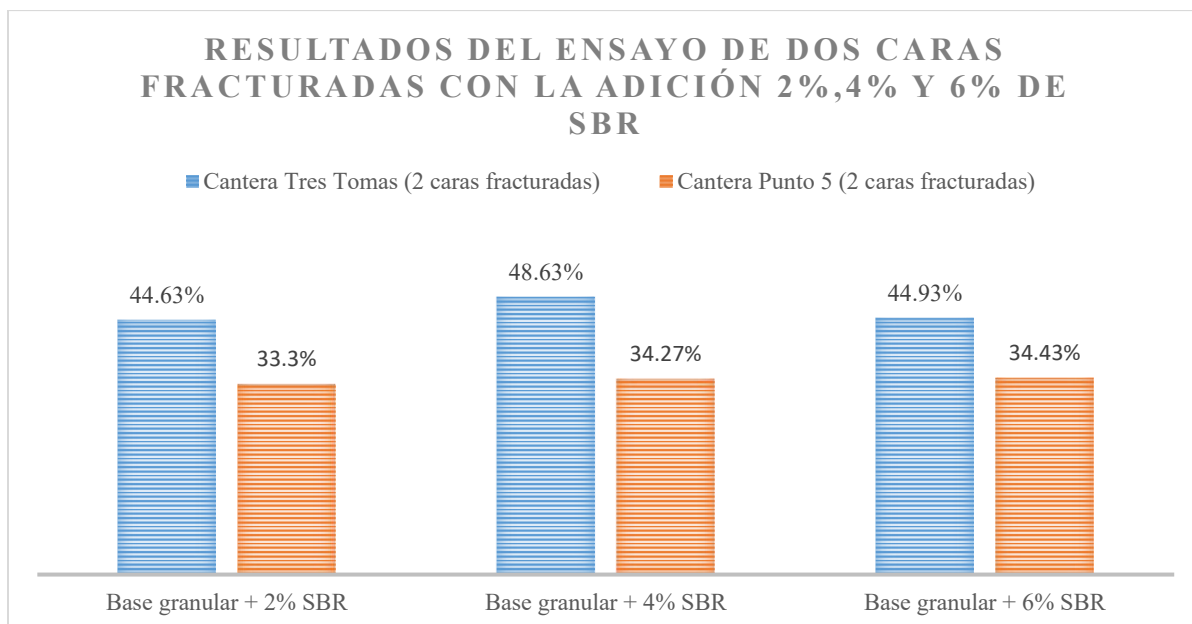


Figura 17. Resultados de dos caras fracturadas con la adición 2%, 4% y 6% de SBR

El gráfico 16 y 17 representan gráficamente los resultados de los ensayos de una cara y dos caras fracturadas respectivamente, se nota que la Cantera Tres Tomas tiene proporciones notablemente superiores de partículas con una cara fracturada en los tres niveles de adición del polímero, alcanzando un máximo de 84.83% al 4% y 44.93% al 6% de SBR. Por otro lado, la Cantera Punto 5 presenta cifras significativamente más bajas, con un máximo de solo 58.73% también con el 4% de SBR y 34.43% al 6%. En resumen, el ensayo revela que la incorporación de SBR no varía significativamente la calidad del agregado en relación con los datos obtenidos en la muestra patrón, debido a que el aditivo es un líquido.

Partículas chatas y alargadas

A continuación, se muestran los hallazgos derivados del ensayo de partículas chatas y alargadas, llevado a cabo con el material de la cantera tres tomas y de la cantera Punto 5 con adición del polímero SBR:

TABLA XXXVII
RESULTADO DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DE LA CANTERA 3
TOMAS CON ADICIÓN DEL SBR

Descripción	% total de chatas y alargadas	Promedio
Cantera 3 tomas-2% SBR (3 veces)	10.8%	9.95%
	9.4%	
	10.0%	
Cantera 3 tomas-4% SBR (3 veces)	9.5%	9.73%
	9.2%	
	10.5%	
Cantera 3 tomas-6% SBR (3 veces)	10.7%	9.66%
	9.4%	
	8.9%	

TABLA XXXVIII
RESULTADO DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DE LA CANTERA PUNTO
5 CON ADICIÓN DEL SBR

Descripción	% total de chatas y alargadas	Promedio
Cantera Punto 5-2% SBR (3 veces)	16.4%	17.1%
	17.3%	

	17.6%	
Cantera Punto 5-4% SBR (3 veces)	14.6%	
	17.1%	16.57%
	18.0%	
Cantera Punto 5-6% SBR (3 veces)	17.6%	
	16.9%	17.73%
	18.7%	

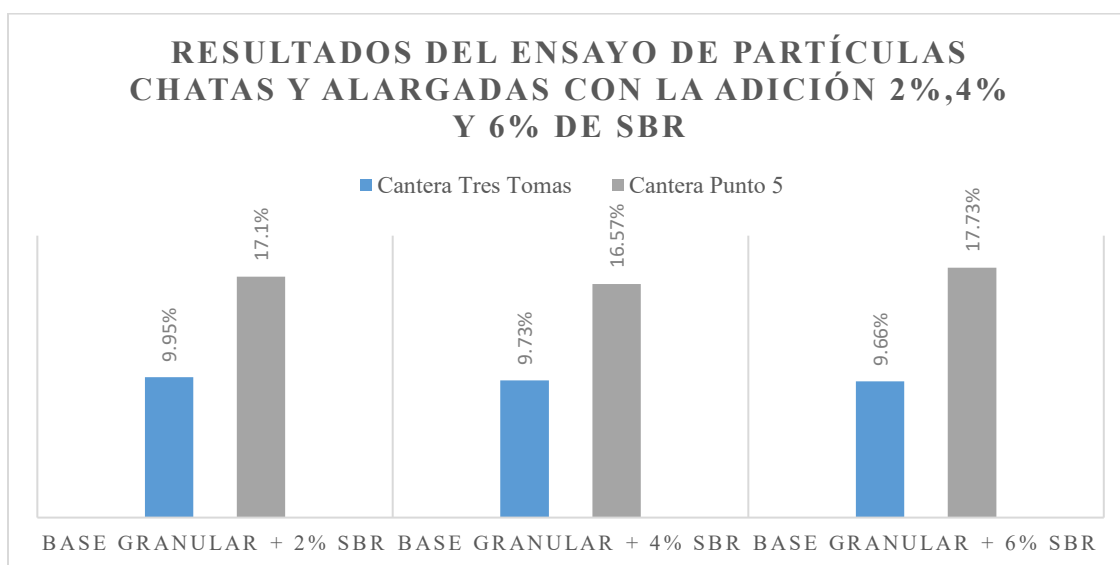


Figura 18. Resultados de partículas chatas y alargadas con la adición 2%, 4% y 6% de SBR

Las Tablas XXXVII y XXXVIII, junto al gráfico 18, presentan los porcentajes de partículas alargadas y chatas del material de la cantera 3 Tomas, tras la incorporación de SBR. Los porcentajes permanecen relativamente estables entre el 8.9 % y el 10.8 %, sin una tendencia evidente de incremento o reducción. Esto señala que la inclusión del polímero no tiene un impacto considerable en la forma de las partículas, permaneciendo dentro de los límites aceptables para su aplicación en capas granulares. Por otro lado, los resultados de la cantera Punto 5 con SBR oscilan entre el 14.6% y el 18.7%, mostrando un porcentaje superior de partículas no cúbicas en relación con la cantera 3 Tomas. Además, no se percibe una tendencia evidente de mejora con el incremento del polímero, lo que sugiere que el SBR no ejerce un impacto considerable en la forma de las partículas en esta situación.

Sales solubles

A continuación, se muestran los hallazgos derivados del ensayo de sales solubles, llevado a cabo con el material de la cantera tres tomas y de la cantera Punto 5 con adición del polímero SBR:

TABLA XXXIX
RESULTADO DE SALES SOLUBLES DE LA CANTERA 3 TOMAS CON ADICIÓN DEL SBR

Descripción	ppm	%	Promedio
Cantera 3 tomas - 2% SBR	1000	0.10	
(3 veces)	1000	0.09	0.093
	1000	0.09	
Cantera 3 tomas-4% SBR	1800	0.18	
(3 veces)	1800	0.17	0.173
	1800	0.17	
Cantera 3 tomas-6% SBR	1200	0.12	
(3 veces)	1200	0.14	0.13
	1200	0.13	

TABLA XL
RESULTADO DE SALES SOLUBLES DE LA CANTERA PUNTO 5 CON ADICIÓN DEL SBR

Descripción	ppm	%	Promedio
Cantera Punto 5 - 2% SBR	1200	0.12	
(3 veces)	1200	0.12	0.127
	1200	0.14	
Cantera Punto 5 - 4% SBR	1600	0.16	
(3 veces)	1600	0.17	0.167
	1600	0.17	
Cantera Punto 5 - 6% SBR	1000	0.10	
(3 veces)	1000	0.13	0.117
	1000	0.11	

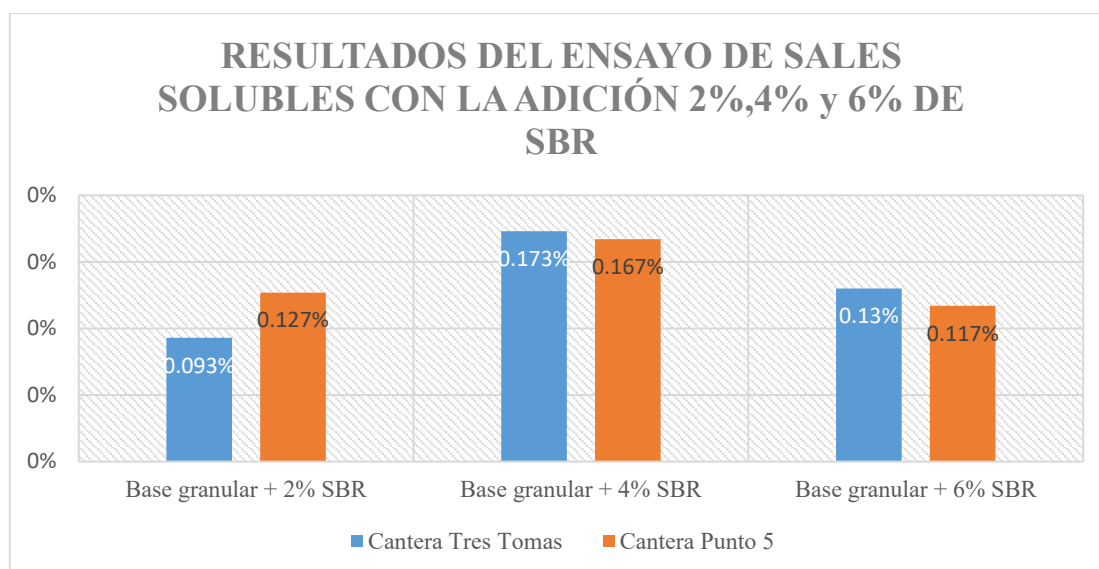


Figura 19. Resultados de sales solubles con la adición 2%, 4% y 6% de SBR

En las TABLAS XXXIX y XL junto con el gráfico 19, se aprecia la variación del contenido de sales solubles en el material de la cantera 3 Tomas con diferentes porcentajes de adición de SBR. Aunque con el 4 % se registra un incremento momentáneo en las concentraciones (hasta 0.18 %), los valores globales se mantienen por debajo del 0.2 %, límite generalmente aceptado para materiales en capas estructurales. Esto indica que la adición del polímero SBR no genera un impacto negativo en el contenido de sales del material evaluado. También presenta los resultados de sales solubles en el material de la cantera Punto 5 con adición progresiva de SBR. Los porcentajes varían entre el 0.10 % y el 0.17 %, presentando variaciones mínimas sin un patrón establecido. Como sucede en la cantera 3 Tomas, los niveles permanecen dentro de los límites aceptables, lo que señala que la inclusión del polímero no afecta la calidad del material en términos de contenido de sales.

Abrasión de los Ángeles

A continuación, se muestran los hallazgos derivados del ensayo de abrasión, llevado a cabo con el material de la cantera tres tomas y de la cantera Punto 5 con adición del SBR:

TABLA XLI
RESULTADO DE ABRASIÓN DE LA CANTERA 3 TOMAS CON ADICIÓN DEL SBR

Descripción	% de desgaste por abrasión	Promedio	% de uniformidad
Cantera 3 tomas - 2% SBR	21.8		0.8
(3 veces)	21.2	20.9%	0.9
	19.7		0.8
Cantera 3 tomas - 4% SBR	19.5		0.8
(3 veces)	22.1	20.63%	0.8
	20.3		0.7
Cantera 3 tomas - 6% SBR	22.2		0.8
(3 veces)	21	20.37%	0.9
	17.9		0.9

TABLA XLII
RESULTADO DE ABRASIÓN DE LA CANTERA PUNTO 5 CON ADICIÓN DEL SBR

Descripción	% de desgaste por abrasión	Promedio	% de uniformidad
Cantera Punto 5 - 2% SBR	40.4		0.6
(3 veces)	39.1	39.17%	0.6
	38.0		0.6
Cantera Punto 5-4% SBR	39.8		0.5
(3 veces)	38.2	38.6%	0.5
	37.8		0.6
Cantera Punto 5-6% SBR	36.7		0.6
(3 veces)	36.2	36.53%	0.6
	36.7		0.6

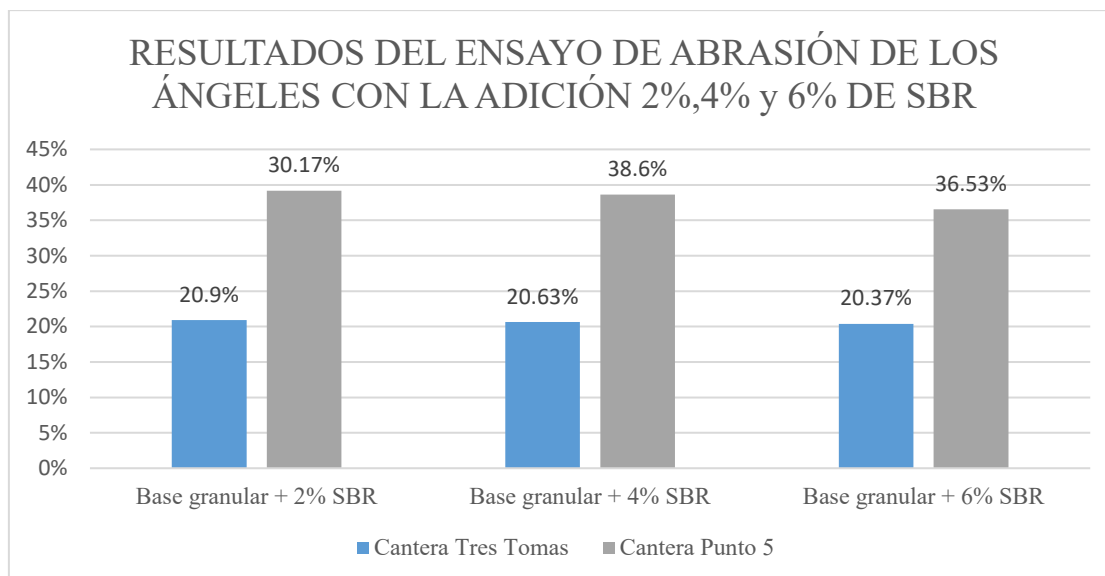


Figura 20 Resultados de Abrasión de los Ángeles con la adición 2%, 4% y 6% de SBR

La Tabla XLI y XLII con representación del gráfico 20, exhiben los hallazgos del ensayo de ruptura para el material utilizado en la cantera 3 Tomas, añadido SBR. Se nota un leve incremento en el desgaste con el 4 % de adición (promedios al 20.63 %), pero no es un incremento significativo respecto a la muestra patrón lo que indica que la adición del polímero no pone en riesgo la resistencia al desgaste. En todas las situaciones, la uniformidad se conserva constante, oscilando entre 0.6 y 0.9, sin fluctuaciones notables. Además, muestran las propiedades de la cantera Punto 5 con la incorporación de SBR. Se observa una reducción gradual en el desgaste por abrasión al incrementar el porcentaje de SBR, desde promedios cercanos al 39% con un 2% de adición, hasta alcanzar valores del 36.5 % con un 6%. Esto indica un leve incremento en la resistencia frente al desgaste. La uniformidad se conserva estable entre 0.5 y 0.6, lo que señala la estabilidad en la forma de las partículas a pesar de la alteración.

Equivalente de arena

A continuación, se muestran los hallazgos derivados del ensayo de equivalente de arena, llevado a cabo con el material de la cantera tres tomas y de la cantera Punto 5 con adición del SBR:

TABLA XLIII
RESULTADO DE EQUIVALENTE DE ARENA DE LA CANTERA 3 TOMAS CON
ADICIÓN DEL SBR

Descripción	% de equivalente de arena	Promedio
Cantera 3 tomas - 2% SBR (3 veces)	55%	55%
	55%	
	55%	
Cantera 3 tomas - 4% SBR (3 veces)	49%	50.33%
	51%	
	51%	
Cantera 3 tomas - 6% SBR (3 veces)	44%	45%
	46%	
	45%	

TABLA XLIV
RESULTADO DE EQUIVALENTE DE ARENA DE LA CANTERA PUNTO 5 CON
ADICIÓN DEL SBR

Descripción	% de equivalente de arena	Promedio
Cantera Punto 5 - 2% SBR (3 veces)	44%	44%
	46%	
	44%	
Cantera Punto 5 - 4% SBR (3 veces)	41%	39.33%
	38%	
	39%	
Cantera Punto 5 - 6% SBR (3 veces)	36%	35.67%
	35%	
	35%	

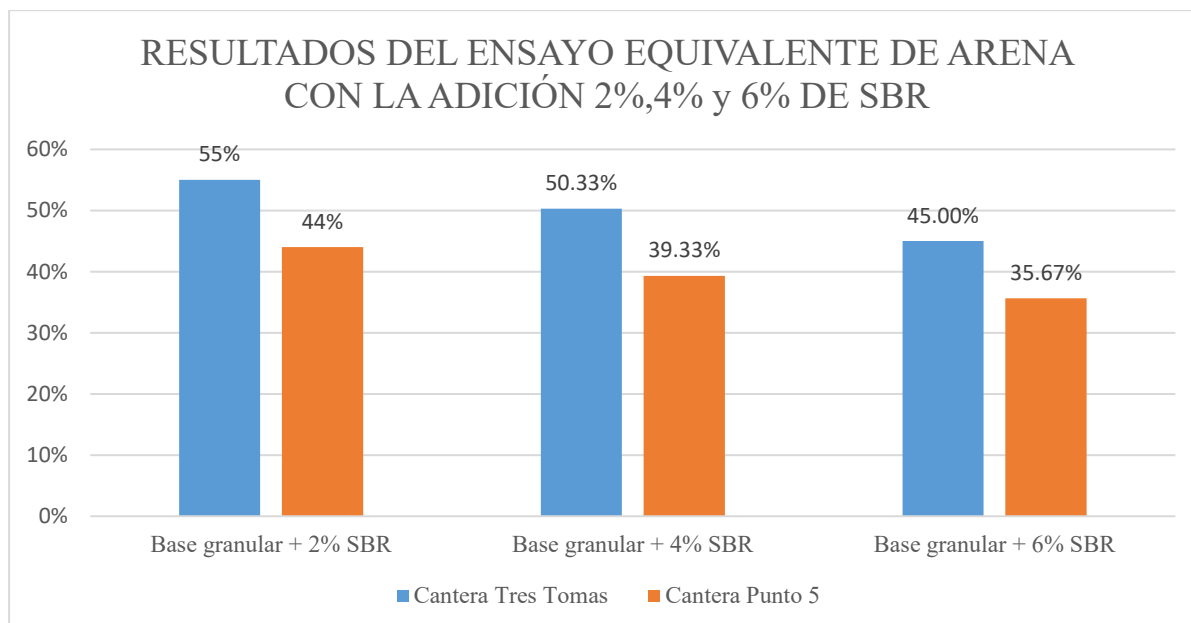


Figura 21. Resultados de Equivalente de Arena con la adición 2%, 4% y 6% de SBR

Las Tablas XLIII y XLIV, en compañía el gráfico 21, presentan los hallazgos sobre el equivalente de arena del material obtenido de la cantera 3 Tomas con la inclusión de SBR. Se nota una disminución en la medida que se incrementa la cantidad del polímero, comenzando desde un valor estable del 55 % con 2 % de SBR, hasta promedios del 45 % con 6 %. Esto indica que el aumento del aditivo podría estar disminuyendo la cantidad de partículas limpias y afectando la calidad de la porción fina, los datos sobre el equivalente de arena de la cantera Punto 5 con la suma de SBR reflejan un aumento notable al utilizar un 6 % de aditivo, logrando un promedio más alto (aproximadamente 48.6 %) en comparación con las dosis más bajas (44 % para 2 % de SBR y aproximadamente 39.3 % para 4 % de SBR). Esto sugiere que incrementar la cantidad de SBR puede ayudar a mejorar la limpieza relativa de las partículas finas en este material.

Proctor Modificado

A continuación, se muestran los hallazgos derivados del ensayo de Proctor modificado, llevado a cabo con el material de la cantera tres tomas y de la cantera Punto 5 con adición del polímero SBR:

TABLA XLV
RESULTADO DE PROCTOR DE LA CANTERA 3 TOMAS CON ADICIÓN DEL SBR

Descripción	Máxima Densidad		O.CH (%)	Promedio
	Seca (g/cm ³)	Promedio		
Cantera 3 tomas-2%	2.120		7.00	
SBR	2.145	2.135	6.50	6.77
(3 veces)	2.146		6.80	
Cantera 3 tomas-4%	2.142		6.80	
SBR	2.152	2.15	6.40	6.50
(3 veces)	2.160		6.20	
Cantera 3 tomas-6%	1.921		6.85	
SBR	1.926	1.92	7.10	6.97
(3 veces)	1.914		6.95	

TABLA XLVI
RESULTADO DE PROCTOR DE LA CANTERA PUNTO 5 CON ADICIÓN DEL SBR

Descripción	Máxima Densidad Seca (g/cm ³)		O.CH (%)	Promedio
	Densidad Seca	Promedio		
Cantera Punto 5 - 2%	2.163		7.80	
SBR	2.146	2.156	7.00	7.33
(3 veces)	2.165		7.20	
Cantera Punto 5 - 4%	2.092		7.40	
SBR	2.099	2.095	7.00	7.35
(3 veces)	2.095		7.70	
Cantera Punto 5 - 6%	2.105		7.55	
SBR	2.102	2.104	6.92	7.19
(3 veces)	2.105		7.10	

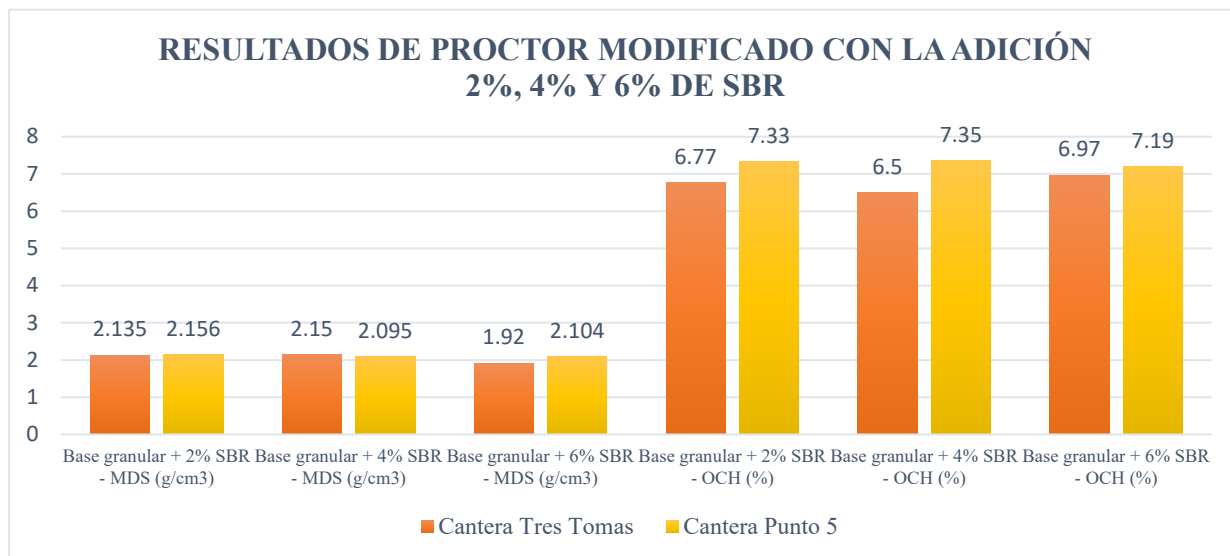


Figura 22. Resultados de Proctor Modificado con la adición 2%, 4% y 6% de SBR

En la Tabla XLV en conjunto con el gráfico 22, se observan que la densidad seca máxima de la cantera 3 Tomas se eleva con la incorporación de hasta un 4 % de SBR, logrando un promedio de aproximadamente 2.151 g/cm³, lo que indica una mejora en la compactación del material. Sin embargo, al utilizar un 6 % de SBR, la densidad baja a un promedio de aproximadamente 1.920 g/cm³, lo que podría sugerir un exceso en la adición del polímero que afecta de manera negativa la estructura del agregado. La humedad óptima se sitúa entre el 6.50 % y el 6.97 %, presentando pequeñas variaciones que no alteran de manera significativa el desempeño del suelo.

En la Tabla XLVI y el gráfico 22, se indica que la densidad seca máxima en la cantera Punto 5 alcanza su nivel más alto con un 2 % de SBR, logrando un promedio cercano a 2.156 g/cm³, lo que implica una buena compactación con esa cantidad. No obstante, al incrementar la cantidad de SBR al 4 % y al 6 %, hay una ligera caída en la densidad, con promedios de 2.095 g/cm³ y 2.104 g/cm³, respectivamente, lo que podría señalar una menor efectividad en el empaquetamiento de las partículas. En lo que respecta a la humedad óptima, los valores promedian 7.28%, evidenciando una ligera tendencia al alza con el aumento del SBR.

CBR

A continuación, se muestran los hallazgos derivados del ensayo de CBR, llevado a cabo con el material de la cantera tres tomas y de la cantera Punto 5 con adición del SBR

TABLA XLVII
RESULTADO DE CBR DE LA CANTERA 3 TOMAS CON ADICIÓN DEL SBR

Descripción	CBR AL 95%	Promedio	CBR AL 100%	Promedio
Cantera 3 tomas - 2% SBR	125%		125%	
(3 veces)	125%	126.67%	126%	126.33%
	128%		128%	
Cantera 3 tomas - 4% SBR	131%		139%	
(3 veces)	134%	133%	141%	140.33%
	135%		141%	
Cantera 3 tomas - 6% SBR	124%		131%	
(3 veces)	124%	124.67%	132%	132.67%
	125%		135%	

En la Tabla XLVII se muestra que el CBR al 95 % de la máxima densidad seca para la cantera 3 Tomas presenta una tendencia creciente a medida que se incrementa el porcentaje de adición del polímero SBR, alcanzando su promedio más alto con un 4 % de adición, con valores que fluctúan entre 131 % y 135 %. De manera similar, el CBR al 100 % también evidencia un aumento, llegando hasta 141 %. Esta elevación indica que la inclusión del 4 % de SBR mejora significativamente la capacidad de carga del suelo tratado. Sin embargo, con una adición del 6 % de SBR, se nota una leve disminución en comparación con el 4 %, lo cual sugiere que porcentajes más altos podrían no ofrecer mejoras adicionales importantes e incluso podrían perjudicar la estructura del material.

TABLA XLVIII
RESULTADO DE CBR DE LA CANTERA PUNTO 5 CON ADICIÓN DEL SBR

Descripción	CBR AL 95%	Promedio	CBR AL 100%	Promedio
Cantera Punto 5 - 2% SBR	100%		107%	
(3 veces)	101%	99%	108%	108.67%
	97%		112%	
Cantera Punto 5 - 4% SBR	123%		133%	
(3 veces)	125%	124.67%	134%	134.33%
	126%		136%	
Cantera Punto 5 - 6% SBR	117%		121%	
(3 veces)	119%	118.67%	123%	122.66%
	120%		124%	

La Tabla XLVIII presenta los hallazgos del CBR al 95 % y 100 % de la máxima densidad seca para la cantera Punto 5 con diversas proporciones de adición del polímero SBR. Se puede notar que con un 2 % de incorporación, los valores del CBR al 95 % oscilan entre 96 % y 101 %, mientras que al 100 % se sitúan entre 107 % y 111 %, lo que refleja una mejora moderada en relación con su estado natural. Al aumentar la adición al 4 %, los valores del CBR muestran un crecimiento notable, alcanzando picos de 126 % y 136 %, evidenciando una mejora significativa en la capacidad de carga del suelo. Por otro lado, al introducir un 6 % de SBR, los valores tienden a descender ligeramente en comparación con el 4 %, lo que indica que esta cantidad podría estar sobrepasando el límite óptimo de mejora, causando una disminución en la efectividad del tratamiento.

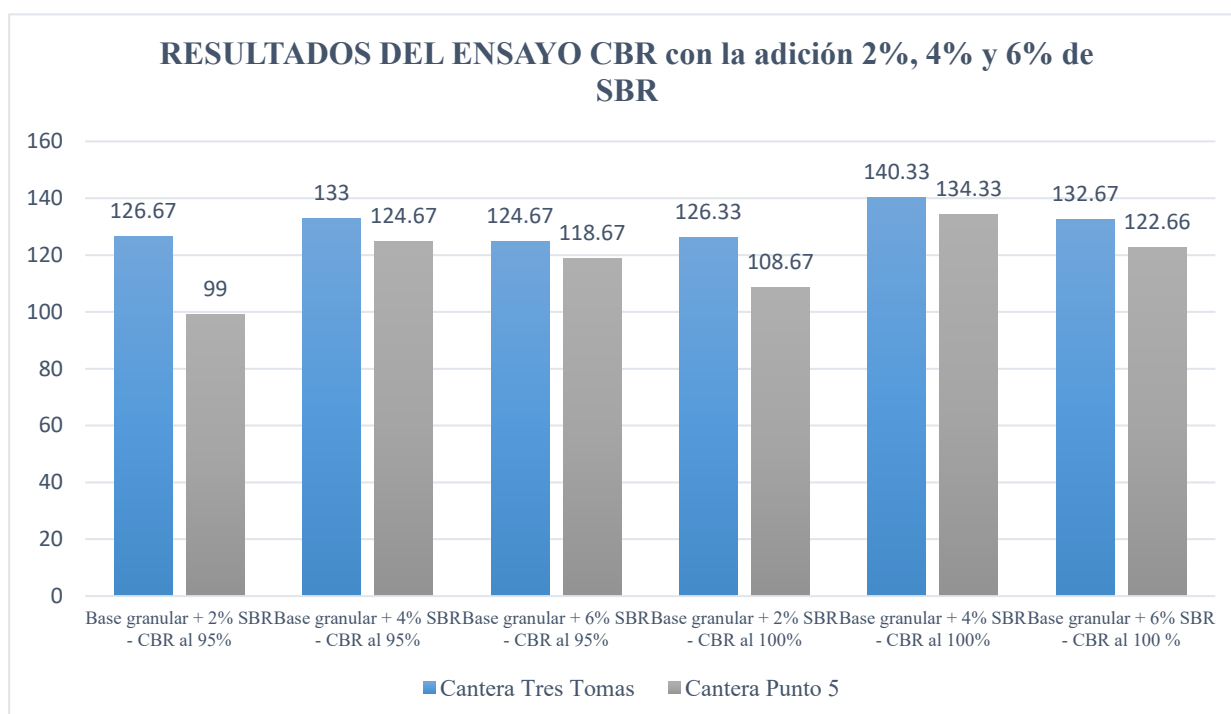


Figura 23. Resultados de CBR con la adición 2%, 4% y 6% de SBR

PRUEBA DE NORMALIDAD DE CBR DE LA CANTERA TRES TOMAS

1. Planteamiento de hipótesis

H_0 : Los datos de CBR tiene distribución normal

H_1 : Los datos de CBR no tienen distribución normal

2. Nivel de significancia

Confianza: 95%

Significancia (alfa) = 5%

3. Prueba estadística

TABLA XLIX
PRUEBAS DE NORMALIDAD DE CBR AL 95% DE CANTERA TRES TOMAS

Tratamiento		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CBR 95%	T1: 2%SBR+SUELO	,253	3	.	,964	3	,637
	T2: 4%SBR+SUELO	,292	3	.	,923	3	,463
	T3: 6%SBR+SUELO	,385	3	.	,750	3	,000

Fuente: El Autor

4. Criterio de decisión

Si $p < 0.05$ rechazamos H_0 y aceptamos H_1

Si $p > 0.05$ aceptamos H_0 y rechazamos H_1

5. La Decisión

T1 y T2 se tiene que $p > 0.05$ por lo tanto se acepta H_1 , y en T3 se tiene $p < 0.05$ por lo tanto se acepta el H_0 , por lo tanto, EN EL GLOBAL DADO QUE LA MUESTRA ES MENOR A 30, corresponde aplicar SHAPIRO-WILK porque $N=3$

1. Prueba de hipótesis

H_0 : No existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos mediante la incorporación de SBR para mejorar las propiedades mecánicas aplicando SBR de la cantera Tres Tomas.

H_a : Existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos mediante la incorporación de SBR para mejorar las propiedades mecánicas aplicando SBR de la cantera Tres Tomas.

Corresponde aplicar el Método Kruskal Wallis ya que busca medir la diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

2. Nivel de significancia

CONFIANZA: 95%

SIGNIFICANCIA (alfa) = 5%

3. Prueba estadística

TABLA L
RESUMEN DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS DE CBR AL 95% DE CANTERA
TRES TOMAS

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de CBR 95% es la misma entre categorías de Tratamiento A1.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,031	Rechace la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,050.				

Fuente: El Autor

H₀: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$

La media de los CBR es la misma en los 3 tratamientos.

H₁: $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$

La media de los CBR es diferente en los 3 tratamientos.

4. Criterio de decisión

Si $p < 0.05$ rechazamos H_0 y aceptamos H_1

Si $p > 0.05$ aceptamos H_0 y rechazamos H_1

5. La Decisión

T1, T2, T3 se tiene que $p = 0.031 < 0.05$ por lo tanto se rechaza la Hipótesis nula H_0 y aceptamos H_1 pues los valores son diferentes, es decir el uso del insumo SBR si logra valores de mejora que son distintos al patrón en sus propiedades mecánicas del indicador CBR.

PRUEBA DE NORMALIDAD DE CBR DE LA CANTERA PUNTO 5

1. Planteamiento de hipótesis

H_0 = Los datos de CBR tiene distribución normal

H_1 : Los datos de CBR no tienen distribución normal

2. Nivel de significancia

Confianza: 95%

Significancia (alfa) = 5%

3. Prueba estadística

TABLA LI
PRUEBAS DE NORMALIDAD DE CBR AL 95% DE CANTERA PUNTO 5

Tratamiento		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CBR 95%	T1: 2%SBR+SUELO	,193	3	.	,964	3	,537
	T2: 4%SBR+SUELO	,192	3	.	,923	3	,253
	T3: 6%SBR+SUELO	,295	3	.	,750	3	,000

Fuente: El Autor

4. Criterio de decisión

Si $p < 0.05$ rechazamos H_0 y aceptamos H_1

Si $p > 0.05$ aceptamos H_0 y rechazamos H_1

5. La Decisión

T1 y T2 se tiene que $p > 0.05$ por lo tanto se acepta H_1 , y en T3 se tiene $p < 0.05$ por lo tanto se acepta el H_0 , por lo tanto, EN EL GLOBAL DADO QUE LA MUESTRA ES MENOR A 30, corresponde aplicar SHAPIRO-WILK porque $N=3$

1. Prueba de hipótesis

H_0 : No existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos mediante la incorporación de SBR para mejorar las propiedades mecánicas aplicando SBR de la cantera Punto 5.

H_a : Existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos mediante la incorporación de SBR para mejorar las propiedades mecánicas aplicando SBR de la cantera Punto 5.

Corresponde aplicar el Método Kruskal Wallis ya que busca medir la diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

2. Nivel de significancia

Confianza: 95%

Significancia (alfa) = 5%

3. Prueba estadística

TABLA LII

RESUMEN DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS DE CBR AL 95% DE CANTERA PUNTO 5

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de CBR 95% es la misma entre categorías de Tratamiento A1.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,027	Rechaza la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,050.				

Fuente: El Autor

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$
 H1: $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$

La media de los CBR es la misma en los 3 tratamientos.
 La media de los CBR es diferente en los 3 tratamientos.

4. Criterio de decisión

Si $p < 0.05$ rechazamos Ho y aceptamos H1

Si $p > 0.05$ aceptamos Ho y rechazamos H1

5. La Decisión

T1, T2, T3 se tiene que $p = 0.027 < 0.05$ por lo tanto se rechaza la Hipótesis nula Ho y aceptamos H1 pues los valores son diferentes, es decir el uso del insumo SBR si logra valores de mejora que son distintos al patrón en sus propiedades mecánicas del indicador CBR.

Penetrómetro Dinámico de Cono

A continuación, se muestran los hallazgos derivados del ensayo de DCP, llevado a cabo con el material de la cantera tres tomas y de la cantera Punto 5 con el porcentaje óptimo del SBR el cual es el 4%:

Cantera Punto 5

TABLA LIII

RESULTADO DE DCP DE LA CANTERA PUNTO 5 CON ADICIÓN DEL 4% DE SBR – PRIMER PUNTO

Número de golpes acumulado	Número de golpes	% golpes	Penetración acumulada (mm)	Penetración por lectura (mm)	Índice PDC (mm/golpe)	CBR ⁽¹⁾ (%)
0	0	0.0	0			
26	26	25.7	100	100	3.8	64.59
61	35	60.4	200	100	2.9	90.10
101	40	100.0	300	100	2.5	104.64

En la Tabla LIII se muestra la relación entre el ensayo CBR y el penetrómetro dinámico de cono (DCP) con el 4% de SBR, donde muestra que conforme aumenta el número de golpes recopilados se aumenta la penetración, reduciéndose el índice PDC. Esto indica que el suelo exhibe una mayor resistencia a la penetración, lo que se traduce en valores más elevados de CBR. En la tabla se puede observar que, con 26 golpes, el CBR fue del 64.59%, mientras que, con 101 golpes, el CBR aumentó al 104.64%. Esto evidencia una relación directa entre la resistencia al impacto y la capacidad de soporte del material granular.

TABLA LIV

RESULTADO DE DCP DE LA CANTERA PUNTO 5 CON ADICIÓN DEL 4% DE SBR –
SEGUNDO PUNTO

Número de golpes acumulado	Número de golpes	% golpes	Penetración acumulada (mm)	Penetración por lectura (mm)	Índice PDC (mm/golpe)	CBR ⁽¹⁾ (%)
0	0	0.0	0			
27	27	27.6	100	100	3.7	67.38
60	33	61.2	200	100	3.0	84.36
98	38	100.0	300	100	2.6	98.80

En la Tabla LIV se muestra el segundo punto donde la correlación entre el DCP y el CBR indica que un mayor número de golpes acumulados se traduce en una mayor resistencia del material a la penetración, lo que incrementa su capacidad de soporte. Con 27 golpes, el CBR alcanza 67.38%, mientras que con 98 golpes se eleva a un 98.80%, lo que indica un incremento progresivo en la resistencia. La reducción del índice PDC de 3.7 a 2.6 mm/golpe indica una mayor densificación del suelo, lo cual se traduce en una mejora de las propiedades mecánicas para su aplicación en bases granulares de pavimentos.

TABLA LV

RESULTADO DE DCP DE LA CANTERA PUNTO 5 CON ADICIÓN DEL 4% DE SBR –
TERCER PUNTO

Número de golpes acumulado	Número de golpes	% golpes	Penetración acumulada (mm)	Penetración por lectura (mm)	Índice PDC (mm/golpe)	CBR ⁽¹⁾ (%)
0	0	0.0	0			
26	26	26.5	100	100	3.8	64.59
59	33	60.2	200	100	3.0	84.36
98	39	100.0	300	100	2.6	101.71

En la Tabla LV se evidencia que la resistencia del suelo se incrementa a medida que aumenta el número de golpes, lo cual se traduce en un mayor valor de CBR. Con un total de 26 golpes se alcanzó un porcentaje del 64.59%, mientras que, al llegar a 98 golpes, el valor incrementa a

101.71%, evidenciando un comportamiento de consolidación progresiva. La disminución del índice PDC de 3.8 a 2.6 mm/golpe demuestra que el material presenta una menor penetrabilidad y una mayor densidad, lo cual sugiere una capacidad de soporte superior para su uso en bases granulares.

Cantera Tres Tomas

TABLA LVI

RESULTADO DE DCP DE LA CANTERA TRES TOMAS CON ADICIÓN DEL 4% DE SBR – PRIMER PUNTO

Número de golpes acumulado	Número de golpes	% golpes	Penetración acumulada (mm)	Penetración por lectura (mm)	Índice PDC (mm/golpe)	CBR ⁽¹⁾ (%)
0	0	0.0	0			
33	33	28.0	100	100	3.0	84.36
73	40	61.9	200	100	2.5	104.64
118	45	100.0	300	100	2.2	119.39

En la Tabla LVI se muestra el primer punto con el material de la cantera Tres Tomas con una adición del 4%, se observa una mejora significativa en la capacidad de soporte del suelo. Con 33 golpes, el CBR alcanza un 84.36%, mientras que al llegar a 118 golpes se obtiene un valor máximo de 119.39%, superando significativamente los requisitos establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones para las bases granulares. El índice PDC presenta una disminución progresiva de 3 a 2.2 mm/golpe, lo cual indica la existencia de un suelo más denso y resistente. Esto confirma la efectividad del tratamiento aplicado para optimizar el desempeño mecánico del material.

TABLA LVII

RESULTADO DE DCP DE LA CANTERA TRES TOMAS CON ADICIÓN DEL 4% DE SBR – SEGUNDO PUNTO

Número de golpes acumulado	Número de golpes	% golpes	Penetración acumulada (mm)	Penetración por lectura (mm)	Índice PDC (mm/golpe)	CBR ⁽¹⁾ (%)
0	0	0.0	0			
35	35	28.0	100	100	2.9	90.10
77	42	61.6	200	100	2.4	110.52
125	48	100.0	300	100	2.1	128.34

En la Tabla LVII se muestra el segundo punto donde se utilizó el material de la cantera Tres Tomas con una adición del 4%, se evidencia un incremento progresivo en la resistencia del suelo. Con un total de 35 golpes, el CBR alcanzó un 90.10%, incrementándose a un 128.34% al llegar a 125 golpes, lo que indica una capacidad portante notable. El índice PDC disminuye de 2.9 a 2.1 mm/golpe, lo que indica una menor penetrabilidad y una mayor compactación del

material. Los resultados obtenidos confirman que el tratamiento aplicado mejora de manera significativa las propiedades físico-mecánicas de la base granular.

TABLA LVIII

RESULTADO DE DCP DE LA CANTERA TRES TOMAS CON ADICIÓN DEL 4% DE SBR – TERCER PUNTO

Número de golpes acumulado	Número de golpes	% golpes	Penetración acumulada (mm)	Penetración por lectura (mm)	Índice PDC (mm/golpe)	CBR ⁽¹⁾ (%)
0	0	0.0	0			
34	34	27.0	100	100	2.9	87.22
77	43	61.1	200	100	2.3	113.47
126	49	100.0	300	100	2.0	131.34

En la Tabla LIV se observa un comportamiento altamente favorable en la resistencia del suelo. Se alcanzó un CBR de 87.22% con 34 golpes, el cual se incrementó a 131.34% con 126 golpes, superando significativamente los valores establecidos por la normativa. El índice PDC ha disminuido de 2.9 a 2.0 mm/golpe, lo que indica una mayor densificación y una menor penetrabilidad del material. Los resultados obtenidos evidencian la eficacia del tratamiento implementado para optimizar las propiedades físicas y mecánicas de la base granular.

Viabilidad económica

En cuanto a la viabilidad económica, se realizó una comparativa entre la adición del Cemento Portland Tipo I el cual es un método convencional con el polímero SBR el cual trata esta investigación. Para ello se elaboró un análisis de precios unitarios, así como también el presupuesto de estos, en cuanto al primer aditivo se obtuvo el siguiente análisis:

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA BASE GRANULAR CON LA ADICIÓN DE 7.5% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I PARA PAVIMENTO FLEXIBLE
 SUBPRESUPUESTO: ESTRUCTURAS
 CLIENTE: Diego Alejandro Calle García
 UBICACION: Chiclayo 1500 - JLO - Chiclayo - Lambayeque
 FECHA BASE: 29-09-2025 MONEDA: SOLES

1.1 LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO						
Rendimiento: 80.0000 M2/DIA		Unidad: M2			Costo Unitario: 2.51 x [M2]	
Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial	
OPERARIO	HH	0.10	0.0100	29.99	0.30	
PEON	HH	1.00	0.1000	21.36	2.14	
					Mano de obra: 2.44	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	2.44	0.07	
					Equipos: 0.07	

1.2 TRAZO Y REPLANTEO PARA UN TRAMO 1X1m						
Rendimiento: 1,250.0000 M2/DIA		Unidad: M2			Costo Unitario: 0.80 x [M2]	
Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial	
OPERARIO	HH	0.10	0.0006	29.99	0.02	
PEON	HH	1.00	0.0064	21.36	0.14	
					Mano de obra: 0.16	
CLAVOS PARA MADERA C/C 1/2"	KG		0.0050	6.10	0.03	
YESO BOLSA 25 KG	BLS		0.0250	15.00	0.38	
CORDEL	Kg		0.1600	0.42	0.07	
					Materiales: 0.48	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.16	0.00	
NIVEL TOPOGRAFICO	HM	1.00	0.0064	10.15	0.06	
ESTACION TOTAL	HM	1.00	0.0064	15.50	0.10	
					Equipos: 0.16	

2.1 EXCAVACIÓN MANUAL DE BASE GRANULAR PARA TRAMO 1X1m						
Rendimiento: 30.0000 M2/DIA		Unidad: M2			Costo Unitario: 6.70 x [M2]	
Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial	
OPERARIO	HH	0.10	0.0267	29.99	0.80	
PEON	HH	1.00	0.2667	21.36	5.70	
					Mano de obra: 6.50	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	6.50	0.20	
					Equipos: 0.20	

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA BASE GRANULAR CON LA ADICIÓN DE 7.5% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I PARA PAVIMENTO FLEXIBLE
SUBPRESUPUESTO: ESTRUCTURAS
CLIENTE: Diego Alejandro Calle García
UBICACION: Chiclayo 1500 - JLO - Chiclayo - Lambayeque
FECHA BASE: 29-09-2025 **MONEDA:** SOLES

2.2 PERFILADO Y COMPACTADO MANUAL DE SUB-BASE PARA TRAMO 1X1m						
Rendimiento: 200.0000 M2/DIA		Unidad: M2		Costo Unitario: 3.61 x [M2]		
Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial	
OPERARIO	HH	0.10	0.0040	29.99	0.12	
PEON	HH	1.00	0.0400	21.36	0.85	
					Mano de obra: 0.97	
AGUA PARA LA OBRA	M3		0.1200	15.13	1.82	
					Materiales: 1.82	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.97	0.03	
PLANCHA COMPACTADORA 5.8 HP	HM	1.00	0.0400	19.70	0.79	
					Equipos: 0.82	

2.3 ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE A MANO						
Rendimiento: 6.0000 M3/DIA		Unidad: M3		Costo Unitario: 29.33 x [M3]		
Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial	
PEON	HH	1.00	1.3333	21.36	28.48	
					Mano de obra: 28.48	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	28.48	0.85	
					Equipos: 0.85	

3.1 BATIDO MANUAL DE BASE GRANULAR CON LA ADICIÓN DE CEMENTO PORTLAND TIPO I (7.5%)						
Rendimiento: 100.0000 M3/DIA		Unidad: M3		Costo Unitario: 88.03 x [M3]		
Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial	
PEON	HH	1.00	0.0800	21.36	1.71	
					Mano de obra: 1.71	
MATERIAL GRANULAR	M3		0.3800	45.00	17.10	
AGUA PARA LA OBRA	M3		0.1500	15.13	2.27	
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BLS		2.8400	25.34	66.90	
					Materiales: 86.27	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.71	0.05	
					Equipos: 0.05	

3.2 RESPOSICIÓN MANUAL DE BASE GRANULAR CON LA ADICIÓN DE CEMENTO PORTLAND TIPO I (7.5%)						
Rendimiento: 100.0000 M3/DIA		Unidad: M3		Costo Unitario: 5.81 x [M3]		
Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial	
OPERARIO	HH	1.00	0.0800	29.99	2.40	
PEON	HH	1.00	0.0800	21.36	1.71	
					Mano de obra: 4.11	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	4.11	0.12	
PLANCHA COMPACTADORA 5.8 HP	HM	1.00	0.0800	19.70	1.58	
					Equipos: 1.70	

Ilustración 60: APU de Mejoramiento de Bases Granulares con cemento Portland Tipo I

PRESUPUESTO

PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA BASE GRANULAR CON LA ADICIÓN DE 7.5% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I PARA PAVIMENTO FLEXIBLE
 SUBPRESUPUESTO: ESTRUCTURAS
 CLIENTE: Diego Alejandro Calle García
 UBICACION: Chiclayo 1500 - JLO - Chiclayo - Lambayeque
 FECHA BASE: 29-09-2025 MONEDA: SOLES

ITEM	PARTIDA	UNIDAD	METRADO	CU	PARCIAL
1	OBRAS PRELIMINARES				3.31
1.1	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO	M2	1.00	2.51	2.51
1.2	TRAZO Y REPLANTEO PARA UN TRAMO 1X1m	M2	1.00	0.80	0.80
2	MOVIMIENTO DE TIERRA				21.46
2.1	EXCAVACIÓN MANUAL DE BASE GRANULAR PARA TRAMO 1X1m	M2	1.00	6.70	6.70
2.2	PERFILADO Y COMPACTADO MANUAL DE SUB-BASE PARA TRAMO 1X1m	M2	1.00	3.61	3.61
2.3	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE A MANO	M3	0.38	29.33	11.15
3	MEJORAMIENTO DE CAPA BASE GRANULAR (CBR>80%)				35.66
3.1	BATIDO MANUAL DE BASE GRANULAR CON LA ADICIÓN DE CEMENTO PORTLAND TIPO I (7.5%)	M3	0.38	88.03	33.45
3.2	RESPOSICIÓN MANUAL DE BASE GRANULAR CON LA ADICIÓN DE CEMENTO PORTLAND TIPO I (7.5%)	M3	0.38	5.81	2.21
COSTO DIRECTO					60.43
<i>IGV (18%)</i>					<i>10.88</i>
Costo total					S/. 71.31

Ilustración 61: Presupuesto de Mejoramiento de Bases Granulares con cemento Portland Tipo I

El presupuesto estimado para la estabilización de bases granulares utilizando como aditivo al Cemento Portland Tipo I, asciende a un costo de S/. 71.31 por m³.

Por otra parte, el análisis económico adicionando polímero SBR fue el siguiente:

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

PROYECTO: **MEJORAMIENTO DE LA BASE GRANULAR (TRES TOMAS) CON LA ADICIÓN DE 4% DE POLÍMERO SBR PARA PAVIMENTO FLEXIBLE**
 SUBPRESUPUESTO: **ESTRUCTURAS**
 CLIENTE: **Diego Alejandro Calle García**
 UBICACION: **Chiclayo 1500 - JLO - Chiclayo - Lambayeque**
 FECHA BASE: **28-09-2025** MONEDA: **SOLES**

1.1 LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO						
Rendimiento: 80.0000 M2/DIA		Unidad: M2		Costo Unitario: 2.51 x [M2]		
Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial	
OPERARIO	HH	0.10	0.0100	29.99	0.30	
PEON	HH	1.00	0.1000	21.36	2.14	
					Mano de obra: 2.44	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	2.44	0.07	
					Equipos: 0.07	

1.2 TRAZO Y REPLANTEO PARA UN TRAMO 1X1m						
Rendimiento: 1,250.0000 M/DIA		Unidad: M		Costo Unitario: 0.80 x [M]		
Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial	
OPERARIO	HH	0.10	0.0006	29.99	0.02	
PEON	HH	1.00	0.0064	21.36	0.14	
					Mano de obra: 0.16	
CLAVOS PARA MADERA C/C 1/2"	KG		0.0050	6.10	0.03	
YESO BOLSA 25 KG	BLS		0.0250	15.00	0.38	
CORDEL	Kg		0.1600	0.42	0.07	
					Materiales: 0.48	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.16	0.00	
NIVEL TOPOGRAFICO	HM	1.00	0.0064	10.15	0.06	
ESTACION TOTAL	HM	1.00	0.0064	15.50	0.10	
					Equipos: 0.16	

2.1 EXCAVACIÓN MANUAL DE BASE GRANULAR PARA TRAMO 1X1m						
Rendimiento: 30.0000 M2/DIA		Unidad: M2		Costo Unitario: 6.70 x [M2]		
Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial	
OPERARIO	HH	0.10	0.0267	29.99	0.80	
PEON	HH	1.00	0.2667	21.36	5.70	
					Mano de obra: 6.50	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	6.50	0.20	
					Equipos: 0.20	

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA BASE GRANULAR (TRES TOMAS) CON LA ADICIÓN DE 4% DE POLÍMERO SBR PARA PAVIMENTO FLEXIBLE
 SUBPRESUPUESTO: ESTRUCTURAS
 CLIENTE: Diego Alejandro Calle Garcia
 UBICACION: Chiclayo 1500 - JLO - Chiclayo - Lambayeque
 FECHA BASE: 28-09-2025 MONEDA: SOLES

2.2 PERFILADO Y COMPACTADO MANUAL DE SUB-BASE PARA TRAMO 1X1m						
Rendimiento: 200.0000 M2/DIA		Unidad: M2		Costo Unitario: 3.61 x [M2]		
Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial	
OPERARIO	HH	0.10	0.0040	29.99	0.12	
PEON	HH	1.00	0.0400	21.36	0.85	
					Mano de obra: 0.97	
AGUA PARA LA OBRA	M3		0.1200	15.13	1.82	
					Materiales: 1.82	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.97	0.03	
PLANCHA COMPACTADORA 5.8 HP	HM	1.00	0.0400	19.70	0.79	
					Equipos: 0.82	

2.3 ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE A MANO						
Rendimiento: 6.0000 M3/DIA		Unidad: M3		Costo Unitario: 29.33 x [M3]		
Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial	
PEON	HH	1.00	1.3333	21.36	28.48	
					Mano de obra: 28.48	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	28.48	0.85	
					Equipos: 0.85	

3.1 BATIDO MANUAL DE BASE GRANULAR CON LA ADICIÓN DEL POLÍMERO SBR (4%)						
Rendimiento: 150.0000 M3/DIA		Unidad: M3		Costo Unitario: 62.23 x [M3]		
Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial	
PEON	HH	2.00	0.1067	21.36	2.28	
					Mano de obra: 2.28	
MATERIAL GRANULAR	M3		0.3800	45.00	17.10	
ADITIVO SBR A 4%	L		3.9000	10.59	41.30	
AGUA PARA LA OBRA	M3		0.0975	15.13	1.48	
					Materiales: 59.88	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	2.28	0.07	
					Equipos: 0.07	

3.2 RESPOSICIÓN MANUAL DE BASE GRANULAR CON LA ADICIÓN DEL POLÍMERO SBR (4%)						
Rendimiento: 100.0000 M3/DIA		Unidad: M3		Costo Unitario: 5.81 x [M3]		
Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial	
OPERARIO	HH	1.00	0.0800	29.99	2.40	
PEON	HH	1.00	0.0800	21.36	1.71	
					Mano de obra: 4.11	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	4.11	0.12	
PLANCHA COMPACTADORA 5.8 HP	HM	1.00	0.0800	19.70	1.58	
					Equipos: 1.70	

Ilustración 62: APU de mejoramiento de base granular (Tres Tomas) con la adición del polímero SBR al 4%

PRESUPUESTO

PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA BASE GRANULAR CON LA ADICIÓN DE 4% DE POLÍMERO SBR PARA PAVIMENTO FLEXIBLE
 SUBPRESUPUESTO: ESTRUCTURAS
 CLIENTE: Diego Alejandro Calle García
 UBICACION: Chiclayo 1500 - JLO - Chiclayo - Lambayeque
 FECHA BASE: 28-09-2025 MONEDA: SOLES

ITEM	PARTIDA	UNIDAD	METRADO	CU	PARCIAL
1	OBRAS PRELIMINARES				3.31
1.1	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO	M2	1.00	2.51	2.51
1.2	TRAZO Y REPLANTEO PARA UN TRAMO 1X1m	M	1.00	0.80	0.80
2	MOVIMIENTO DE TIERRA				21.46
2.1	EXCAVACIÓN MANUAL DE BASE GRANULAR PARA TRAMO 1X1m	M2	1.00	6.70	6.70
2.2	PERFILADO Y COMPACTADO MANUAL DE SUB-BASE PARA TRAMO 1X1m	M2	1.00	3.61	3.61
2.3	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE A MANO	M3	0.38	29.33	11.15
3	MEJORAMIENTO DE CAPA BASE GRANULAR (CBR>80%)				25.86
3.1	BATIDO MANUAL DE BASE GRANULAR CON LA ADICIÓN DEL POLÍMERO SBR (4%)	M3	0.38	62.23	23.65
3.2	RESPOSICIÓN MANUAL DE BASE GRANULAR CON LA ADICIÓN DEL POLÍMERO SBR (4%)	M3	0.38	5.81	2.21
COSTO DIRECTO					50.63
<i>IGV (18%)</i>					<i>9.11</i>
Costo total					S/. 59.74

Ilustración 63: Presupuesto de mejoramiento de base granulare (Tres Tomas) con la adición del polímero SBR al 4%

El presupuesto estimado para la estabilización del bases granulares de la cantera Tres Tomas utilizando exclusivamente como aditivo al polímero SBR, asciende a un costo de S/. 59.74 por m3.

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA BASE GRANULAR (PUNTO 5) CON LA ADICIÓN DE 4% DE POLÍMERO SBR PARA PAVIMENTO FLEXIBLE
 SUBPRESUPUESTO: ESTRUCTURAS
 CLIENTE: Diego Alejandro Calle García
 UBICACION: Chiclayo 1500 - JLO - Chiclayo - Lambayeque
 FECHA BASE: 28-09-2025 MONEDA: SOLES

1.1 LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO						
Rendimiento: 80.0000 M2/DIA		Unidad: M2			Costo Unitario: 2.51 x [M2]	
Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial	
OPERARIO	HH	0.10	0.0100	29.99	0.30	
PEON	HH	1.00	0.1000	21.36	2.14	
					Mano de obra: 2.44	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	2.44	0.07	
					Equipos: 0.07	

1.2 TRAZO Y REPLANTEO PARA UN TRAMO 1X1m						
Rendimiento: 1,250.0000 M/DIA		Unidad: M			Costo Unitario: 0.80 x [M]	
Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial	
OPERARIO	HH	0.10	0.0006	29.99	0.02	
PEON	HH	1.00	0.0064	21.36	0.14	
					Mano de obra: 0.16	
CLAVOS PARA MADERA C/C 1/2"	KG		0.0050	6.10	0.03	
YESO BOLSA 25 KG	BLS		0.0250	15.00	0.38	
CORDEL	Kg		0.1600	0.42	0.07	
					Materiales: 0.48	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.16	0.00	
NIVEL TOPOGRAFICO	HM	1.00	0.0064	10.15	0.06	
ESTACION TOTAL	HM	1.00	0.0064	15.50	0.10	
					Equipos: 0.16	

2.1 EXCAVACIÓN MANUAL DE BASE GRANULAR PARA TRAMO 1X1m						
Rendimiento: 30.0000 M2/DIA		Unidad: M2			Costo Unitario: 6.70 x [M2]	
Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial	
OPERARIO	HH	0.10	0.0267	29.99	0.80	
PEON	HH	1.00	0.2667	21.36	5.70	
					Mano de obra: 6.50	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	6.50	0.20	
					Equipos: 0.20	

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA BASE GRANULAR (PUNTO 5) CON LA ADICIÓN DE 4% DE POLÍMERO SBR PARA PAVIMENTO FLEXIBLE
 SUBPRESUPUESTO: ESTRUCTURAS
 CLIENTE: Diego Alejandro Calle Garcia
 UBICACION: Chiclayo 1500 - JLO - Chiclayo - Lambayeque
 FECHA BASE: 28-09-2025 MONEDA: SOLES

2.2 PERFILADO Y COMPACTADO MANUAL DE SUB-BASE PARA TRAMO 1X1m						
Rendimiento: 200.0000 M2/DIA		Unidad: M2		Costo Unitario: 3.61 x [M2]		
Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial	
OPERARIO	HH	0.10	0.0040	29.99	0.12	
PEON	HH	1.00	0.0400	21.36	0.85	
					Mano de obra: 0.97	
AGUA PARA LA OBRA	M3		0.1200	15.13	1.82	
					Materiales: 1.82	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.97	0.03	
PLANCHA COMPACTADORA 5.8 HP	HM	1.00	0.0400	19.70	0.79	
					Equipos: 0.82	

2.3 ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE A MANO						
Rendimiento: 6.0000 M3/DIA		Unidad: M3		Costo Unitario: 29.33 x [M3]		
Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial	
PEON	HH	1.00	1.3333	21.36	28.48	
					Mano de obra: 28.48	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	28.48	0.85	
					Equipos: 0.85	

3.1 BATIDO MANUAL DE BASE GRANULAR CON LA ADICIÓN DEL POLÍMERO SBR (4%)						
Rendimiento: 150.0000 M3/DIA		Unidad: M3		Costo Unitario: 60.33 x [M3]		
Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial	
PEON	HH	2.00	0.1067	21.36	2.28	
					Mano de obra: 2.28	
MATERIAL GRANULAR	M3		0.3800	40.00	15.20	
ADITIVO SBR A 4%	L		3.9000	10.59	41.30	
AGUA PARA LA OBRA	M3		0.0975	15.13	1.48	
					Materiales: 57.98	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	2.28	0.07	
					Equipos: 0.07	

3.2 RESPOSICIÓN MANUAL DE BASE GRANULAR CON LA ADICIÓN DEL POLÍMERO SBR (4%)						
Rendimiento: 100.0000 M3/DIA		Unidad: M3		Costo Unitario: 5.81 x [M3]		
Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial	
OPERARIO	HH	1.00	0.0800	29.99	2.40	
PEON	HH	1.00	0.0800	21.36	1.71	
					Mano de obra: 4.11	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	4.11	0.12	
PLANCHA COMPACTADORA 5.8 HP	HM	1.00	0.0800	19.70	1.58	
					Equipos: 1.70	

Ilustración 64: APU de mejoramiento de base granular (Punto 5) con la adición del polímero SBR al 4%

PRESUPUESTO

PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA BASE GRANULAR (PUNTO 5) CON LA ADICIÓN DE 4% DE POLÍMERO SBR PARA PAVIMENTO FLEXIBLE
 SUBPRESUPUESTO: ESTRUCTURAS
 CLIENTE: Diego Alejandro Calle García
 UBICACION: Chiclayo 1500 - JLO - Chiclayo - Lambayeque
 FECHA BASE: 28-09-2025 MONEDA: SOLES

ITEM	PARTIDA	UNIDAD	METRADO	CU	PARCIAL
1	OBRAS PRELIMINARES				3.31
1.1	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO	M2	1.00	2.51	2.51
1.2	TRAZO Y REPLANTEO PARA UN TRAMO 1X1m	M	1.00	0.80	0.80
2	MOVIMIENTO DE TIERRA				21.46
2.1	EXCAVACIÓN MANUAL DE BASE GRANULAR PARA TRAMO 1X1m	M2	1.00	6.70	6.70
2.2	PERFILADO Y COMPACTADO MANUAL DE SUB-BASE PARA TRAMO 1X1m	M2	1.00	3.61	3.61
2.3	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE A MANO	M3	0.38	29.33	11.15
3	MEJORAMIENTO DE CAPA BASE GRANULAR (CBR>80%)				25.14
3.1	BATIDO MANUAL DE BASE GRANULAR CON LA ADICIÓN DEL POLÍMERO SBR (4%)	M3	0.38	60.33	22.93
3.2	RESPOSICIÓN MANUAL DE BASE GRANULAR CON LA ADICIÓN DEL POLÍMERO SBR (4%)	M3	0.38	5.81	2.21
COSTO DIRECTO					49.91
<i>IGV (18%)</i>					<i>8.98</i>
Costo total					S/. 58.89

Ilustración 65: Presupuesto de mejoramiento de base granular (Punto 5) con la adición del polímero SBR al 4%

El presupuesto estimado para la estabilización de las bases granulares de la cantera Punto 5 utilizando exclusivamente como aditivo al polímero SBR, asciende a un costo de S/. 58.89 por m³.

TABLA LIX
ANÁLISIS DE COSTO-BENEFICIO

	BASE GRANULAR + CEMENTO AL 7.5%	BASE GRANULAR TRES TOMAS + 4% POLÍMERO SBR	BASE GRANULAR PUNTO 5 + 4% POLÍMERO SBR
COSTO	S/ 71.31	S/ 59.74	S/ 58.89
BENEFICIO	INCREMENTO DE 39.6% DE CBR	INCREMENTO DE 69.33% DE CBR	INCREMENTO DE 76.33% DE CBR
RATIO	1.8	0.86	0.77

La Tabla LVII, representa en análisis costo beneficio para mejorar la una base granular, en cuanto a la primera en la cual se adiciona Cemento Portland Tipo I, tiene un costo total de S/ 71.31 soles y un beneficio de 39.6% en cuanto a la capacidad de soporte de dicha capa (base granular), por otro lado, la presente investigación el costo de las mismas partidas, pero adicionando el polímero SBR es inferior, siendo S/ 59.74 soles y S/ 58.89 para las canteras Tres Tomas y Punto 5, respectivamente, esto acompañado de un beneficio mucho mayor de CBR.

Discusión

Según el objetivo específico 1, caracterizar las propiedades físicas y mecánicas de las bases granulares sin adición y con la adición del polímero SBR, los resultados evidencian mejoras significativas en los parámetros de resistencia de capacidad de soporte, pero un incremento considerable en la plasticidad. En la cantera Tres Tomás, el contenido de CBR al 100% se incrementó del 71% en el suelo natural a valores que oscilan entre el 126% y el 140% al incorporar un 2% y un 4% de SBR, lo que representa un aumento superior al 70% en comparación con el material sin adición. El índice de plasticidad incrementó a 9.03 con una proporción del 4% de SBR y a 7.89 con un 2%, en comparación con el valor natural de 2.16, lo que indica una estabilización adecuada del material con respecto a las propiedades mecánicas mas no en las físicas. En la cantera Punto 5, se observó un incremento significativo en los valores de CBR, que pasaron del 58% en estado natural a un promedio del 134% con un 4% de SBR. Este resultado confirma la efectividad del aditivo en la mejora de la capacidad portante. Estos hallazgos son coherentes con lo reportado por Tamay [21], quien al incorporar PET un reciclado triturado en proporciones del 10%, 20% y 30% también observó mejoras en el CBR, alcanzando valores de 76.80%, 78.20% y 77.60%, en comparación con el 75.38% del material natural. Asimismo, de manera similar a lo observado en el presente estudio, el índice de plasticidad experimentó un ligero cambio, pero con el 4% su valor paso de 14.35 a 14.38 donde influyó la presencia de más limos. Desde una perspectiva teórica, estos resultados pueden explicarse por el hecho de que el SBR produce un efecto de unión entre las partículas, lo que reduce la movilidad del agua y mejora la compactación del suelo. Esto genera un incremento directo en la resistencia a la penetración, como se refleja en el CBR, y una disminución de la plasticidad, dado que el suelo tratado exhibe una estructura más estable y es menos susceptible a deformaciones.

Según el objetivo específico 2, comparar los resultados obtenidos entre el polímero SBR y el material de cantera que cumple con las especificaciones técnicas establecidas en la normativa vigente, se observó en la cantera Tres Tomás un aumento significativo en la capacidad portante al incorporar el aditivo. El valor del CBR del suelo natural fue del 71%, mientras que con

adiciones del 2% y 4% de SBR se alcanzaron valores del 126% y 140%, respectivamente, superando en un 69% de lo obtenido con el material de cantera sin adición. Este comportamiento sugiere que el SBR no solo facilita el cumplimiento de los requisitos normativos, sino que también mejora las propiedades mecánicas más allá del nivel que puede ser alcanzado por el material de cantera. Los resultados obtenidos están en consonancia con lo reportado por Muñoz [23], quien, al evaluar la estabilización mediante aceite sulfonado, observó mejoras en las propiedades físico-mecánicas de las bases granulares, alcanzando un CBR del 57.70% en suelos clasificados como tipo SC. A pesar de que el aumento fue inferior en comparación con la adición del SBR, siendo el aditivo elastómero una estrategia eficaz para mejorar el rendimiento de los suelos destinados a capas estructurales en pavimentos flexibles. Desde una perspectiva teórica, los resultados corroboran que la implementación del SBR optimiza la interacción entre partículas finas y gruesas, lo que conlleva a una reducción de vacíos y un incremento en la densidad relativa. Esto se traduce en un aumento del CBR y en un rendimiento superior, incluso en comparación con materiales extraídos de cantera. Esto valida al SBR como una alternativa eficiente y técnicamente viable para la optimización de bases granulares en proyectos viales.

Según el objetivo específico 3, comparar los resultados obtenidos entre el polímero SBR y el material de cantera que no cumple con las especificaciones técnicas establecidas en la normativa vigente, se observó en la cantera Punto 5 que el suelo natural presentó un CBR de 58%. Este valor se encuentra por debajo del mínimo requerido, lo que clasifica dicho material como inadecuado para su utilización en bases granulares. No obstante, al incorporar SBR, se observó un incremento significativo, alcanzando un promedio del 134% con una adición del 4%, lo que representa una mejora superior al 130% en comparación con el estado natural. Estos resultados evidencian que el polímero corrige las deficiencias mecánicas del material, lo que permite que un suelo que inicialmente no es adecuado cumpla e incluso supere los parámetros de resistencia establecidos en la normativa. Este comportamiento se encuentra relacionado con lo reportado por Tamay [21], quien, al incorporar PET reciclado triturado en proporciones del 10%, 20% y 30% en la cantera de Chuyabamba, también observó mejoras en el CBR, el cual aumentó de 75.38% en el material natural a valores cercanos al 78%. A pesar de que los incrementos observados con el PET fueron más modestos y no lograron cumplir completamente con las exigencias normativas, ambos estudios coinciden en que la incorporación de polímeros a materiales marginales mejora su desempeño físico-mecánico, al reducir la plasticidad y aumentar la capacidad portante. Desde una perspectiva teórica, estos resultados corroboran que el SBR funciona como un agente estabilizador más eficaz en comparación con otros polímeros

recicladados, dado su potencial para mejorar la cohesión y optimizar la distribución de cargas en la estructura granular, transformando suelos que inicialmente presentan deficiencias en materiales apropiados para la construcción de pavimentos flexibles.

Según el objetivo específico 4, determinar la adición óptima de polímero SBR que mejore las propiedades de las bases granulares. Los resultados indican que el rendimiento más favorable se logró con una concentración del 4% de SBR, tanto en la cantera Tres Tomás como en la cantera Punto 5. En la primera medición, el CBR alcanzó valores de hasta el 140%, mientras que en la segunda se registró un promedio del 134%. Estos resultados representan incrementos superiores al 71% y al 58%, respectivamente, en comparación con el material natural. Asimismo, se observó una reducción significativa en el índice de plasticidad, lo que contribuyó a mejorar la estabilidad de los suelos y su comportamiento bajo carga. Por encima de este porcentaje del 6%, aunque se observaron mejoras, estas fueron menores o incluso evidenciaron una tendencia hacia la estabilización. Esto confirma que el 4% representa la adición más eficiente en términos de costo-beneficio. Los hallazgos presentados se comparan con los resultados reportados por Tamay [21], quien determinó que la adición óptima de PET reciclado triturado fue del 20%, logrando un CBR de 78.20%, en contraste con el 75.38% del material natural. No obstante, en este caso, aunque se alcanzó una leve mejora, los valores no superaron significativamente los requisitos normativos. Esto contrasta con el SBR, que facilitó la transformación de materiales marginales en suelos altamente competentes para la construcción de pavimentos flexibles. Desde una perspectiva teórica, esto evidencia que el efecto del SBR no se limita únicamente al incremento de la resistencia, sino que también implica la optimización de la estructura interna de la mezcla granular, maximizando la cohesión entre las partículas y la capacidad de soporte, con un contenido óptimo del 4%.

Según el objetivo específico 5, realizar el ensayo de Penómetro de Cono Dinámico (DCP) in situ con el óptimo porcentaje del polímero SBR para la verificación de la capacidad de soporte de las bases granulares, en la cantera Punto 5, los valores de CBR estimados a través de correlación aumentaron de 22.15% en las primeras mediciones a 87.22% con 77 golpes. Por otro lado, el índice PDC disminuyó de 10.0 a 2.9 mm/golpe, lo que indica una reducción progresiva de la penetrabilidad y un incremento en la rigidez del material. En la cantera Tres Tomás, los resultados fueron aún más favorables, alcanzando un CBR máximo de 116.43% con un PDC de 2.3 mm/golpe. Esto confirma que el tratamiento con SBR ha proporcionado una mejora sustancial en la resistencia. Desde una perspectiva teórica, estos resultados demuestran que el polímero SBR funciona como un agente estabilizador, el cual incrementa la cohesión y disminuye la deformabilidad del material granular, lo que se traduce en una mayor capacidad

portante. Aunque los antecedentes revisados no indican la realización de ensayos DCP in situ, la tendencia observada es consistente con los incrementos de CBR obtenidos en laboratorio, lo que valida la efectividad del polímero no solo en condiciones controladas, sino también en el ámbito práctico.

Según el objetivo específico 6, evaluar la viabilidad económica del uso del polímero SBR frente a los materiales de cantera mediante un análisis de costos, los resultados indican que la opción que incluye un 4% de SBR en las bases granulares de las canteras Tres Tomas y Punto 5 presenta un costo inferior de (S/ 59.74) y (S/ 58.89) respectivamente, en comparación con la mezcla base más cemento al 7.5% (S/ 71.31). Además, esta opción muestra un mayor beneficio en términos de capacidad portante, evidenciado por un incremento en el CBR de 69.33% y 76.33% frente al 39.6%. Si se interpreta el ratio como una medida del costo por unidad de beneficio, donde un valor menor indica una mayor eficiencia económica, se concluye que la mezcla con SBR, que presenta un ratio entre 0.86 y 0.77 siendo más eficiente que la base con cemento, la cual tiene un ratio de 1.8. En consecuencia, a partir de un análisis económico básico y considerando los indicadores actuales, la alternativa SBR presenta una relación costo-beneficio más favorable: su costo es inferior, proporciona una mejora significativa en el CBR y ofrece un desempeño económico superior. Se recomienda complementar este análisis con un estudio de costo de ciclo de vida, que incluya aspectos de mantenimiento y durabilidad, con el fin de verificar que la ventaja inicial del SBR se sostiene a largo plazo.

Conclusiones

La incorporación de SBR resultó en un aumento significativo del CBR en la cantera Tres Tomas, pasando del 71% al 140.33%, y en la cantera Punto 5, de 58% a 134.33%. Al mismo tiempo, se observó un aumento en el índice de plasticidad, debido al tipo de insumo en este caso un líquido, lo que indica un aumento en los valores de límite líquido y una ligera compensación con el líquido plástico generado por las características del polímero.

El SBR ha demostrado un rendimiento superior en comparación con la base granular convencional, incrementando el CBR en un 69.33% y 76.33%, mejorando la densidad y compactación, lo que evidencia su efectividad en la construcción de pavimentos.

En la cantera Punto 5, el SBR incrementó el CBR del 58% al 134% y disminuyó el índice de plasticidad de 14.35 a 12.67, superando así el rendimiento del material natural y cumpliendo con los requisitos técnicos establecidos.

El porcentaje óptimo se estableció en un 4%, lo que resultó en el mayor promedio de CBR y en una mejora de la plasticidad, sin que se viera afectada la densidad máxima seca ni el contenido de humedad óptimo.

El ensayo DCP evidenció un CBR in situ del 87.22% en laboratorio y alcanzó un 116.43% en campo, lo que confirma la mejora estructural de la base con un 4% de SBR.

La base granular con un 4% de SBR presentó un costo inferior de ambas canteras (S/ 59.74) en Tres Tomas y (S/ 58.89) en Punto 5 y un incremento superior en el CBR (69.33%) y (76.33%) para ambas bases granulares, en comparación con el cemento al 7.5%, lo que evidencia su eficiencia tanto técnica como económica.

Recomendaciones

Se recomienda la aplicación de SBR con el objetivo de mejorar la resistencia de las bases granulares, estableciendo un porcentaje del 4% para optimizar su capacidad portante.

Se debe considerar el SBR como una alternativa técnica en comparación con los materiales que cumplen con la normativa, especialmente en proyectos que demandan una mayor capacidad de soporte.

Reemplazar de forma parcial los materiales de baja calidad por SBR con el fin de asegurar la durabilidad y resistencia de la base granular.

Se recomienda utilizar un 4% de SBR para estabilizar bases granulares como método estándar para pavimentos flexibles.

Se debe llevar a cabo la verificación in situ mediante el uso de DCP para garantizar que la base granular tratada cumpla con la capacidad de soporte exigida antes de proceder con el pavimentado.

Se recomienda realizar futuras investigaciones en diferentes regiones del país, con el fin de tener en cuenta las influencias climatológicas entre costa, sierra y selva para evaluar el uso del aditivo SBR.

Se debe priorizar el uso de SBR en lugar de estabilizantes tradicionales en proyectos viales, teniendo en cuenta su favorable relación costo-beneficio.

Referencias

- [1] A. Yilmaz, "Engineering properties of basalt aggregates in terms of use in granular layers of flexible pavements," *Case Studies in Construction Materials*, vol. 17, p. 13, 2022.
- [2] S. Tasnim, F. Uddin, P. Sarker, S. Ing Doh and J. Aldiabat, "A comprehensive Review of Flexible Pavement Failures, Impovement Methods and its Disadvantages," *Key Engineering Materials*, vol. 879, pp. 136-148, 2021.
- [3] A. Alnaqbi, W. Zeiada, A. A. Khateeb and M. Abuzwidah, "Predictive models for flexible pavement fatigue cracking based on machine learning," *Transportation Engineering*, vol. 16, p. 24, 2024.
- [4] R. Meninger, H. Dylla and J. Youtcheff, "Looking to Aggregates to Improve Pavement Sustainability," vol. 85, no. 2, 2021.
- [5] M. Agosin, E. Fernandez, F. Jaramillo and E. Lora, "a Realidad Macroeconómica: Una Introducción a los Problemas y Políticas del Crecimiento y la Estabilidad en América Latina: Módulo 1: Las restricciones a la inversión privada," *INDES*, p. 22.
- [6] J. Salas, K. Gonzales and Y. Castellanos, "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DE BASE Y SUB-BASE GRANULAR CON ASFALTITA EN PORCENTAJES 50%-50%, 70%-30% Y 100%," UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA, GIRARDOT, 2020.
- [7] C. Millan, «EL POLÍMERO Y SU EFECTO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS GRANULARES PARA SU USO COMO MATERIAL DE SUBBASE,» UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES, Huancayo, 2023.
- [8] Ministerio de Transporte y Comunicaciones, «Boletín Estadístico IV-Trimestre 2023,» MTC, 2023.
- [9] A. Llauce, «Aplicación de geomallas de bambú en el diseño de pavimentos flexibles de la avenida Bauzate y Meza en el Distrito De La Victoria,» REPOSITORIO UPC, LIMA, 2024.
- [10] M. Piisco, «Adición de granallas de acero reciclado para mejorar la base del pavimento flexible, Av. 2 de octubre, Los Olivos, 2022,» Universidad Cesar Vallejo, 2023.
- [11] SINAC, «Mapa de Redes Viales del Sitema Nacional de Carreteras,» 2024.
- [12] L. Solis, «Pistas en JLO generan caos y enfermedades en el distrito,» La industria, 2017.

- [13] A. Soberón, «Diseño del pavimento para el mejoramiento de la transitabilidad vehicular del pueblo joven Diego Ferré, distrito y provincia de Chiclayo, región Lambayeque,» Tesis de pregrado, Universidad Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2023.
- [14] C. Hopkins, D. Cameron and M. Rahman, "On Site Improvement of Fines-Rich Unbound Granular Materials with Hydrophobic Polymer and Lime," *MDPI*, vol. 13, no. 23, p. 20, 2021.
- [15] I. Buddhima, Y. Qi, C. Jayasuriya, C. Rujikiatkamjorn and C. Arachchige, "Use of recycled rubber inclusions with granular waste for enhanced track performance," *Transportation Engineering*, vol. 6, p. 9, 2021.
- [16] K. Celi, "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS GRANULARES DE SUBRASANTE CON FINOS DE TEREFALATO DE POLIETILENO (PET), POLIPROPILENO (PP) Y POLIETILENO (PE)," 2021.
- [17] M. Carballo, M. Del Carmen and M. Murillo, "Analysis of a cement-treated base with the addition of," *Infraestructura Vial*, vol. 25, no. 44, p. 9, 2023.
- [18] F. Rojas, H. Bonifaz, S. López and Y. Veloz, "ANÁLISIS COMPARATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS CON POLIMEROS SBR Y SBS CON AGREGADOS PROVENIENTES DE LA CANTERA GUAYLLABAMBA," p. 16, 2020.
- [19] T. Chavarría y J. Marreros, «Análisis del punto de ablandamiento y el grado de penetración del asfalto modificado con polímero SBS para pavimentos flexibles, mundo, 2021,» UPN, Trujillo, 2021.
- [20] T. Ccora, «Diseño de Asfalto Modificado con Polímeros SBS para Mejoramiento Vial en la Ciudad de Huancayo,» UPLA, Huancayo, 2021.
- [21] A. Tamay, «Análisis de las propiedades físico-mecánicas de una base granular tratada con adición de PET reciclado triturado, Cantera Chuyabamba, Chota, 2021,» Repositorio USAT, Chota, 2022.
- [22] L. Estrada, «Caracterización del uso de restos de PVC para mejorar la capacidad portante del CBR de un material granular tipo base, Cajamarca 2020,» UPN, Cajamarca, 2021.
- [23] W. Muñoz, «Evaluación de la base granular con afirmado incorporando aceite sulfonado,» [Tesis de Pregrado, USAT], Chiclayo, 2025.
- [24] R. Menéndez, «Ingeniería de Pavimentos,» 2016.

- [25] J. Bevia, «Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento,» Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A., 2000.
- [26] MTC, «Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos,» Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2014.
- [27] A. Montejo, «Ingeniería de pavimentos,» 2002.
- [28] S. Minaya y A. Ordoñez, «Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos,» 2006.
- [29] MTC, «Manual de Carreteras,» 2013.
- [30] Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Manual de Ensayo de Materiales, 2014.
- [31] ASTM INTERNATIONAL, «ASTM D4791,» [En línea]. Available: <https://www.astm.org/>. [Último acceso: 12 09 2024].
- [32] Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI), «Suelos. Métodos de ensayo estándar para la determinación del índice de densidad y peso unitario máximos de suelos utilizando una mesa vibratoria,» 15 Diciembre 1999. [En línea]. Available: <https://repositorio.indecopi.gob.pe/>. [Último acceso: 26 Abril 2025].
- [33] G. Guanoluisa, «Efecto de adición de partículas de caucho reciclado en las propiedades físico – mecánicas de suelos granulares,» Universidad Técnica Ambato, Ecuador, 2021.
- [34] M. Borja, «Metodología de Investigación Científica para Ingeniería Civil,» 2016.
- [35] IMCYC, «Muestreo de Agregados,» 2010.
- [36] Norma Técnica Peruana, «Guía estándar para muestreo de suelos de la zona vadosa,» 2019.
- [37] L. Joohari and F. Giustozzi, "Effect of different vinyl-acetate contents in hybrid SBS-EVA modified bitumen," *Construction and Building Materials*, vol. 262, no. 30, p. 11, 2020.
- [38] M. Balbin y R. Enriquez, «Influencia de la mezcla asfáltica modificada con polímeros en zonas cálidas de Perú,» Universidad Ricardo Palma, Lima, 2020.
- [39] T. Rosales, «Mezcla asfáltica altamente modificada con polímeros elastómero termoplástico sintético para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas,» Universidad Ricaldo Palma, Lima, 2022.

Anexos

CONFORMIDAD DE ASESOR
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Chiclayo, 31 de Octubre del 2025.

Señores

Castillo Velarde, Roberto Carlos

Escuela Profesional de Ingeniería Civil-USAT

Presente.

Le expreso mi saludo y en mi condición de asesor doy mi **CONFORMIDAD** a la tesis titulada:
“Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible”

Presentado por el estudiante **Calle García Diego Alejandro** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil**, de esta manera se cumple con uno de los requisitos para su pase a sustentación del informe de tesis de acuerdo con el art.32 de reglamento de elaboración y sustentación del trabajo de investigación para optar el título profesional.

Atentamente.



Ing. Lorren Palomino, Ángel Alberto
Docente Asesor

Validaciones

FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Título:

Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible

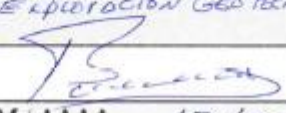
Nombres y apellidos del experto	CRISTHIAN NIGUEL ARZUNO TESO DIBAN		
Documento de identidad	17452720		
Años de experiencia laboral	9 AÑOS		
Máximo grado académico	INGENIERO CIVIL		
Nacionalidad	PERUANO		
Institución laboral	AYC EXPLORACION GEOTECNICA S.A.		
Labor que desempeña	GERENTE GENERAL		
Rangos de adición % según revisión de literatura	2%	4%	6%
Rangos de adición % propuestos por el experto	2	4	6
Número telefónico	978175503		
Correo electrónico	AYC_EXPLORACION_GEOTECNICA_S.A. @ NET HDL. COM		
Firma			
Fecha	DD/MM/AAAA 12/04/25		

Ilustración 66: Validación por juicio de experto 1

FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Título:

Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible

Nombres y apellidos del experto	Luis Fernando Borrero Tamayo		
Documento de identidad	7727609		
Años de experiencia laboral	17		
Máximo grado académico	Magister		
Nacionalidad	Colombiano		
Institución laboral	BASF		
Labor que desempeña	Coordinador de laboratorio y servicio técnico		
Rangos de adición % según revisión de literatura	2%	4%	6%
Rangos de adición % propuestos por el experto	2%	4%	6%
Número telefónico	+573187071665		
Correo electrónico	Luis.borrero@basf.com		
Firma	BORRERL <small>Firmado digitalmente por BORRERL Fecha: 2025.04.29 13:58:04 -05'00'</small>		
Fecha	29 / 04 / 2025		

Ilustración 67: Validación por juicio de experto 2

FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Título:

Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible


Nombres y apellidos del experto	MANUEL BORJA SUAREZ		
Documento de identidad	16690047		
Años de experiencia laboral	25		
Máximo grado académico	MAGISTER		
Nacionalidad	PERUANA		
Institución laboral	UNIV. NAC. PEDRO RUIZ GALLO		
Labor que desempeña	DOCENTE ASOCIADO		
Rangos de adición % según revisión de literatura	2%	4%	6%
Rangos de adición % propuestos por el experto	2%	4%	6%
Número telefónico	951080501		
Correo electrónico	manborja@yahoo.es		
Firma			
Fecha	17/04/2025		

Ilustración 68: Validación por juicio de experto 3

FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO**Título:**

Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible


Nombres y apellidos del experto	Angel Alberto Lorrén Palomino		
Documento de identidad	16433102		
Años de experiencia laboral	37 años		
Máximo grado académico	Maestría ing. Civil en estructuras PUCP (Egresado)		
Nacionalidad	Peruano		
Institución laboral	Universidad Sto. Toribio de Mogrovejo (USAT)		
Labor que desempeña	Docente Extraordinario Tiempo Completo		
Rangos de adición % según revisión de literatura	2%	4%	6%
Rangos de adición % propuestos por el experto	2%	4%	6%
Número telefónico	979821680		
Correo electrónico	titolorren@gmail.com		
Firma			
Fecha	22 / 04 / 2025		

Ilustración 69: Validación por juicio de experto 4

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

- LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS
- CONCRETO Y ASFALTO

INFORME N° **LEM USAT 053-2025-II**

FECHA: **31 de Octubre 2025**

VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTUDIANTE: CALLE GARCÍA, DIEGO ALEJANDRO

TITULO DE LA TESIS: Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.



El que suscribe, responsable del laboratorio de Ingeniería Civil, verifica y da conformidad que los siguientes ensayos de laboratorio realizados por el indicado estudiante se han efectuado en las instalaciones de la USAT, asimismo valida los ensayos realizados fuera de nuestras instalaciones siempre que no se puedan realizar en esta universidad:

- Granulometría
- Contenido de Humedad
- Límite Líquido
- Límite Plástico
- Clasificación de Suelos
- Caras Fracturadas
- Partículas Chatas y Alargadas
- Abrasión de los Ángeles
- Sales Solubles
- Equivalente de Arena
- Proctor Modificado
- Ensayo CBR
- Ensayo DCP



Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.

Observación: Adjunto


Henry Rivadeneyra Obitas
Téc. Laboratorio
USAT

Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo
Henry Rivadeneyra Obitas
Responsable de Lab Ing. Civil



Teñista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Teñis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 07 de Abril de 2025
Cantera : Tres Tomas

: SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 309.128 : 1999
: N.T.P. 339.129
: N.T.P. 339.127: 1998

N° Tamiz	Apertura (mm)	% Acumulados Retenido	Que pesa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	8.0	92.0
1/2"	12.500	14.7	85.3
3/8"	9.500	19.9	80.1
1/4"	6.300	28.4	71.6
N° 4	4.750	30.3	69.7
N° 10	2.000	43.7	56.3
N° 20	0.850	56.1	43.9
N° 40	0.425	67.1	32.9
N° 50	0.300	70.6	29.4
N° 100	0.150	84.2	15.8
N° 200	0.075	88.5	11.5



% Grava	G.G. %	30.3
% Arena	G.F. %	22.3
	A.G. %	13.4
	A.M. %	23.4
A.F. %	22.4	59.2
% Arcilla y Limo	10.5	10.5
Total	100.0	
Contenido de Humedad	22.3	

Límite Líquido (LL)	20.57	(%)
Límite Plástico (LP)	18.41	(%)
Índice Plástico (IP)	2.16	(%)
Clasificación (S.U.C.S.)	SP-SM	
Descripción del suelo	Arena pobremente graduada con limo y grava	
Clasificación (AASHTO)	A-1-b (0)	
Descripción	BUENO	



Henry Rivadeneira Obilias
Tec. Laboratorio USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tecnicista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 12 de Abril de 2023

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS
(NORMA: MTC E 210; ASTM D 5821)

Centros
Tres Tomas

A.- CON UNA CARA FRACTURADA.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = (B/A)*100	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	3000.0 g.	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	1500.0 g.	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	750.0 g.	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	300.0 g.	—	—	—	—	—
1"	3/4"	150.0 g.	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	50.0 g.	215.0	215.0	100.0 %	0.8 %	0.8 %
1/2"	3/8"	30.0 g.	146.0	82.6	56.6 %	0.4 %	0.2 %
TOTAL		5780.0 g.	361.0 g.	297.6 g.		1.0 %	0.8 %

PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA = 82.4%

B.- CON DOS CARAS FRACTURADAS.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = (B/A)*100	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	3000.0 g.	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	1500.0 g.	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	750.0 g.	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	300.0 g.	—	—	—	—	—
1"	3/4"	150.0 g.	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	50.0 g.	317.0	256.0	80.8 %	0.6 %	0.5 %
1/2"	3/8"	30.0 g.	1126.0	110.0	9.8 %	0.4 %	0.0 %
TOTAL		5780.0 g.	1443.0 g.	366.0 g.		1.0 %	0.5 %

PORCENTAJE CON DOS CARAS FRACTURADAS = 52.6%

NOTA: La partículas fracturadas fue determinado por mesa.

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Testista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Testis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo 09 de Abril de 2025

ENSAYO : RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2") POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES

REFERENCIA : Norma MTC E 207 / ASTM C-131

Cantera : Tres Tomas

Muestra : Agregado grueso

% de desgaste por abrasión	%	20.2
% de uniformidad	%	0.7

Requerimien: 40 % Maximo

OBSERVACIONES :

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante.
- La muestra fue tamizada por la malla de 2" y 3/8"
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", N° de esferas : 11, Revoluciones : total 500



Henry Rivadeneira Obillos
Tec. Laboratorio USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



TÉCNICO DE LABORATORIO



PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADO GRUESO

ASMT D- 4791-89

Tesiista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 12 de Abril de 2025
Cantera : Tres Tomas

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS		
TAMIZ	ABERTURA	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) CORR.	PESO	(%)	(%) CORR.
(pulg)	(mm)									
3/4"	19.00			100.00						
1/2"	12.50	2000.0	100.00	-	1668	83.40		146	7.30	
3/8"	9.50	0.0	-	-	0	-		0	-	
1/4"	6.30	0.0	-	-	0	-		0	-	
			TOTAL		1668	83.40		146	7.30	

PESO TOTAL DE LA MUESTRA (g) 2000.0

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%) 90.7 ESPECIFICACIÓN 15% Max.

TOTAL DE CHATAS Y ALARGADAS (%) 9.3

OBSERVACIONES: El ensayo se realizó con la relación dimensional 1:3



Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 08 de Abril del 2025

Ensayo : SUELOS. Metodo de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.

Referencia : NTP 400.019 - 2002

EXAMEN CUANTITATIVO

Muestra : Arena

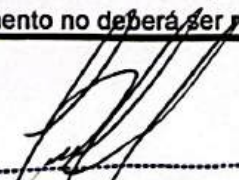

Cantera : Tres Tomas

I.- DATOS

MUESTRA N°	1	2	3
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	N° 4	N° 4	N° 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm)	10.10	11.80	11.60
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	4.00	4.20	3.80
EQUIVALENTE DE ARENA	39.60 %	35.59 %	32.76 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	36 %		
ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 (Ref. B)			
Mínimo : 35% Mínimo			

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizados por el Solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.


Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT


LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Testista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 09 de Abril del 2025

ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

REFERENCIA : NTP 339.152 / USBR E - 8

Cantera : Tres Tomas

Muestra : Afirmado

Constituyentes de sales solubles totales	ppm	200
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.02

OBSERVACIONES :

1) Muestreo e identificación realizado por el Solicitante

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)



Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT

 TÉCNICO DE LABORATORIO



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 15 de Abril de 2025
Cantera : Tres Tomas

PROFUNDIDAD: 1.00 m - 1.50 m

Número de ensayo	1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g. 10766	11065	10967	10937
Peso del molde	g. 8099	8099	8099	8099
Peso del suelo húmedo compactado	g. 4667	4966	4868	4838
Volumen del molde	cm ³ 2227.5	2227.5	2227.5	2227.5
Peso del volumen húmedo	g/cm ³ 2.095	2.229	2.185	2.172

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente	1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g. 228.90	205.40	148.80	156.90
Peso del suelo seco + tara	g. 218.10	191.70	136.00	140.00
Peso de tara	g. 28.06	36.61	15.10	15.10
Peso de agua	g. 10.8	13.7	12.8	16.9
Peso de suelo seco	g. 190.04	155.09	120.9	124.9
Contenido de agua	% 5.7	8.8	10.6	13.5
Peso volumétrico seco	g/cm ³ 1.983	2.048	1.978	1.913

DENSIDAD MÁXIMA SECA	2.067	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	7.60	%



Henry Rivadeneira Obispo
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo



Personal del área de Control de Calidad: Jefe de Control de Calidad en Suelos y Pavimentos, Ingeniero de Laboratorio de PEA

TÉCNICO DE LABORATORIO




Método de ensayo de CBR (Relación de Soporta de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Testista : Calle García, Diego Alejandro
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tests : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha : Chiclayo, 17 de Abril de 2025
 Cantera : Tres Tomas

1.00 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN														
N° Molde		A-5				A-3				A-2				
N° Capa		5				5				5				
N° Golpes por capa		56				25				12				
CONDICION DE LA MUESTRA														
		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		
Peso molde + Suelo húmedo		12678		12798		12510		12690		12412		12601		
Peso de molde (g)		8135		8135		8115		8115		8513		8513		
Peso del suelo húmedo (g)		4543		4663		4395		4575		3899		4088		
Volumen del molde (cc)		2086		2086		2112		2112		2073		2073		
Densidad húmeda (g/cc)		2.177		2.235		2.081		2.166		1.881		1.972		
% de humedad		5.22		7.91		5.88		10.06		6.17		11.11		
Densidad seca (g/cc)		2.069		2.071		1.965		1.968		1.772		1.775		
HUMEDAD														
Tarro N°		-		-		-		-		-		-		
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		145.3		145.3		466.3		466.3		230.1		230.1		
Tarro + Suelo seco (gr.)		139.1		139.1		454.3		454.3		218.6		218.6		
Peso del Agua (gr.)		6.1		6.1		120.0		120.0		11.5		11.5		
Peso del tarro (gr.)		21.44		21.44		0		0		23.465		23.465		
Peso del suelo seco (gr.)		117.7		117.7		4450.9		4450.9		195.2		195.2		
% de humedad		5.22		5.22		7.91		7.91		5.88		5.88		
Promedio de Humedad (%)		5.22		7.91		5.88		10.06		6.17		11.11		
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%			
31/05/2023	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1/06/2023	14.3	24	0.12	0.003	0.1	0.003	0.12	0.003	0.12	0.003	0.12			
2/06/2023	14.3	48	1.25	0.031	1.2	0.030	1.35	0.034	1.35	0.034	1.35			
3/06/2023	14.3	72	3.5	0.088	3.4	0.085	3.5	0.088	3.5	0.088	3.5			
4/06/2023	14.3	96	4.1	0.103	4.3	0.108	4.3	0.108	4.3	0.108	4.3			
			4.57	total	2.24	4.57	total	2.35	4.57	total	2.35			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE N° A-5				MOLDE N° A-3				MOLDE N° A-2			
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
mm.	pulg.	Lb/fin2												
0.000	0.000	0'00"	0	2										
0.640	0.025	0'30"	95	234										
1.270	0.050	1'00"	124	305										
1.910	0.075	1'30"	198	485										
2.540	0.100	2'00"	315	770	714.0	71.4	250	612	569.4	185	45.4	42.5		
3.810	0.150	3'00"	396	968			321	784		295	72.2	708.1	2	
5.080	0.200	4'00"	548	1338	1344.2	89.6	422	1030	1030	295	72.2	708.1	2	
6.350	0.250	5'00"	698	1683			501	1223		312	76.3			
7.620	0.300	6'00"	848	1902			573	1398		365	89.2			
10.160	0.400	8'00"	1198	2970			606	1478		396	96.8			
12.700	0.500	10'00"	1598	3970			653	1592		416	102.8			


 Henry Rivas
 Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT


 USAT
 Universidad Católica
 Santo Toribio de Mogrovejo

TÉCNICO DE LABORATORIO

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 17 de Abril de 2025
Cantera : Tres Tomas

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRÁFICO CARGA - PENETRACIÓN

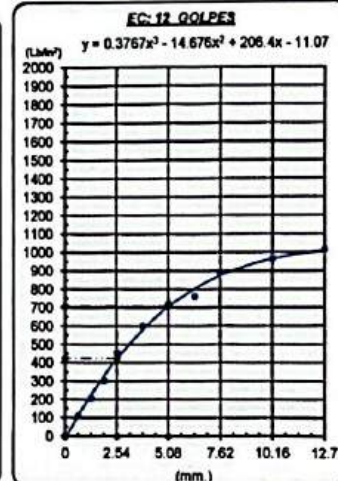
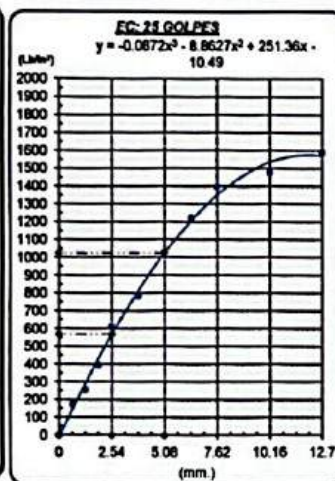
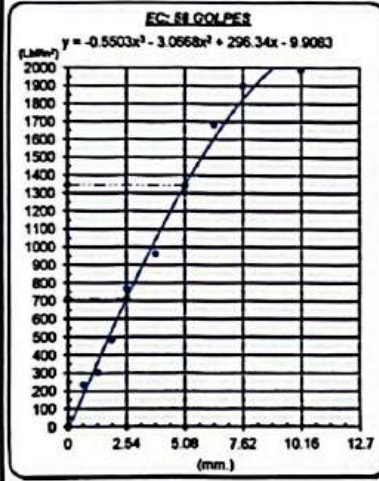


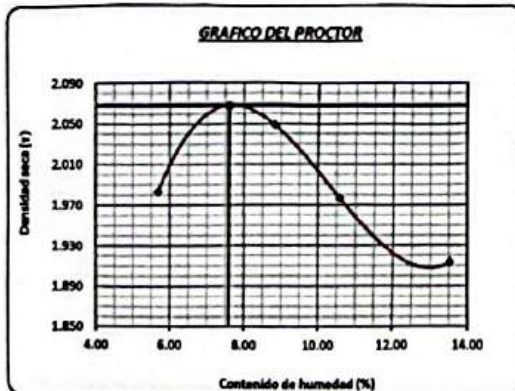
GRÁFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100% 2.067 g/cm³
DENSIDAD SECA AL 95% 1.964 g/cm³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD 7.60 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	71 %	89 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	57 %	68 %



Henry Ewaldeneysra Obilias
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT

[Signature]
TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 07 de Abril de 2025
Canters : Tres Tomas + 2% SBR
Repetición : 1

: SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 309.128 : 1999
: N.T.P. 339.129
: N.T.P. 339.127: 1998

Análisis Granulométrico por tamizado			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados Retenido	% Acumulados Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	8.0	92.0
1/2"	12.500	14.7	85.3
3/8"	9.500	19.9	80.1
1/4"	6.300	26.4	73.6
N° 4	4.750	30.3	69.7
N° 10	2.000	43.7	56.3
N° 20	0.850	56.1	43.9
N° 40	0.425	67.1	32.9
N° 50	0.300	70.6	29.4
N° 100	0.150	84.2	15.8
N° 200	0.075	89.5	10.5



Distribución granulométrica				Ensayo de Límite de Atterberg	
% Grava	G.G. %	8.0	30.3	Límite Líquido (L.L.)	29.87 (%)
	G.F. %	22.3		Límite Plástico (L.P.)	20.39 (%)
	A.G. %	13.4		Índice Plástico (I.P.)	9.48 (%)
% Arena	A.M. %	23.4	59.7	Clasificación (S.U.C.S.)	SP-SM
	A.F. %	22.4		Descripción del suelo	Arena pobremente graduada con limo y grava
	% Arcilla y Limo	10.5		10.5	Clasificación (AASHTO)
Total			100.0	Descripción	BUENO
Constante de Humedad			7.13		



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT

Henry Ruedeneyra
@bitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

[Signature]
TÉCNICO DE LABORATORIO



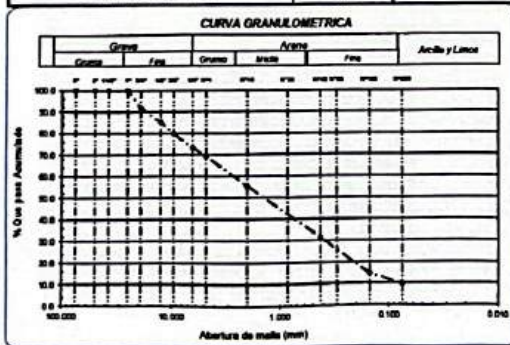
Tenista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tema : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 13 de Mayo de 2023
Cantera : Tres Tomas + 2% SBR
Repetición : 2

: SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 309.126 : 1999
: N.T.P. 339.129
: N.T.P. 339.127: 1998

N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados Retenido	Que pesa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	8.1	91.9
1/2"	12.500	14.8	85.2
3/8"	9.500	20.2	79.8
1/4"	6.300	27.0	73.0
N° 4	4.750	30.7	69.3
N° 10	2.000	44.7	55.3
N° 20	0.850	57.6	42.4
N° 40	0.425	68.7	31.3
N° 50	0.300	72.4	27.6
N° 100	0.150	85.4	14.6
N° 200	0.075	90.3	9.7



% Grava	G.G. %		30.7	Límite líquido (L.L.)	23.76 (%)
	G.F. %				
% Arena	A.G. %		14.0	Índice Plástico (IP)	9.09 (%)
	A.M. %		24.0	Clasificación (S.U.C.S.)	SP-SM
	A.F. %		21.8	Descripción del suelo	Arena pobremente graduada con limo y grava
% Arcilla y limo		9.7	9.7	Clasificación (AASHTO)	A-2-4 (0)
Total			100.0	Descripción	BUENO
Contenido de Humedad			6.77		



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT

Henry Ryadeneyra Obilias
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santa Teresita de Mogrovejo



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesis : Calle García, Diego Alejandro

Escuela : Ingeniería Civil

Tema : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.

Fecha : Chiclayo, 13 de Mayo de 2025

Cantera : Tres Tomas + 2% SBR

Repetición : 3

: SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo

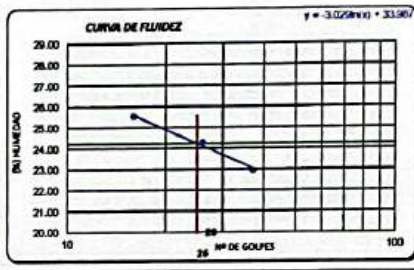
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999

: N.T.P. 339.129

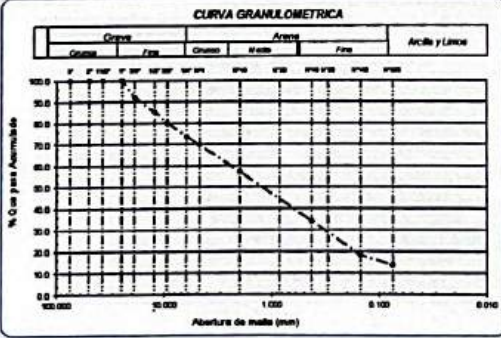
: N.T.P. 339.127: 1998

Análisis Granométrico por Tamizado			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	8.0	92.0
1/2"	12.500	14.7	85.3
3/8"	9.500	19.9	80.1
1/4"	6.300	26.3	73.7
N° 4	4.750	30.2	69.8
N° 10	2.000	42.9	57.1
N° 20	0.850	54.8	45.2
N° 40	0.425	65.9	34.1
N° 50	0.300	68.7	31.3
N° 100	0.150	81.7	18.3
N° 200	0.075	86.3	13.7



Distribución granométrica			
% Grava	G.G. %	8.0	30.2
	G.F. %	22.2	
% Arena	A.G. %	12.7	56.1
	A.M. %	23.0	
	A.F. %	20.4	
% Arcilla y Limo		13.7	13.7
Total		100.0	100.0
Contenido de Humedad		7.68	7.68

Ensayo de Límite de Atterberg	
Límite Líquido (LL)	24.24 (%)
Límite Plástico (LP)	14.94 (%)
Índice Plástico (IP)	9.30 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	SM
Descripción del suelo	Arena limosa con grava
Clasificación (AASHTO)	A-2-4 (0)
Descripción	BUENO




Henry Ruedeneyra Obllitas
Tec. Laboratorio USAT




LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

USAT



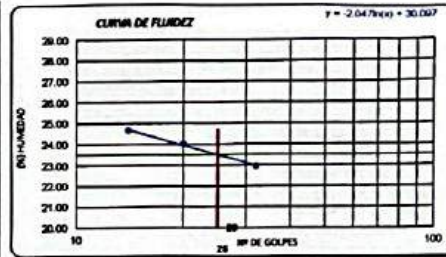
INGENIERO DE LABORATORIO



Teniente : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Título : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 13 de Mayo de 2025
Cantón : Tres Tomas + 4% SBR
Repetición : 1

: SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 309.128 : 1999
: N.T.P. 338.128
: N.T.P. 338.127: 1998

Análisis Granulométrico por Tamizado			
N° Tamiz	Apertura (mm)	% Acumulados Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	8.0	92.0
1/2"	12.500	14.7	85.3
3/8"	9.500	19.9	80.1
1/4"	6.300	26.4	73.6
N° 4	4.750	30.3	69.7
N° 10	2.000	43.7	56.3
N° 20	0.850	56.1	43.9
N° 40	0.425	67.1	32.9
N° 50	0.300	70.6	29.4
N° 100	0.150	84.2	15.8
N° 200	0.075	86.5	13.5



Distribución granulométrica			
% Grava	G.G. %	8.0	30.3
	G.F. %	22.3	
	A.G. %	13.4	
% Arena	A.M. %	23.4	59.2
	A.F. %	22.4	
% Arcilla y Limo		10.5	10.5
Total			100.0
Contenido de Humedad			8.10

Ensayo de Límite de Atterberg	
Límite líquido (LL)	23.51 (%)
Límite Plástico (LP)	14.81 (%)
Índice Plástico (IP)	8.70 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	SP-SM
Descripción del suelo Arena pobremente graduada con limo y grava	
Clasificación (AASHTO)	A-2-4 (U)
Descripción BUENO	




Henry Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO

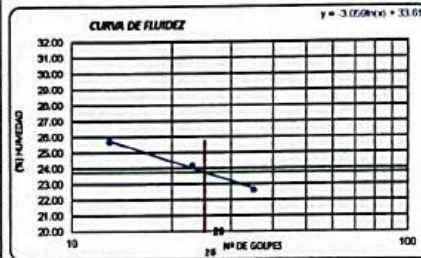


Tesisista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 13 de Mayo de 2025
Cantera : Tres Tomas + 4% SBR
Repetición : 2

: SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 309.128 : 1999
: N.T.P. 339.129
: N.T.P. 339.127: 1998

Análisis Granulométrico por tamizado			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	8.1	91.9
1/2"	12.500	14.8	85.2
3/8"	9.500	20.2	79.8
1/4"	6.300	27.0	73.0
N° 4	4.750	30.7	69.3
N° 10	2.000	44.7	55.3
N° 20	0.850	57.8	42.4
N° 40	0.425	68.7	31.3
N° 50	0.300	72.4	27.6
N° 100	0.150	85.4	14.6
N° 200	0.075	90.3	9.7



Ensayo de Límites de Atterberg

Distribución granulométrica			Límite líquido (LL)		Límite Plástico (LP)	
% Grava	G.G. %	8.1	23.76	(%)	14.67	(%)
	G.F. %	22.6	30.7	9.09	(%)	
A.G. %	14.0					
% Arena	A.M. %	24.0	Clasificación (S.U.C.S.)		SP-SM	
	A.F. %	21.6	Descripción del suelo		Arena pobremente graduada con limo y grava	
	% Arcilla y Limo	9.7	Clasificación (AASHTO)		A-2.4 (U)	
Total			100.0	Descripción		BUENO
Contenido de Humedad			7.5			



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



[Signature]
Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

[Signature]
TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesieta : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 07 de Abril de 2025
Cartera : Tres Tornas + 4% SBR
Repetición : 3

: SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
NORMA DE REFERENCIA
: N.T.P. 309.128 : 1999
: N.T.P. 339.129
: N.T.P. 339.127: 1998

Análisis Granulométrico por tamizado		
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados
		Retenido Que pasa
3"	75.000	0.0 100.0
2"	50.000	0.0 100.0
1 1/2"	37.500	0.0 100.0
1"	25.000	0.0 100.0
3/4"	19.000	8.0 92.0
1/2"	12.500	14.7 85.3
3/8"	9.500	19.9 80.1
1/4"	6.300	26.3 73.7
N° 4	4.750	30.2 69.8
N° 10	2.000	42.9 57.1
N° 20	0.850	54.8 45.2
N° 40	0.425	65.9 34.1
N° 50	0.300	68.7 31.3
N° 100	0.150	81.7 18.3
N° 200	0.075	86.3 13.7



Distribución granulométrica			Ensayo de Límite de Atterberg	
% Grava	G.G. %	8.0	Límite líquido (LL)	24.24 (%)
	G.F. %	22.2	Límite Plástico (LP)	14.94 (%)
	A.G. %	12.7	Índice Plástico (IP)	9.30 (%)
% Arena	A.M. %	23.0	Clasificación (S.U.C.S.)	SM
	A.F. %	20.4	Descripción del suelo	Arena limosa con grava
% Arcilla y Limo	13.7	13.7	Clasificación (AASHTO)	A-2-4 (U)
Total		100.0	Descripción	BUENO
Contenido de Humedad			8.5	



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



Henry Rvadeneyra Obllitas
Henry Rvadeneyra Obllitas
Tec. Laboratorio
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tecnia : Calle García, Diego Alejandro
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tema : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha : Chiclayo, 13 de Mayo de 2025
 Cantera : Tres Tomas + 8% SBR
 Repetición : 1

: SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

NORMA DE REFERENCIA
 : N.T.P. 309.128 : 1999
 : N.T.P. 339.129
 : N.T.P. 339.127: 1998

Análisis Granulométrico por Tamizado		
N° Tamiz	Apertura (mm)	% Acumulados
		Retenido Que pasa
3"	75.000	0.0 100.0
2"	50.000	0.0 100.0
1 1/2"	37.500	0.0 100.0
1"	25.000	0.0 100.0
3/4"	19.000	8.0 92.0
1/2"	12.500	14.7 85.3
3/8"	9.500	19.9 80.1
1/4"	6.300	26.4 73.6
N° 4	4.750	30.3 69.7
N° 10	2.000	43.7 56.3
N° 20	0.850	56.1 43.9
N° 40	0.425	67.1 32.9
N° 50	0.300	70.6 29.4
N° 100	0.150	84.2 15.8
N° 200	0.075	89.5 10.5

Distribución granulométrica		Ensayo de Límite de Atterberg		
% Grava	G.G. %	8.0	Límite líquido (LL)	29.24 (%)
	G.F. %	22.3	Límite Plástico (LP)	16.87 (%)
	A.G. %	13.4	Índice Plástico (IP)	12.38 (%)
% Arena	A.M. %	23.4	Clasificación (S.U.C.S.)	SP-SM
	A.F. %	22.4	Descripción del suelo	Arena pobremente graduada con limo y grava
% Arcilla y Limo		10.5	Clasificación (AASHTO)	A-2-6 (U)
Total		100.0	Descripción	REGULAR
Contenido de Humedad		8.11		

Henry Huadeneyn Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT

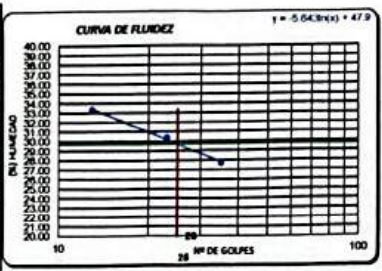
 TÉCNICO DE LABORATORIO



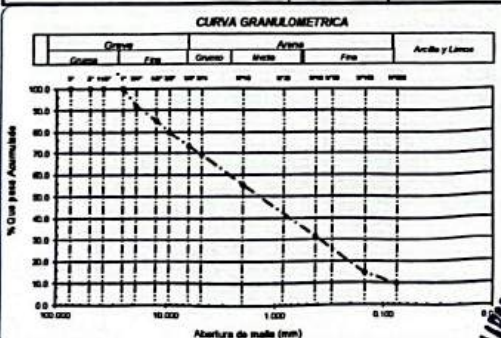
Analista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 013de Mayo de 2025
Carbón : Tres Tomas + 8% SBR
Repetición : 2

: SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 309.128 : 1999
 : N.T.P. 339.129
 : N.T.P. 339.127: 1998

Análisis Granulométrico por tamizado			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	8.1	91.9
1/2"	12.500	14.8	85.2
3/8"	9.500	20.2	79.8
1/4"	6.300	27.0	73.0
N° 4	4.750	30.7	69.3
N° 10	2.000	44.7	55.3
N° 20	0.850	57.8	42.4
N° 40	0.425	68.7	31.3
N° 50	0.300	72.4	27.6
N° 100	0.150	85.4	14.6
N° 200	0.075	90.3	9.7



Distribución granulométrica		Ensayo de Límite de Atterberg	
% Grava	G.G. %	8.1	Límite Líquido (LL) 29.74 (%)
	G.F. %	22.8	Límite Plástico (LP) 18.03 (%)
	A.G. %	14.0	Índice Plástico (IP) 13.71 (%)
% Arena	A.M. %	24.0	Clasificación (S.U.C.S.) SP-SM
	A.F. %	21.8	Descripción del suelo: Arena pobremente graduada con limo y grava
	Total	100.0	Clasificación (AASHTO) A-2-6 (0)
% Arcilla y Limo 9.7		Descripción REGULAR	
Contenido de Humedad 7.55			



[Signature]
Rivadeneira
 oblitás
 Tec. Laboratorio
 USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT

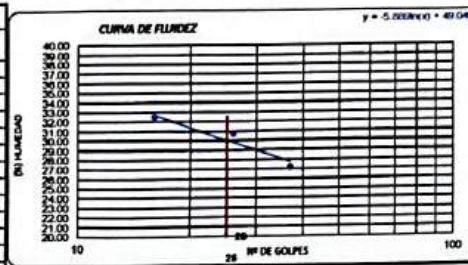
 TÉCNICO DE LABORATORIO



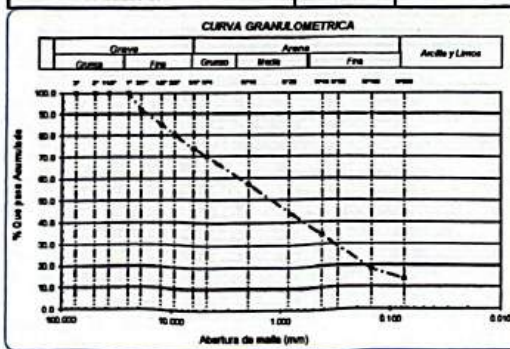
Tecnicista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Teoría : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 13 de Mayo de 2025
Cantera : Tres Tomas + 8% SBR
Repetición : 3

SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 309.128 : 1999
: N.T.P. 339.129
: N.T.P. 339.127: 1998

N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados Retenido	% Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	8.0	92.0
1/2"	12.500	14.7	85.3
3/8"	9.500	19.9	80.1
1/4"	6.300	28.3	73.7
N° 4	4.750	30.2	69.8
N° 10	2.000	42.9	57.1
N° 20	0.850	54.8	45.2
N° 40	0.425	65.9	34.1
N° 50	0.300	68.7	31.3
N° 100	0.150	81.7	18.3
N° 200	0.075	88.3	13.7



% Grava	G.G. %	8.0	30.2	Límite Líquido (LL)	30.09	(%)
	G.F. %	22.2		Límite Plástico (LP)	17.82	(%)
	A.G. %	12.7		Índice Plástico (IP)	12.16	(%)
% Arena	A.M. %	23.0	56.1	Clasificación (S.U.C.S.)		SM
	A.F. %	20.4		Descripción del suelo	Arena limosa con grava	
% Arcilla y Limo		13.7	13.7	Clasificación (AASHTO)		A-2-6 (0)
Total		100.0		Descripción		REGULAR
Control de Humedad		7.91				



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santa Teresita de Mogrovejo



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS
(NORMA: MTC E 210; ASTM D 5821)

Carers : Tres Tomas + 2% SBR
Repetición : 1

A.- CON UNA CARA FRACTURADA.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = ((B/A)*100)	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	3000.0 g.	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	1500.0 g.	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	750.0 g.	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	300.0 g.	—	—	—	—	—
1"	3/4"	150.0 g.	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	50.0 g.	210.0	215.0	102.4 %	0.6 %	0.6 %
1/2"	3/8"	30.0 g.	141.5	71.2	50.3 %	0.4 %	0.2 %
TOTAL		5780.0 g.	351.5 g.	286.2 g.		1.0 %	0.8 %

PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA = 81.3%

B.- CON DOS CARAS FRACTURADAS.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = ((B/A)*100)	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	3000.0 g.	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	1500.0 g.	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	750.0 g.	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	300.0 g.	—	—	—	—	—
1"	3/4"	150.0 g.	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	50.0 g.	310.4	221.0	71.2 %	0.6 %	0.4 %
1/2"	3/8"	30.0 g.	1054.0	90.0	8.5 %	0.4 %	0.0 %
TOTAL		5780.0 g.	1364.4 g.	311.0 g.		1.0 %	0.5 %

PORCENTAJE CON DOS CARAS FRACTURADAS = 45.9%

NOTA: La partículas fracturadas fue determinado por masa.

Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Testista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS
(NORMA: MTC E 210; ASTM D 5821)

Cantera : Tres Tomas + 2% SBR
Repetición : 2

A.- CON UNA CARA FRACTURADA.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = ((B/A)*100)	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	15000.0 g.	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	7500.0 g.	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	3000.0 g.	—	—	—	—	—
1"	3/4"	1500.0 g.	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	500.0 g.	209.0	212.0	101.4 %	0.6 %	0.6 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	138.7	73.0	52.6 %	0.4 %	0.2 %
TOTAL		57800.0 g.	347.7 g.	285.0 g.		1.0 %	0.8 %

PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA = 81.9%

B.- CON DOS CARAS FRACTURADAS.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = ((B/A)*100)	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	15000.0 g.	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	7500.0 g.	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	3000.0 g.	—	—	—	—	—
1"	3/4"	1500.0 g.	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	500.0 g.	315.0	210.0	66.7 %	0.6 %	0.4 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	1123.0	105.0	9.3 %	0.4 %	0.0 %
TOTAL		57800.0 g.	1438.0 g.	315.0 g.		1.0 %	0.4 %

PORCENTAJE CON DOS CARAS FRACTURADAS = 43.8%

NOTA: La partículas fracturadas fue determinado por masa.



Henry
 Rivadeneira
 Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



TÉCNICO DE LABORATORIO

Trabaja : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS
(NORMA: MTC E 210; ASTM D 5821)

Carbón : Tres Tomas + 2% SBR
Repetición : 3

A.- CON UNA CARA FRACTURADA.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = ((B/A)*100)	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	15000.0 g.	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	7500.0 g.	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	3000.0 g.	—	—	—	—	—
1"	3/4"	1500.0 g.	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	500.0 g.	223.5	215.0	96.2 %	0.6 %	0.6 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	148.0	82.8	56.6 %	0.4 %	0.2 %
TOTAL		57800.0 g.	389.5 g.	297.8 g.	—	1.0 %	0.8 %

PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA = 80.5%

B.- CON DOS CARAS FRACTURADAS.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = ((B/A)*100)	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	15000.0 g.	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	7500.0 g.	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	3000.0 g.	—	—	—	—	—
1"	3/4"	1500.0 g.	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	500.0 g.	317.0	205.0	64.7 %	0.6 %	0.4 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	1126.0	145.0	12.9 %	0.4 %	0.1 %
TOTAL		57800.0 g.	1443.0 g.	350.0 g.	—	1.0 %	0.4 %

PORCENTAJE CON DOS CARAS FRACTURADAS = 44.2%

NOTA: La partículas fracturadas fue determinado por masa.


Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT


LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO

Tesis : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS
(NORMA: MTC E 210; ASTM D 5821)

Carera
Tres Tomas + 4% SBR

Repetición
1

A.- CON UNA CARA FRACTURADA.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = ((B/A)*100)	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	15000.0 g.	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	7500.0 g.	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	3000.0 g.	—	—	—	—	—
1"	3/4"	1500.0 g.	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	500.0 g.	212.0	210.0	99.1 %	0.6 %	0.6 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	155.0	94.5	61.0 %	0.4 %	0.3 %
TOTAL		57800.0 g.	367.0 g.	304.5 g.		1.0 %	0.6 %

PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA = 82.9%

B.- CON DOS CARAS FRACTURADAS.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = ((B/A)*100)	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	15000.0 g.	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	7500.0 g.	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	3000.0 g.	—	—	—	—	—
1"	3/4"	1500.0 g.	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	500.0 g.	290.0	230.0	79.3 %	0.6 %	0.5 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	1043.0	95.6	9.2 %	0.4 %	0.0 %
TOTAL		57800.0 g.	1333.0 g.	325.6 g.		1.0 %	0.5 %

PORCENTAJE CON DOS CARAS FRACTURADAS = 49.6%

NOTA: La partículas fracturadas fue determinado por masa.



Henry Rivasneyra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Testista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Teste : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS
(NORMA: MTC E 210; ASTM D 5821)

Cantera : Tres Tomas + 4% SBR
Repetición : 2

A.- CON UNA CARA FRACTURADA.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = ((B/A)*100)	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL n	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	15000.0 g.	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	7500.0 g.	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	3000.0 g.	—	—	—	—	—
1"	3/4"	1500.0 g.	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	500.0 g.	234.0	215.0	91.9 %	0.8 %	0.8 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	155.0	98.0	63.2 %	0.4 %	0.3 %
TOTAL		57800.0 g.	389.0 g.	313.0 g.		1.0 %	0.8 %

PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA = 80.4%

B.- CON DOS CARAS FRACTURADAS.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = ((B/A)*100)	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL n	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	15000.0 g.	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	7500.0 g.	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	3000.0 g.	—	—	—	—	—
1"	3/4"	1500.0 g.	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	500.0 g.	250.0	190.0	76.0 %	0.8 %	0.5 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	1050.0	98.5	9.4 %	0.4 %	0.0 %
TOTAL		57800.0 g.	1300.0 g.	288.5 g.		1.0 %	0.5 %

PORCENTAJE CON DOS CARAS FRACTURADAS = 49.4%

NOTA: Las partículas fracturadas fue determinado por masa.


 Henry Rvadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT


LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Testeta : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Teste : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS
 (NORMA: MTC E 210; ASTM D 5821)

Cantera : Tres Tomas + 4% SBR
Repetición : 3

A.- CON UNA CARA FRACTURADA.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = ((B/A)*100)	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	15000.0 g.	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	7500.0 g.	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	3000.0 g.	—	—	—	—	—
1"	3/4"	1500.0 g.	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	500.0 g.	230.0	210.0	91.3 %	0.5 %	0.5 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	170.0	115.0	67.6 %	0.4 %	0.3 %
TOTAL		57800.0 g.	400.0 g.	325.0 g.		1.0 %	0.8 %

PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA = 81.2%

B.- CON DOS CARAS FRACTURADAS.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = ((B/A)*100)	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	15000.0 g.	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	7500.0 g.	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	3000.0 g.	—	—	—	—	—
1"	3/4"	1500.0 g.	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	500.0 g.	310.0	230.0	74.2 %	0.5 %	0.4 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	1030.0	105.0	10.2 %	0.4 %	0.0 %
TOTAL		57800.0 g.	1340.0 g.	335.0 g.		1.0 %	0.5 %

PORCENTAJE CON DOS CARAS FRACTURADAS = 48.9%

NOTA: La partículas fracturadas fue determinado por masa.


 Henry Rivas
 @blitas
 Tec. Laboratorio
 USAT


LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS
(NORMA: MTC E 210; ASTM D 5821)

Cantera : Tres Tornas + 6% SBR
Repetición : 1

A.- CON UNA CARA FRACTURADA.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = ((B/A)*100)	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	15000.0 g.	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	7500.0 g.	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	3000.0 g.	—	—	—	—	—
1"	3/4"	1500.0 g.	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	500.0 g.	222.0	225.0	101.4 %	0.6 %	0.6 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	150.0	80.0	53.3 %	0.4 %	0.2 %
TOTAL		57800.0 g.	372.0 g.	305.0 g.		1.0 %	0.8 %

PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA = 81.9%

B.- CON DOS CARAS FRACTURADAS.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = ((B/A)*100)	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	15000.0 g.	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	7500.0 g.	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	3000.0 g.	—	—	—	—	—
1"	3/4"	1500.0 g.	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	500.0 g.	317.0	235.0	74.1 %	0.6 %	0.4 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	1123.0	90.0	8.0 %	0.4 %	0.0 %
TOTAL		57800.0 g.	1440.0 g.	325.0 g.		1.0 %	0.5 %

PORCENTAJE CON DOS CARAS FRACTURADAS = 47.4%

NOTA: La partículas fracturadas fue determinado por masa.


Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT


LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT


TÉCNICO DE LABORATORIO



Tecnia : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tema : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS
(NORMA: MTC E 210; ASTM D 5821)

Cantera : Tres Tomas + 6% SBR
Repetición : 2

A.- CON UNA CARA FRACTURADA.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = ((B/A)*100)	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C + D
PASA	RETENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	15000.0 g.	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	7500.0 g.	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	3000.0 g.	—	—	—	—	—
1"	3/4"	1500.0 g.	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	500.0 g.	223.0	210.0	94.2 %	0.6 %	0.6 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	146.0	87.0	59.6 %	0.4 %	0.2 %
TOTAL		57800.0 g.	369.0 g.	297.0 g.		1.0 %	0.8 %

PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA = 88.4%

B.- CON DOS CARAS FRACTURADAS.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = ((B/A)*100)	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C + D
PASA	RETENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	15000.0 g.	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	7500.0 g.	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	3000.0 g.	—	—	—	—	—
1"	3/4"	1500.0 g.	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	500.0 g.	325.0	205.0	63.1 %	0.6 %	0.4 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	1125.0	82.0	7.3 %	0.4 %	0.0 %
TOTAL		57800.0 g.	1450.0 g.	287.0 g.		1.0 %	0.4 %

PORCENTAJE CON DOS CARAS FRACTURADAS = 41.0%

NOTA: La partículas fracturadas fue determinado por masa.


Henry Rivadeneira
@blitas
Tec. Laboratorio USAT


LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesiata : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS
(NORMA: MTC E 219; ASTM D 5821)

Cantera : Tres Tomas + 6% SBR
Repetición : 3

A.- CON UNA CARA FRACTURADA.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = (B/A)*100	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	15000.0 g.	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	7500.0 g.	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	3000.0 g.	—	—	—	—	—
1"	3/4"	1500.0 g.	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	500.0 g.	214.0	208.0	97.2 %	0.6 %	0.6 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	142.0	83.0	58.5 %	0.4 %	0.2 %
TOTAL		57800.0 g.	356.0 g.	291.0 g.		1.0 %	0.8 %


PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA = 81.7%

B.- CON DOS CARAS FRACTURADAS.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = (B/A)*100	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	15000.0 g.	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	7500.0 g.	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	3000.0 g.	—	—	—	—	—
1"	3/4"	1500.0 g.	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	500.0 g.	275.0	198.0	72.0 %	0.6 %	0.4 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	1150.0	90.0	7.8 %	0.4 %	0.0 %
TOTAL		57800.0 g.	1425.0 g.	288.0 g.		1.0 %	0.5 %

PORCENTAJE CON DOS CARAS FRACTURADAS = 46.4%

NOTA: La partículas fracturadas fue determinado por masa.


Henry Rivadenebra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Testista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo 08 de Mayo de 2025

ENSAYO : RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2") POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES

REFERENCIA : Norma MTC E 207 / ASTM C-131

Cantera : Tres Tomas + 2% SBR

Repetición : 1

% de desgaste por abrasión	%	21.8
% de uniformidad	%	0.8

Requerimien: 40 % Maximo

OBSERVACIONES:

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante.
- La muestra fue tamizada por la malla de 2" y 3/8"
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", N° de esferas : 11, Revoluciones : total 500

Henry Rivas Obitas
Tec. Laboratorio
USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo 08 de Mayo de 2025

ENSAYO : RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2") POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES

REFERENCIA : Norma MTC E 207 / ASTM C-131

Cantera : Tres Tomas + 2% SBR

Repetición : 2

% de desgaste por abrasión	%	21.2
% de uniformidad	%	0.9

Requerimien: 40 % Máximo

OBSERVACIONES:

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante.
- La muestra fue tamizada por la malla de 2" y 3/8"
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", N° de esferas 25, revoluciones: total


 Henry Rivadeneira
 Cobitas
 Tec. Laboratorio
 USAT


LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tests : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo 08 de Mayo de 2025

ENSAYO : RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2") POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES

REFERENCIA : Norma MTC E 207 / ASTM C-131

Cantera : Tres Tomas + 2% SBR

Repetición : 3

% de desgaste por abrasión	%	19.7
% de uniformidad	%	0.8

Requerimien: 40 % Maximo

OBSERVACIONES:

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante.
- La muestra fue tamizada por la malla de 2" y 3/8"
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", N° de esferas 3, Revoluciones total 500



Henry
Ruadenevra
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo



TÉCNICO DE LABORATORIO



Testeta : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Testis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo 08 de Mayo de 2025

ENSAYO : RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2") POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES

REFERENCIA : Norma MTC E 207 / ASTM C-131

Cantera : Tres Tomas + 4% SBR

Repetición : 1

% de desgaste por abrasión	%	19.5
% de uniformidad	%	0.8

Requerimien: 40 % Maximo

OBSERVACIONES:

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante.
- La muestra fue tamizada por la malla de 2" y 3/8"
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", N° de esferas : 11, Revoluciones : total 500



Henry
Ruadeneyra
Obítas
Tec. Laboratorio
USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Testista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo 08 de Mayo de 2025

ENSAYO : RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2") POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES

REFERENCIA : Norma MTC E 207 / ASTM C-131

Cantera : Tres Tomas + 4% SBR

Repetición : 2

% de desgaste por abrasión	%	22.1
% de uniformidad	%	0.8

Requerimien: 40 % Maximo

OBSERVACIONES :

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante.
- La muestra fue tamizada por la malla de 2" y 3/8"
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", N° de esferas : 11, Revoluciones : total 500



Henty Rivasdeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Testista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Testis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo 08 de Mayo de 2025

ENSAYO : RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2") POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES

REFERENCIA : Norma MTC E 207 / ASTM C-131

Cantera : Tres Tomas + 4% SBR

Repetición : 3

% de desgaste por abrasión	%	20.3
% de uniformidad	%	0.7

Requerimien: 40 % Maximo

OBSERVACIONES :

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante.
- La muestra fue tamizada por la malla de 2" y 3/8"
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", Nº de esferas : 11




Henry Rivadeneira
@blitas
Tec. Laboratorio
USAT




TÉCNICO DE LABORATORIO



Testista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tests : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo 08 de Mayo de 2025

ENSAYO : RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2") POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES

REFERENCIA : Norma MTC E 207 / ASTM C-131

Cantera : Tres Tomas + 6% SBR

Repetición : 1

% de desgaste por abrasión	%	22.2
% de uniformidad	%	0.8

Requerimien: 40 % Máximo

OBSERVACIONES:

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante.
- La muestra fue tamizada por la malla de 2" y 3/8"
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", Nº de esferas : total 9 revoluciones : total 9



Henry Ruedenebra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo 08 de Mayo de 2025

ENSAYO : RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2") POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES

REFERENCIA : Norma MTC E 207 / ASTM C-131

Cantera : Tres Tomas + 6% SBR

Repetición : 2

% de desgaste por abrasión	%	21.0
% de uniformidad	%	0.9

Requerimien: 40 % Maximo

OBSERVACIONES:

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante.
- La muestra fue tamizada por la malla de 2" y 3/8"
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", N° de esferas: 50; Revoluciones total 500



Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo 08 de Mayo de 2025

ENSAYO : RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2") POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES

REFERENCIA : Norma MTC E 207 / ASTM C-131

Cantera : Tres Tomas + 6% SBR

Repetición : 3

% de desgaste por abrasión	%	17.9
% de uniformidad	%	0.9

Requerimien: 40 % Maximo

OBSERVACIONES:

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante.
- La muestra fue tamizada por la malla de 2" y 3/8"
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", N° de esferas: 11, Relojes: 1; total 500

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



Henry Ravalenebra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo



TECNICO DE LABORATORIO



PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADO GRUESO

ASMT D- 4791-99

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025
Cantera : Tres Tomas + 2% SBR
Repetición : 1

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS		
TAMIZ	ABERTURA	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) CORR.	PESO	(%)	(%) CORR.
(pulg)	(mm)									
3/4"	19.00			100.00						
1/2"	12.50	2000.0	100.00	-	1645	82.25		139	6.95	
3/8"	9.50	0.0	-	-	0	-		0	-	
1/4"	6.30	0.0	-	-	0	-		0	-	
			TOTAL		1645	82.25		139	6.95	

PESO TOTAL DE LA MUESTRA (g) 2000.0

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%) 89.2 **ESPECIFICACIÓN 15% Max.**

TOTAL DE CHATAS Y ALARGADAS (%) 10.8

OBSERVACIONES: El ensayo se realizó con la relación dimensional 1:3



Henry Rivadeneira Oblitas
Téc. Laboratorio USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADO GRUESO

ASMT D- 4791-99

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025
Cantera : Tres Tomas + 2% SBR
Repetición : 2

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS		
TAMIZ	ABERTURA	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) CORR.	PESO	(%)	(%) CORR.
(pulg)	(mm)									
3/4"	19.00			100.00						
1/2"	12.50	2000.0	100.00	-	1670	83.50		142	7.10	
3/8"	9.50	0.0	-	-	0	-		0	-	
1/4"	6.30	0.0	-	-	0	-		0	-	
			TOTAL		1670	83.50		142	7.10	

PESO TOTAL DE LA MUESTRA (g) 2000.0

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%) 90.6 ESPECIFICACIÓN 15% Max.

TOTAL DE CHATAS Y ALARGADAS (%) 9.4

OBSERVACIONES: El ensayo se realizó con la relación dimensional 1:3



Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADO GRUESO

ASMT D- 4791-99

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025
Cantera : Tres Tomas + 2% SBR
Repetición : 3

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS		
TAMIZ	ABERTURA	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) CORR.	PESO	(%)	(%) CORR.
(pulg)	(mm)									
3/4"	19.00			100.00						
1/2"	12.50	2000.0	100.00	-	1660	83.00		140	7.00	
3/8"	9.50	0.0	-	-	0	-		0	-	
1/4"	6.30	0.0	-	-	0	-		0	-	
			TOTAL		1660	83.00		140	7.00	

PESO TOTAL DE LA MUESTRA (g) 2000.0

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%) 90.0 ESPECIFICACIÓN 15% Max.

TOTAL DE CHATAS Y ALARGADAS (%) 10.0

OBSERVACIONES: El ensayo se realizó con la relación dimensional 1:3



Henry
Ruedenebra
Obilitas
Tec. Laboratorio
USAT




LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO





PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADO GRUESO

ASMT D- 4791-89

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025
Cantera : Tres Tomas + 4% SBR
Repetición : 1

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS		
TAMIZ	ABERTURA	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) CORR.	PESO	(%)	(%) CORR.
(pulg)	(mm)									
3/4"	19.00			100.00						
1/2"	12.50	2000.0	100.00	-	1660	83.00		150	7.50	
3/8"	9.50	0.0	-	-	0	-		0	-	
1/4"	6.30	0.0	-	-	0	-		0	-	
				TOTAL	1660	83.00		150	7.50	

PESO TOTAL DE LA MUESTRA (g) 2000.0

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%) 90.5 ESPECIFICACIÓN 15% Max.

TOTAL DE CHATAS Y ALARGADAS (%) 9.5

OBSERVACIONES: El ensayo se realizó con la relación dimensional 1:3



Henry Ruydeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADO GRUESO

ASMT D- 4791-99

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025
Cantera : Tres Tomas + 4% SBR
Repetición : 2

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS		
TAMIZ	ABERTURA	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) CORR.	PESO	(%)	(%) CORR.
(pulg)	(mm)									
3/4"	19.00			100.00						
1/2"	12.50	2000.0	100.00	-	1680	84.00		135	6.75	
3/8"	9.50	0.0	-	-	0	-		0	-	
1/4"	6.30	0.0	-	-	0	-		0	-	
			TOTAL		1680	84.00		135	6.75	

PESO TOTAL DE LA MUESTRA (g) 2000.0

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%) 90.8 ESPECIFICACIÓN 15% Max.

TOTAL DE CHATAS Y ALARGADAS (%) 9.2

OBSERVACIONES: El ensayo se realizó con la relación dimensional 1:3



Henry
Ruzdeneyra
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADO GRUESO

ASMT D- 4791-99

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025
Cantera : Tres Tomas + 4% SBR
Repetición : 3

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS		
TAMIZ	ABERTURA	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) CORR.	PESO	(%)	(%) CORR.
(pulg)	(mm)									
3/4"	19.00			100.00						
1/2"	12.50	2000.0	100.00	-	1685	84.25		105	5.25	
3/8"	9.50	0.0	-	-	0	-		0	-	
1/4"	6.30	0.0	-	-	0	-		0	-	
			TOTAL		1685	84.25		105	5.25	

PESO TOTAL DE LA MUESTRA (g) 2000.0

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%) 89.5 **ESPECIFICACIÓN 15% Max.**

TOTAL DE CHATAS Y ALARGADAS (%) 10.5

OBSERVACIONES: El ensayo se realizó con la relación dimensional 1:3



Henry Rivas Obitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



TÉCNICO DE LABORATORIO



PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADO GRUESO

ASMT D- 4791-99

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025
Cantera : Tres Tomas + 6% SBR
Repetición : 1

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS		
TAMIZ	ABERTURA	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) CORR.	PESO	(%)	(%) CORR.
(pulg)	(mm)									
3/4"	19.00			100.00						
1/2"	12.50	2000.0	100.00	-	1615	80.75		170	8.50	
3/8"	9.50	0.0	-	-	0	-		0	-	
1/4"	6.30	0.0	-	-	0	-		0	-	
			TOTAL		1615	80.75		170	8.50	

PESO TOTAL DE LA MUESTRA (g) 2000.0

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%) 89.3 **ESPECIFICACIÓN 15% Max.**

TOTAL DE CHATAS Y ALARGADAS (%) 10.7

OBSERVACIONES: El ensayo se realizó con la relación dimensional 1:3



Henry Ruydeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADO GRUESO

ASMT D- 4791-99

Tecista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025
Cantera : Tres Tomas + 6% SBR
Repetición : 2

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS		
TAMIZ	ABERTURA	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) CORR.	PESO	(%)	(%) CORR.
(pulg)	(mm)									
3/4"	19.00			100.00						
1/2"	12.50	2000.0	100.00	-	1673	83.65		149	7.45	
3/8"	9.50	0.0	-	-	0	-		0	-	
1/4"	6.30	0.0	-	-	0	-		0	-	
			TOTAL		1673	83.65		149	7.45	

PESO TOTAL DE LA MUESTRA (g) 2000.0

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%) 91.1 **ESPECIFICACIÓN 15% Max.**

TOTAL DE CHATAS Y ALARGADAS (%) 8.9

OBSERVACIONES: El ensayo se realizó con la relación dimensional 1:3



Henry Rivasdeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT


LABORATORIO DE BUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADO GRUESO

ASMT D- 4791-99

Tenista : Calle García, Diego Alajusco
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025
Carrera : Tercer Tomos + 6% SBR
Repetición : 3

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS		
TAMIZ	ABERTURA	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) CORR.	PESO	(%)	(%) CORR.
(pulg)	(mm)									
3/4"	19.00			100.00						
1/2"	12.50	3500.0	100.00	-	1875	53.57		1010	28.86	
3/8"	9.50	0.0	-	-	0	-		0	-	
1/4"	6.30	0.0	-	-	0	-		0	-	
			TOTAL		1875	53.57		1010	28.86	

PESO TOTAL DE LA MUESTRA (g) 3500.0

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%) 82.4 **ESPECIFICACIÓN 15% Max.**

TOTAL DE CHATAS Y ALARGADAS (%) 17.6

OBSERVACIONES: El ensayo se realizó con la relación dimensional 1:3



Henry Rivas
Rivas
@bilias
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Tomás de Magno

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO





Testista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Temas : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Mayo de 2025

Ensayo : SUELOS. Metodo de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.

Referencia : NTP 400.019 - 2002

EXAMEN CUANTITATIVO

Cantera : Tres Tomas + 2% SBR
Repetición : 1

I.- DATOS

MUESTRA N°	1	2	3
TAMANO MAXIMA (mm.)	N° 4	N° 4	N° 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm.)	10.30	10.00	9.20
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	5.20	5.00	5.80
EQUIVALENTE DE ARENA	50.49 %	50.00 %	63.04 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	55 %		
ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 (Ref. EG-200)			
Mínimo : 35% Min			

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizados por el Solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.


Henry
Obillas
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Mayo de 2025

Ensayo : SUELOS. Metodo de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.

Referencia : NTP 400.019 - 2002

EXAMEN CUANTITATIVO

Cantera : Tres Tomas + 2% SBR
Repetición : 2

I.- DATOS

MUESTRA N°	1	2	3
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	N° 4	N° 4	N° 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm)	10.70	11.20	10.30
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	5.00	6.20	6.10
EQUIVALENTE DE ARENA	46.73 %	55.36 %	59.22 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	54 %		
ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 (Ref. EG-20)			
Mínimo : 35% Min			

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizados por el Solicitante.
- El presente documento no debera ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Henry
Rivas
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Mayo de 2025

Ensayo : SUELOS. Metodo de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.

Referencia : NTP 400.019 - 2002

EXAMEN CUANTITATIVO

Cantera : Tres Tomas + 2% SBR
Repetición : 3

I.- DATOS

MUESTRA N°	1	2	3
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	N° 4	N° 4	N° 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm)	10.90	11.10	10.50
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	6.30	6.10	5.80
EQUIVALENTE DE ARENA	57.80 %	54.95 %	55.24 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	56 %		
ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 (Ref. EG-20)			
Minimo : 35% Min			

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizados por el Solicitante.
- El presente documento no debera ser reproducido sin la autorización expresa del laboratorio.



Henry
Rivasdeneyra
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Mayo de 2025

Ensayo : SUELOS. Metodo de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.

Referencia : NTP 400.019 - 2002

EXAMEN CUANTITATIVO

Cantera : Tres Tomas + 4% SBR
Repetición : 1

I.- DATOS

MUESTRA N°	1	2	3
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	N° 4	N° 4	N° 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm.)	11.90	11.10	10.50
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	5.80	5.50	4.90
EQUIVALENTE DE ARENA	48.74 %	49.55 %	46.67 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	49 %		
ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 (Ref. EG-200)			
Minimo : 35% Min			

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizados por el Solicitante.
- El presente documento no debera ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Henry R. Padenevra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo






TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Mayo de 2025

Ensayo : SUELOS. Metodo de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.

Referencia : NTP 400.019 - 2002

EXAMEN CUANTITATIVO

Cantera : Tres Tomas + 4% SBR
Repetición : 3

I.- DATOS

MUESTRA N°	1	2	3
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	N° 4	N° 4	N° 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm)	10.70	10.90	10.40
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	5.50	5.50	5.20
EQUIVALENTE DE ARENA	51.40 %	50.46 %	50.00 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	51 %		
ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 (Ref. EG-20)			
Minimo : 35% Min			

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizados por el Solicitante.
- El presente documento no debera ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Henry Ruedenebra
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Mayo de 2025

Ensayo : SUELOS. Metodo de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.

Referencia : NTP 400.019 - 2002

EXAMEN CUANTITATIVO

Cantera : Tres Tomas + 4% SBR
Repetición : 2

I.- DATOS

MUESTRA N°	1	2	3
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	N° 4	N° 4	N° 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm)	10.90	10.80	10.50
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	5.80	5.50	4.90
EQUIVALENTE DE ARENA	53.21 %	50.93 %	46.67 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	51 %		
ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 (Ref. EG-200)			
Minimo : 35% Min			

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizados por el Solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Henry Rivadeneyra
@blitas
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Mayo de 2025

Ensayo : SUELOS. Metodo de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.

Referencia : NTP 400.019 - 2002

EXAMEN CUANTITATIVO

Cantera : Tres Tomas + 6% SBR
Repetición : 1

I.- DATOS

MUESTRA N°	1	2	3
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	N° 4	N° 4	N° 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm.)	10.30	10.90	10.80
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	4.50	4.60	4.90
EQUIVALENTE DE ARENA	43.69 %	42.20 %	45.37 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	44 %		
ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 (Ref. EG-200)			
Minimo : 35% Min			

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizados por el Solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Henry Rivas Obilias
Tec. Laboratorio
USAT





TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Mayo de 2025

Ensayo : SUELOS. Metodo de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.

Referencia : NTP 400.019 - 2002

EXAMEN CUANTITATIVO

Cantera : Tres Tomas + 6% SBR
Repetición : 2

I.- DATOS

MUESTRA N°	1	2	3
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	N° 4	N° 4	N° 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm)	10.70	10.90	11.30
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	4.70	5.20	5.20
EQUIVALENTE DE ARENA	43.93 %	47.71 %	46.02 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	46 %		
ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 (Ref. EG-20)			
Minimo : 35% Min			

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizados por el Solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización expresa del laboratorio.



Henry Bivadenebra
@bitas
Tec. Laboratorio
USAT




USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Mayo de 2025

Ensayo : SUELOS. Metodo de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.
Referencia : NTP 400.019 - 2002

EXAMEN CUANTITATIVO

Cantera : Tres Tomas + 6% SBR
Repetición : 3

I.- DATOS

MUESTRA N°	1	2	3
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	N° 4	N° 4	N° 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm)	11.60	12.10	11.10
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	5.20	5.40	5.00
EQUIVALENTE DE ARENA	44.83 %	44.63 %	45.05 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	45 %		
ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 (Ref. EG-200)			
Minimo : 35% Min			

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizados por el Solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Henry Rueda Obitias
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



TÉCNICO DE LABORATORIO



Testista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025

ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

REFERENCIA : NTP 339.152 / USBR E - 8

Cantera: Tres Tomas + 2% SBR

Repetición: 1

Constituyentes de sales solubles totales	ppm	1000
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.10

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el Solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)



Henry Rivasdeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025

ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

REFERENCIA : NTP 339.152 / USBR E - 8

Cantera: Tres Tomas + 2% SBR

Repetición: 2

Constituyentes de sales solubles totales	ppm	900
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.09

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el Solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)



Hervy Rivascheyra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025

ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

REFERENCIA : NTP 339.152 / USBR E - 8

Cantera: Tres Tomas + 2% SBR

Repetición: 3

Constituyentes de sales solubles totales	ppm	900
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.09

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el Solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)



Henry Rivadeneira
@bitas
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025

ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

REFERENCIA : NTP 339.152 / USBR E - 8

Cantera: Tres Tomas + 4% SBR

Repetición: 1

Constituyentes de sales solubles totales	ppm	1800
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.18

OBSERVACIONES :

1) Muestreo e identificación realizado por el Solicitante

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)



Henry
Rivasdeneyra
@blitas
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025

ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

REFERENCIA : NTP 339.152 / USBR E - 8

Cantera: Tres Tomas + 4% SBR

Repetición: 2

Constituyentes de sales solubles totales	ppm	1700
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.17

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el Solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)



Henry Ruedenebra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025

ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

REFERENCIA : NTP 339.152 / USBR E - 8

Cantera: Tres Tomas + 6% SBR

Repetición: 3

Constituyentes de sales solubles totales	ppm	1700
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.17

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el Solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)



Henry Rivasdeheyma
Odilias
Téc. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025

ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

REFERENCIA : NTP 339.152 / USBR E - 8

Cantera: Tres Tomas + 6% SBR

Repetición: 1

Constituyentes de sales solubles totales	ppm	1200
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.12

OBSERVACIONES :

1) Muestreo e identificación realizado por el Solicitante

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)



Henry Pineda
Oblitos
Téc. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025

ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

REFERENCIA : NTP 339.152 / USBR E - 8

Cantera: Tres Tomas + 6% SBR

Repetición: 2

Constituyentes de sales solubles totales	ppm	1300
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.14

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el Solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)



Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025

ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

REFERENCIA : NTP 339.152 / USBR E - 8


Cantera: Tres Tomas + 6% SBR

Repetición: 3


Constituyentes de sales solubles totales	ppm	1300
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.13

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el Solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)



Henry Avadeneyra
@blitas
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lb/pe³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

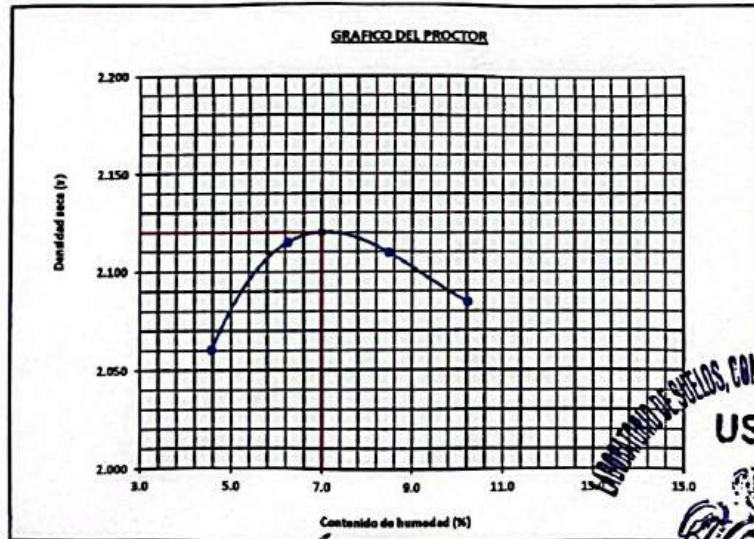
Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 16 de Mayo de 2025
Cantera : Tres Tomas + 2% SBR
Repetición : 1

Número de ensayo	1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g. 10898	11105	11197	11217
Peso del molde	g. 6099	6099	6099	6099
Peso del suelo húmedo compactado	g. 4799	5006	5098	5118
Volumen del molde	cm ³ 2227.5	2227.5	2227.5	2227.5
Peso del volumen húmedo	g/cm ³ 2.154	2.247	2.289	2.298

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente	1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g. 215.60	189.60	175.80	164.50
Peso del suelo seco + tara	g. 208.00	180.00	167.00	153.00
Peso de tara	g. 41.50	26.50	63.20	40.50
Peso de agua	g. 7.6	9.6	8.8	11.5
Peso de suelo seco	g. 166.5	153.5	103.8	112.5
Contenido de agua	% 4.6	6.3	8.5	10.2
Peso volumétrico seco	g/cm ³ 2.060	2.115	2.110	2.085

DENSIDAD MAXIMA SECA	2.120	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	7.00	%



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



[Handwritten Signature]
USAT
Laboratorio de Suelos y Pavimentos
Escuela de Ingeniería Civil
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

TÉCNICO DE LABORATORIO

Personal del Área de Control de Calidad: Jairo... Especialista de Suelos y Pavimentos o Ingeniero de Laboratorio de...



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lb/pie³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

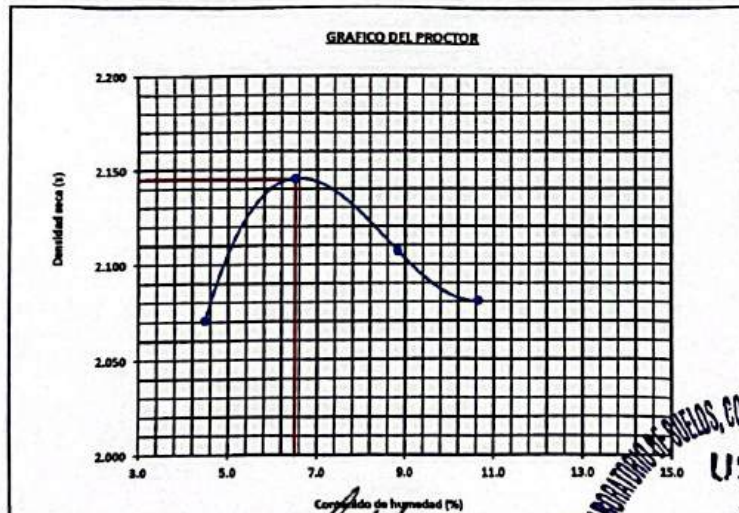
Tesista : Calle García, Diego Alejandro
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha : Chiclayo, 16 de Mayo de 2025
 Cantera : Tres Tomas + 2% SBR
 Repetición : 2

Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	10918	11190	11207	11227
Peso del molde	g.	6099	6099	6099	6099
Peso del suelo húmedo compactado	g.	4819	5091	5108	5128
Volumen del molde	cm ³	2227.5	2227.5	2227.5	2227.5
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	2.163	2.286	2.293	2.302

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	134.60	195.60	175.80	162.50
Peso del suelo seco + tara	g.	129.50	184.90	165.00	150.00
Peso de tara	g.	15.60	20.60	42.60	32.60
Peso de agua	g.	5.1	10.7	10.8	12.5
Peso de suelo seco	g.	113.9	164.3	122.4	117.4
Contenido de agua	%	4.5	6.5	8.8	10.6
Peso volumétrico seco	g/cm ³	2.071	2.146	2.107	2.081

DENSIDAD MAXIMA SECA	2.145	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	6.50	%



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT



Henry Ruvdeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

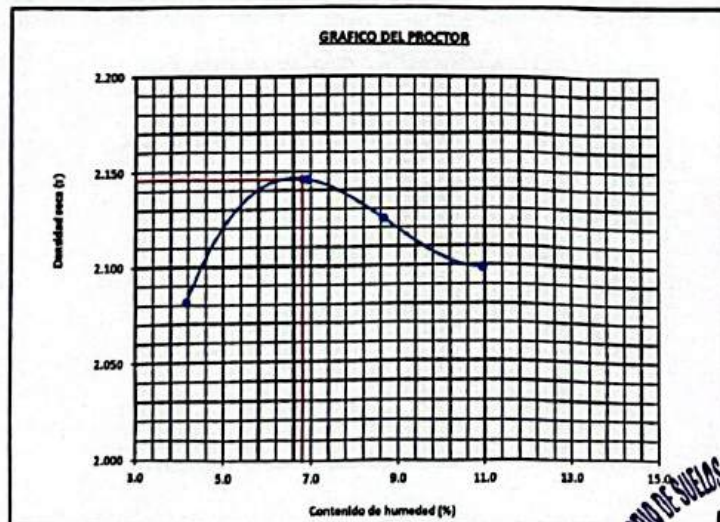
Tesista : Calle García, Diego Alejandro
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha : Chiclayo, 16 de Mayo de 2025
 Cantera : Tres Tomas + 2% SBR
 Repetición : 3

Número de ensayo	1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g. 10928	11210	11242	11286
Peso del molde	g. 6099	6099	6099	6099
Peso del suelo húmedo compactado	g. 4829	5111	5143	5187
Volumen del molde	cm ³ 2227.5	2227.5	2227.5	2227.5
Peso del volumen húmedo	g/cm ³ 2.168	2.295	2.309	2.329

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente	1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g. 195.60	215.60	184.60	165.50
Peso del suelo seco + tara	g. 189.50	204.00	173.20	154.00
Peso de tara	g. 42.60	36.50	41.50	48.00
Peso de agua	g. 6.1	11.6	11.4	11.5
Peso de suelo seco	g. 146.9	167.5	131.7	105.1
Contenido de agua	% 4.2	6.9	8.7	10.9
Peso volumétrico seco	g/cm ³ 2.081	2.146	2.125	2.099

DENSIDAD MAXIMA SECA	2.146	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	6.80	%



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO

Personal del Área de Control de Calidad: Jefe de Control de Calidad

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lb/pe³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Testista : Calle García, Diego Alejandro
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha : Chiclayo, 16 de Mayo de 2025
 Cantera : Tres Tomas + 2% SBR
 Repetición : Promedio

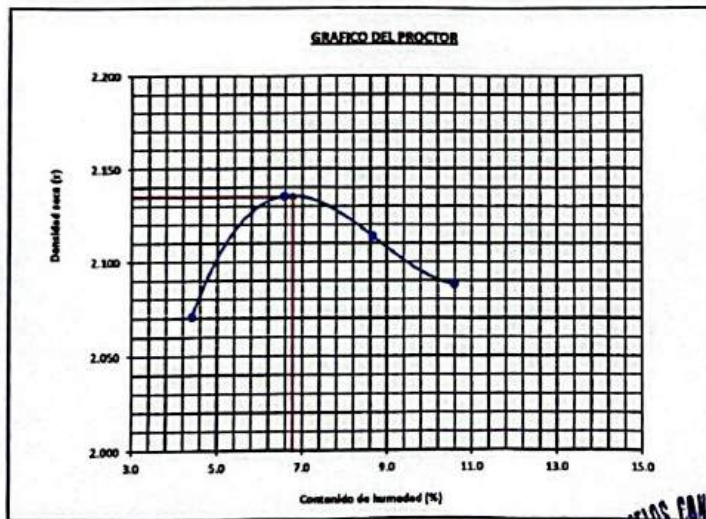
PROFUNDIDAD 1.00 m - 1.50 m

Número de ensayo	1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g 10915	11168	11215	11243
Peso del molde	g 6099	6099	6099	6099
Peso del suelo húmedo compactado	g 4818	5069	5116	5144
Volumen del molde	cm ³ 2228	2228	2228	2228
Peso del volumen húmedo	g/cm ³ 2.162	2.276	2.297	2.309

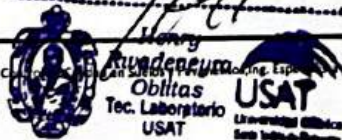
CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente	1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g 181.93	200.27	178.73	164.17
Peso del suelo seco + tara	g 175.67	189.63	168.40	152.33
Peso de tara	g 33.23	27.87	49.10	40.67
Peso de agua	g 6.27	10.63	10.33	11.83
Peso de suelo seco	g 142.43	161.77	119.30	111.67
Contenido de agua	% 4.4	6.6	8.7	10.6
Peso volumétrico seco	g/cm ³ 2.071	2.135	2.114	2.088

DENSIDAD MAXIMA SECA	2.135	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	6.77	%



Personal del área de Control de Calidad: Jefe de Control de Calidad: *[Signature]* Henry Obllitas



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (58000 pie-lbf/pe³))
N.T.P. 338.141 ASTM D - 1557

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha : Chiclayo, 16 de Mayo de 2025
 Canteras : Tres Tomas + 4% SBR
 Repetición : 1

PROFUNDIDAD 1.00 m - 1.50 m

Número de ensayo	1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g 10894	11198	11217	11227
Peso del molde	g 8098	6099	6099	6099
Peso del suelo húmedo compactado	g 4795	5099	5118	5128
Volumen del molde	cm ³ 2227.5	2227.5	2227.5	2227.5
Peso del volumen húmedo	g/cm ³ 2.153	2.289	2.298	2.302

CONTENIDO DE HUMEDAD

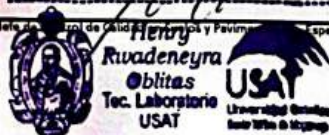
Nº Recipiente	1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g 145.90	174.50	168.90	152.50
Peso del suelo seco + tara	g 141.20	165.00	161.20	143.20
Peso de tara	g 41.50	26.50	63.20	40.50
Peso de agua	g 4.7	9.5	7.7	9.3
Peso de suelo seco	g 99.7	138.5	98	102.7
Contenido de agua	% 4.7	6.9	7.9	9.1
Peso volumétrico seco	g/cm ³ 2.056	2.142	2.130	2.111

DENSIDAD MÁXIMA SECA	2.142	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	6.80	%



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT

Personal del área de Control de Calidad: Jefe de Área de Control de Calidad y Pavimentos: Especialista de Suelos y Pavimentos o Ingeniero



TÉCNICO DE LABORATORIO

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (58000 pie-lb/ft³))
 N.T.P. 338.141 ASTM D - 1557

Técnico : Calle García, Diego Alejandro
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tema : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la edición del polímero SBR para pavimento flexible.
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha : Chiclayo, 16 de Mayo de 2025
 Cantera : Tres Tomas + 4% SBR
 Repetición : 2

PROFUNDIDAD 1.00 m - 1.50 m

Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g	10918	11180	11197	11217
Peso del molde	g	6099	6099	6099	6099
Peso del suelo húmedo compactado	g	4819	5061	5098	5118
Volumen del molde	cm ³	2227.8	2227.5	2227.5	2227.5
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	2.163	2.281	2.289	2.298

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g	134.60	145.80	165.90	162.50
Peso del suelo seco + tara	g	130.00	138.00	155.20	148.80
Peso de tara	g	21.40	26.50	32.50	42.80
Peso de agua	g	4.6	6.8	10.7	12.7
Peso de suelo seco	g	106.6	112.5	122.7	107.2
Contenido de agua	%	4.2	6.0	8.7	11.8
Peso volumétrico seco	g/cm ³	2.075	2.151	2.105	2.054

DENSIDAD MÁXIMA SECA	2.162	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	6.40	%



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



Henry
 Fundación
 @bitas
 Tec. Laboratorio
 USAT

TECNICO DE LABORATORIO

Personal del Área de Control de Calidad: Jairo... Personal del Área de Soporte y Mantenimiento: Suplicor... Personal del Laboratorio de Física...

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (60000 pie-lbf/pe³))
N.T.P. 338.141 ASTM D - 1557

Tecnia : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tema : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 16 de Mayo de 2025
Cantera : Tres Tomas + 4% SBR
Repetición : 3

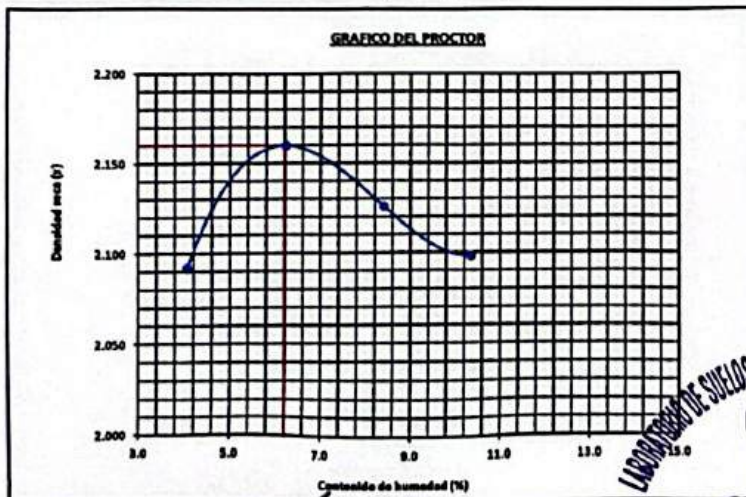
PROFUNDIDAD 1.00 m - 1.60 m

Número de ensayo	1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g 10048	11210	11232	11288
Peso del molde	g 6099	6099	6099	6099
Peso del suelo húmedo compactado	g 4649	5111	5133	5157
Volumen del molde	cm ³ 2227.5	2227.5	2227.5	2227.5
Peso del volumen húmedo	g/cm ³ 2.177	2.295	2.304	2.315

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente	1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g 195.80	174.50	156.90	152.40
Peso del suelo seco + tara	g 189.00	166.00	147.50	142.00
Peso de tara	g 26.50	29.00	35.00	41.00
Peso de agua	g 6.5	8.5	9.4	10.4
Peso de suelo seco	g 162.5	136.4	111.9	100.5
Contenido de agua	% 4.1	6.2	8.4	10.3
Peso volumétrico seco	g/cm ³ 2.092	2.160	2.126	2.098

DENSIDAD MAXIMA SECA	2.160	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	6.20	%



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT

Henty Rivadeneira
 Ingeniero Civil
 Tec. Laboratorio
 USAT



TECNICO DE LABORATORIO

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe³))
 N.T.P. 338.141 ASTM D - 1557

Testata : Calle García, Diego Alejandro
 Escuela : Ingeniería Civil
 Teala : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha : Chiclayo, 16 de Mayo de 2023
 Cantera : Tres Tomas + 4% SBR
 Repetición : Promedio

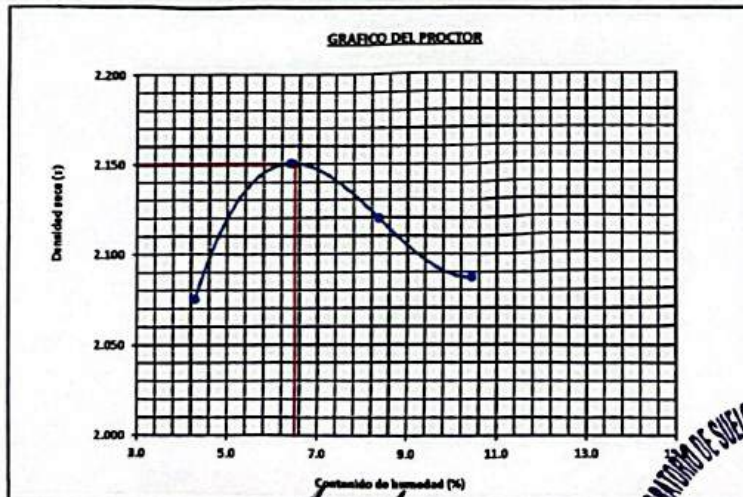
PROFUNDIDAD 1.00 m - 1.50 m

Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g	10920	11196	11215.33333	11233.3333
Peso del molde	g	6099	6099	6099	6099
Peso del suelo húmedo compactado	g	4821	5097	5116.333333	5134.33333
Volumen del molde	cm ³	2227.5	2227.5	2227.5	2227.5
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	2.164	2.288	2.297	2.305

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g	158.70	164.93	163.90	155.80
Peso del suelo seco + tara	g	153.40	158.87	154.63	145.00
Peso de tara	g	29.80	27.53	43.77	41.53
Peso de agua	g	5.3	8.3	9.3	10.8
Peso de suelo seco	g	123.6	129.1	110.9	103.5
Contenido de agua	%	4.3	6.4	8.4	10.4
Peso volumétrico seco	g/cm ³	2.075	2.151	2.120	2.087

DENSIDAD MAXIMA SECA	2.150	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	6.50	%



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 USAT



Henry Rivasneynra
 Obra y Pavimentos
 Tec. Laboratorio
 USAT



Personal del Área de Control de Calidad: Jefe de Calidad Obra y Pavimentos, Especialista de Suelos y Pavimentos ó Ingeniero de Laboratorio

TÉCNICO DE LABORATORIO

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 ple-ibf/ple³))
 N.T.P. 338.141 ASTM D - 1557

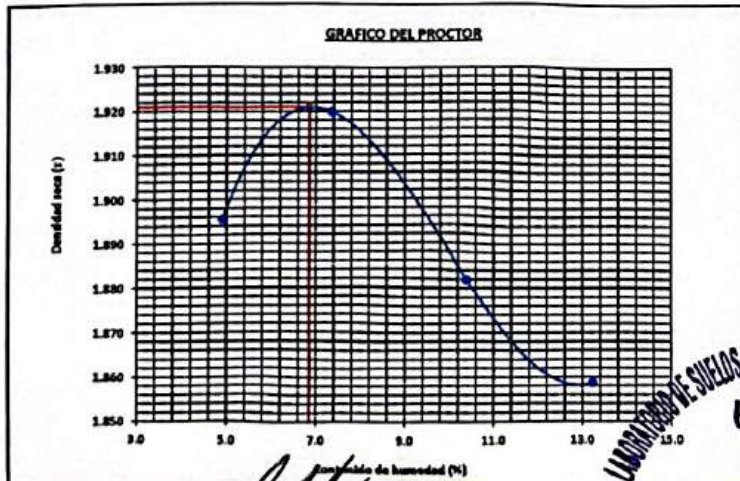
Tealsta : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Teal : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 16 de Mayo de 2025
Cantera : Tres Tomas + 6% SBR
Repetición: : 1

Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g	10528	10690	10727	10787
Peso del molde	g	8099	8099	8099	8099
Peso del suelo húmedo compactado	g	4420	4591	4628	4688
Volumen del molde	cm ³	2227.5	2227.5	2227.5	2227.5
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.966	2.061	2.078	2.105

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g	197.80	210.50	178.90	145.80
Peso del suelo seco + tara	g	180.50	187.90	168.00	133.50
Peso de tara	g	41.50	28.50	63.20	40.50
Peso de agua	g	7.3	12.6	10.9	12.3
Peso de suelo seco	g	149	171.4	104.8	93
Contenido de agua	%	4.9	7.4	10.4	13.2
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.895	1.920	1.882	1.859

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.921	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	6.85	%



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT

Henri Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

Personal del área de Control de Calidad: Control de Calidad en Suelos y Pavimentos, Ing. Especialista de Suelos y Pavimentos ó Ingeniero de Laboratorio Civil

TÉCNICO DE LABORATORIO



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (66000 pie-lbf/pie³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

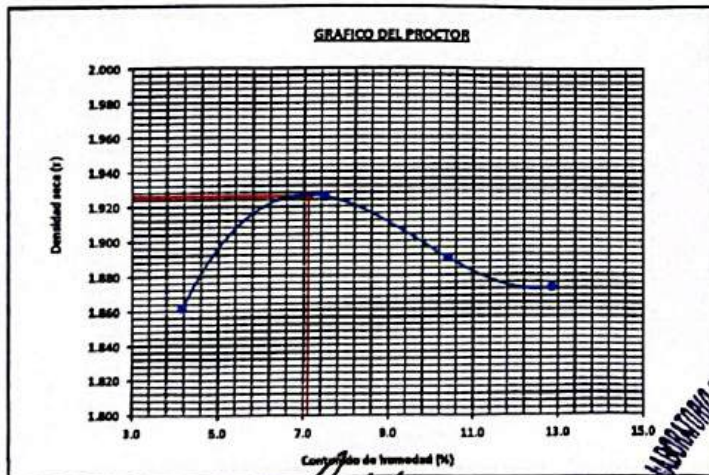
Teelista : Calle García, Diego Alejandro
 Escuela : Ingeniería Civil
 Teelista : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha : Chiclayo, 16 de Mayo de 2025
 Cartera : Tres Tomas + 6% SBR
 Repetición: : 2

Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g	10418	10710	10747	10807
Peso del molde	g	6099	6099	6099	6099
Peso del suelo húmedo compactado	g	4319	4611	4648	4708
Volumen del molde	cm ³	2227.5	2227.5	2227.5	2227.5
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.939	2.070	2.087	2.114

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g	198.60	201.60	196.60	184.60
Peso del suelo seco + tara	g	181.20	189.00	182.00	187.20
Peso de tara	g	15.80	20.80	42.60	32.60
Peso de agua	g	7.3	12.6	14.5	17.3
Peso de suelo seco	g	175.6	168.4	139.4	134.6
Contenido de agua	%	4.2	7.5	10.4	12.9
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.862	1.926	1.890	1.873

DENSIDAD MÁXIMA SECA	1.926	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	7.10	%



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT


 Henry Rivas
 Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT



Personal del área de Control de Calidad: Jefe de Control de Calidad en Suelos y Pavimentos, Especialista de Suelos y Pavimentos ó Ingeniero de Laboratorio de Suelos y Pavimentos

TÉCNICO DE LABORATORIO

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lb/pie³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

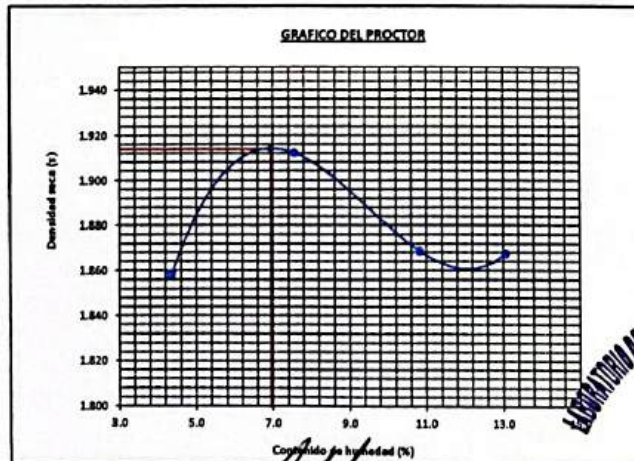
Testista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Testa : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 16 de Mayo de 2025
Cartera : Tres Tomas + 6% SBR
Repetición: : 3

Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g	10418	10680	10712	10802
Peso del molde	g	6099	6099	6099	6099
Peso del suelo húmedo compactado	g	4319	4581	4613	4703
Volumen del molde	cm ³	2227.6	2227.5	2227.5	2227.5
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.939	2.057	2.071	2.111

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g	145.80	187.50	158.20	169.30
Peso del suelo seco + tara	g	141.50	176.90	145.00	155.40
Peso de tara	g	42.60	36.50	41.50	48.90
Peso de agua	g	4.3	10.6	11.2	13.9
Peso de suelo seco	g	98.9	140.4	103.5	106.5
Contenido de agua	%	4.3	7.5	10.8	13.1
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.858	1.912	1.869	1.868

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.914	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	6.95	%



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT

Henry Rivadeneyra Obilias
 Tec. Laboratorio
USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo



Personal del Área de Control de Calidad: Jefe de Control de Calidad en Suelos y Pavimentos ORP Especialista de Suelos y Pavimentos o INCA, INREPE o INREPE de la Comisión de PEA
TÉCNICO DE LABORATORIO

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (68000 pie-lbf/pe³))
N.T.P. 338.141 ASTM D - 1557

Tecolista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Teoría : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 16 de Mayo de 2025
Carriera : Tres Tomas + 6% SBR
Repetición: : Promedio

Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g	10455	10693	10729	10799
Peso del molde	g	6099	6099	6099	6099
Peso del suelo húmedo compactado	g	4356	4594	4630	4700
Volumen del molde	cm ³	2228	2228	2228	2228
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.955	2.063	2.078	2.110

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g	180.70	199.87	177.20	186.53
Peso del suelo seco + tara	g	174.40	187.83	185.00	152.03
Peso de tara	g	33.23	27.87	49.10	40.67
Peso de agua	g	6.30	11.93	12.20	14.50
Peso de suelo seco	g	141.17	160.07	115.90	111.37
Contenido de agua	%	4.5	7.5	10.5	13.0
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.872	1.919	1.880	1.867

DENSIDAD MÁXIMA SECA	1.920	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	6.97	%



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



Henry Rivasdeneyra
 @bitas
 Tec. Laboratorio
 USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos

compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 04 de Junio de 2025
Cantera : Tres Tomas + 2% SBR
Repetición : 1

COMPACTACIÓN						
N° Molde	A-5		A-3		A-2	
N° Capa	5		5		5	
N° Golpes por capa	56		25		12	
CONDICION DE LA MUESTRA	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado
Peso molde + Suelo húmedo	12929	13040	12714.5	12858.5	12500	12977
Peso de molde (g)	8135	8135	8115	8115	8513	8513
Peso del suelo húmedo (g)	4794	4905	4599.5	4743.5	3987	4164
Volumen del molde (cc)	2086	2086	2112	2112	2073	2073
Densidad húmeda (g/cc)	2.298	2.351	2.178	2.246	1.923	2.009
% de humedad	7.13	9.49	7.59	10.78	8.40	12.92
Densidad seca (g/cc)	2.145	2.147	2.024	2.027	1.774	1.779

HUMEDAD												
Tarro N°												
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	1842.0	1842.0	4905	4905	1334.2	1334.2	4743.5	4743.5	1026.5	1026.5	4164.0	4164.0
Tarro + Suelo seco (gr.)	1540.0	1540.0	4794	4794	1249.0	1249.0	4599.5	4599.5	958.0	958.0	3987.0	3987.0
Peso del Agua (gr.)	102.0	102.0	111.0	111.0	85.2	85.2	144.0	144.0	68.5	68.5	177.0	177.0
Peso del tarro (gr.)	108.97	108.97	0	0	125.74	125.735	0	0	142.5	142.5	0	0
Peso del suelo seco (gr.)	1431.0	1431.0	4693.3	4693.3	1123.3	1123.3	4508.2	4508.2	815.5	815.5	3917.5	3917.5
% de humedad	7.13	7.13	9.49	9.49	7.59	7.59	10.78	10.78	8.40	8.40	12.92	12.92
Promedio de Humedad (%)	7.13		9.49		7.59		10.78		8.40		12.92	

EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%
31/05/2025	14.3	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0	0
1/06/2025	14.3	24	0.2	0.004		0.3	0.007		0.38	0.009	
2/06/2025	14.3	48	1.8	0.045		1.9	0.046		1.9	0.048	
3/06/2025	14.3	72	2.9	0.073		3.2	0.079		3.4	0.085	
4/06/2025	14.3	96	3.8	0.090		4.3	0.106		4.9	0.123	
			4.57	total 1.97		4.57	total 2.33		4.57	total 2.68	

PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN		TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE N° A-5				MOLDE N° A-3				MOLDE N° A-2			
				CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
				Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
0.000	0.000	0'00"		0	2			0	2			0	2		
0.640	0.025	0'30"		20	51			85	161			110	271		
1.270	0.050	1'00"		135	332			188	460			370	904		
1.910	0.075	1'30"		300	734			335	819			775	1890		
2.540	0.100	2'00"	1000	480	1172	1246.8	124.7	495	1209	1248.1	124.8	1045	2449	2659.8	124.9
3.810	0.150	3'00"		855	2085			815	1987			775	1890		
5.080	0.200	4'00"	1500	1235	3007	2860.9	190.7	1120	2728	2728.5	184.0	1045	2449	2659.8	124.9
6.350	0.250	5'00"		1560	3795			1528	3716			775	1890		
7.620	0.300	6'00"		1800	4376			1728	4200			775	1890		
10.160	0.400	8'00"		2170	5270			2030	4932			775	1890		
12.700	0.500	10'00"		2520	6274			2300	5584			775	1890		

Henry Ruedeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO



Testista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 04 de Junio de 2025
Cantera : Tres Tomas + 2% SBR
Repetición : 1

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporta de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

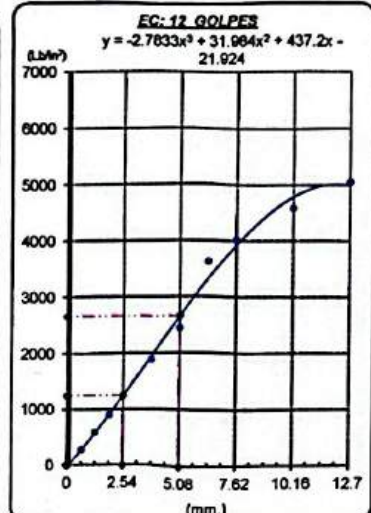
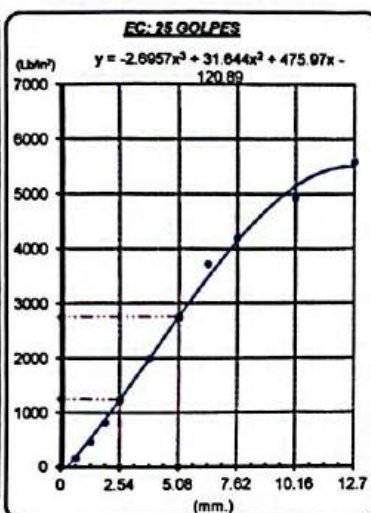
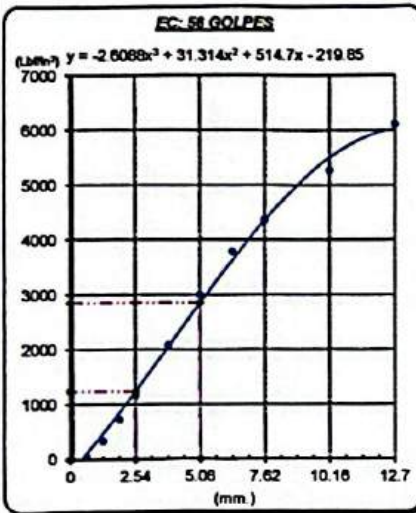


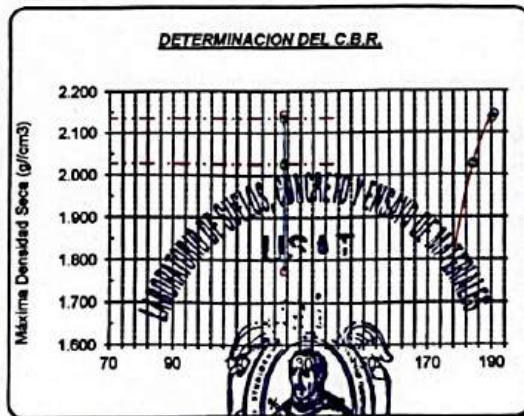
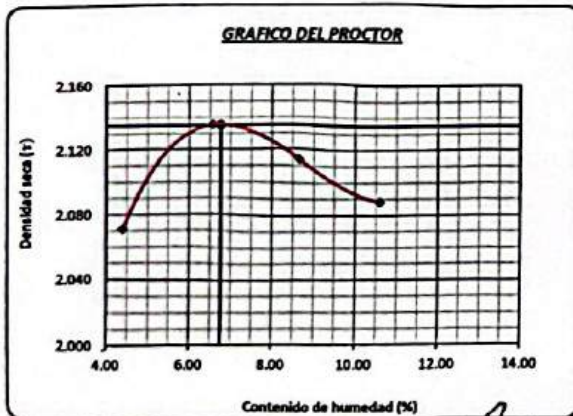
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100% 2.135 g/cm³
DENSIDAD SECA AL 95% 2.028 g/cm³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD 6.77 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	125 %	190 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	125 %	184 %



Henry Riwadenevra Obiitas
 Tec. Laboratorio
 USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Testista : Calle García, Diego Alejandro
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tests : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha : Chiclayo, 04 de Junio de 2025
 Cantera : Tres Tomas + 2% SBR
 Repetición: : 2

COMPACTACIÓN														
Nº Molde		A-5				A-3				A-2				
Nº Capa		5				5				5				
Nº Golpes por capa		56				25				12				
CONDICION DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		
Peso molde + Suelo húmedo		13508	13853	12959	13078	12410	12499							
Peso de molde (g)		8621	8621	8368	8368	8115	8115							
Peso del suelo húmedo (g)		4887	5032	4591	4708	4295	4384							
Volumen del molde (cc)		2120	2120	2116	2116	2112	2112							
Densidad húmeda (g/cc)		2.305	2.374	2.170	2.225	2.034	2.076							
% de humedad		6.77	9.80	7.11	9.71	7.68	9.79							
Densidad seca (g/cc)		2.159	2.162	2.026	2.028	1.889	1.891							
HUMEDAD														
Tarro Nº		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		1732.0	1732.0	5032	5032	1430.2	1430.2	4708	4708	1128.5	1128.5	4384.0	4384.0	
Tarro + Suelo seco (gr.)		1630.0	1630.0	4887	4887	1345.0	1345.0	4591	4591	1060.0	1060.0	4295.0	4295.0	
Peso del Agua (gr.)		102.0	102.0	145.0	145.0	85.2	85.2	117.0	117.0	68.5	68.5	89.0	89.0	
Peso del tarro (gr.)		123.97	123.97	0	0	145.74	145.735	0	0	167.5	167.5	0	0	
Peso del suelo seco (gr.)		1506.0	1506.0	4783.7	4783.7	1199.3	1199.3	4499.8	4499.8	892.5	892.5	4215.4	4215.4	
% de humedad		6.77	6.77	9.80	9.80	7.11	7.11	9.71	9.71	7.68	7.68	9.79	9.79	
Promedio de Humedad (%)		6.77	9.80	7.11	9.71	7.68	9.79							
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%			
31/05/2025	14.3	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0	0			
1/06/2025	14.3	24	0.4	0.009	0.4	0.010	0.44	0.011						
2/06/2025	14.3	48	2.0	0.050	2.0	0.050	1.98	0.050						
3/06/2025	14.3	72	3.1	0.078	3.3	0.082	3.48	0.087						
4/06/2025	14.3	96	3.8	0.095	4.4	0.110	4.98	0.125						
			4.57	total 2.08	4.57	total 2.40	4.57	total 2.73						
PENETRACION														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-5				MOLDE Nº A-3				MOLDE Nº A-2			
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
0.000	0.000	0'00"	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2		
0.640	0.025	0'30"	25	63	72	178								
1.270	0.050	1'00"	140	344	195	477								
1.910	0.075	1'30"	305	746	342	836								
2.540	0.100	2'00"	485	1185	1259.8	126.0	502	1226	1226	126.6	519	1267	1272.6	
3.810	0.150	3'00"	860	2097			822	2004			788	1912		
5.080	0.200	4'00"	1240	3019	2874.2	191.6	1127	2745	2779.0	185.2	1034	2434	2683.9	
6.350	0.250	5'00"	1585	3807			1535	3733			1634	3987		
7.620	0.300	6'00"	1805	4388			1735	4217			1805	4388		
10.160	0.400	8'00"	2175	5282			2037	4949			2175	5282		
12.700	0.500	10'00"	2529	6135			2311	5609			2529	6135		

Henry Rivadeneira Obillos
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Testista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 04 de Junio de 2023
Cantera : Tres Tomas + 2% SBR
Repetición : 2

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

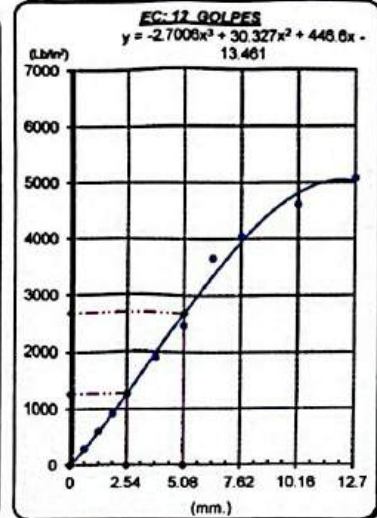
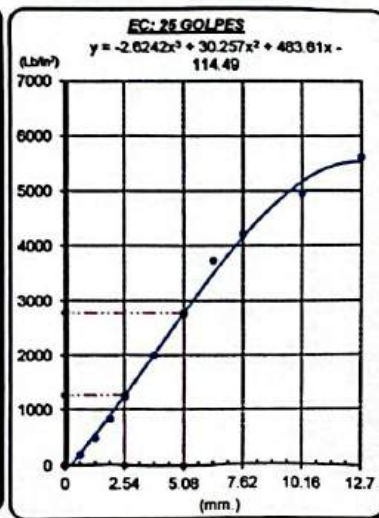
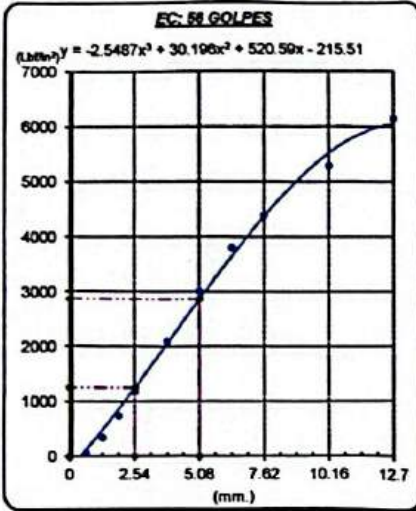


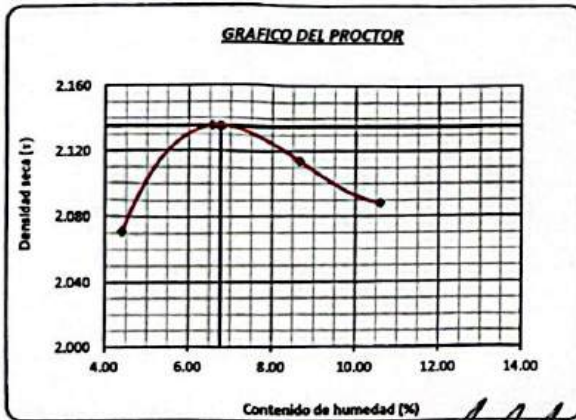
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	2.135 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	2.028 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	6.77 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	126 %	190 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	127 %	185 %



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tbc. Laboratorio USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Testista : Calle García, Diego Alejandro
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha : Chiclayo, 04 de Junio de 2025
 Cantera : Tres Tomas + 2% SBR
 Repetición : 3

COMPACTACIÓN															
Nº Molde	A-5				A-3				A-2						
Nº Capa	5				5				5						
Nº Golpes por capa	56				25				12						
CONDICION DE LA MUESTRA	Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado				
Peso molde + Suelo húmedo	13298	13463	12739	12881	12180	12299									
Peso de molde (g)	8453	8453	8148	8148	7843	7843									
Peso del suelo húmedo (g)	4845	5010	4591	4733	4337	4456									
Volumen del molde (cc)	2120	2120	2116	2116	2112	2112									
Densidad húmeda (g/cc)	2.285	2.363	2.170	2.237	2.054	2.110									
% de humedad	6.77	10.25	7.11	10.26	7.68	10.47									
Densidad seca (g/cc)	2.140	2.143	2.026	2.029	1.907	1.910									
HUMEDAD															
Tarro Nº	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	1732.0	1732.0	5010	5010	1430.2	1430.2	4733	4733	1128.5	1128.5	4456.0	4456.0			
Tarro + Suelo seco (gr.)	1630.0	1630.0	4845	4845	1345.0	1345.0	4591	4591	1060.0	1060.0	4337.0	4337.0			
Peso del Agua (gr.)	102.0	102.0	165.0	165.0	85.2	85.2	142.0	142.0	68.5	68.5	119.0	119.0			
Peso del tarro (gr.)	123.97	123.97	0	0	145.74	145.735	0	0	167.5	167.5	0	0			
Peso del suelo seco (gr.)	1506.0	1506.0	4743.5	4743.5	1199.3	1199.3	4499.8	4499.8	892.5	892.5	4255.8	4255.8			
% de humedad	6.77	6.77	10.25	10.25	7.11	7.11	10.26	10.26	7.68	7.68	10.47	10.47			
Promedio de Humedad (%)	6.77		10.25		7.11		10.26		7.68		10.47				
EXPANSIÓN															
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL			EXPANSIÓN			DIAL			EXPANSIÓN			
			Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%		
31/05/2025	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
1/06/2025	14.3	24	0.6	0.014		0.5	0.013		0.46	0.012					
2/06/2025	14.3	48	2.2	0.055		2.1	0.053		2	0.050					
3/06/2025	14.3	72	3.3	0.083		3.4	0.085		3.5	0.088					
4/06/2025	14.3	96	4.0	0.100		4.5	0.113		5	0.125					
			4.57	total	2.19	4.57	total	2.46	4.57	total	2.74				
PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-5				MOLDE Nº A-3				MOLDE Nº A-2				
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2			0	2			
0.640	0.025	0'30"	32	80			77	190			252	627			
1.270	0.050	1'00"	147	361			200	489			81	934			
1.910	0.075	1'30"	312	763			347	848			279.0	699.0			
2.540	0.100	2'00"	492	1202	1277.7	127.8	507	1236	279.0	127.9	522	1275	1278.0	128.0	
3.810	0.150	3'00"	887	2114			827	2046			87	1919			
5.080	0.200	4'00"	1247	3036	2893.1	192.9	1132	2757	2792.5	279.5	703	1767	2478	2691.7	179.4
6.350	0.250	5'00"	1572	3824			1540	3745			89	2217	5667		
7.620	0.300	6'00"	1812	4405			1740	4229			96	2354			
10.160	0.400	8'00"	2182	5299			2042	4961			107	2622			
12.700	0.500	10'00"	2536	6158			2318	5627			118	2996			

Henry Huadenebra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chidayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chidayo, 04 de Junio de 2025
Cantera : Tres Tomas + 2% SBR
Repetición : 3

Método de ensayo de CBR (Relación de Soports de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

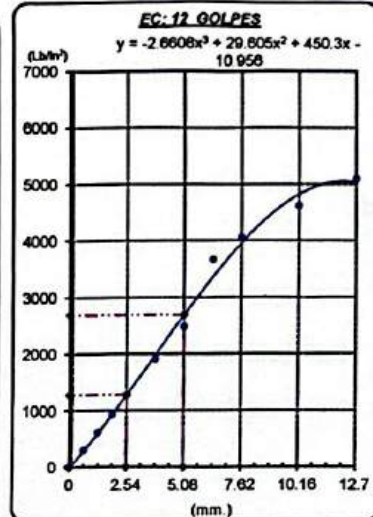
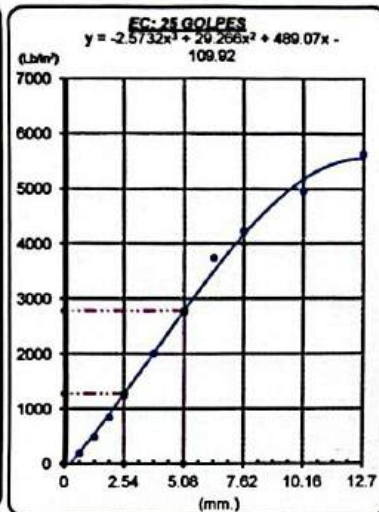
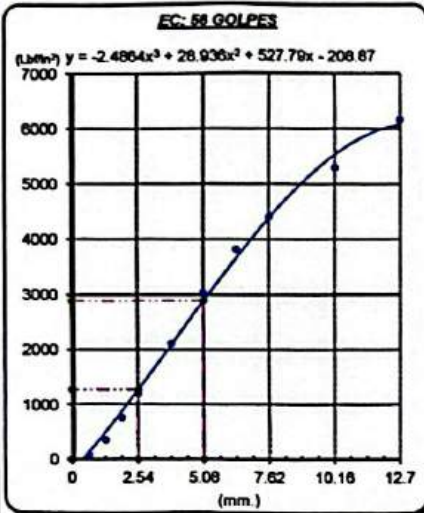


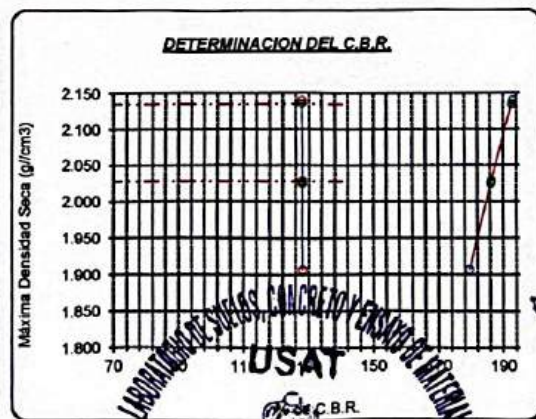
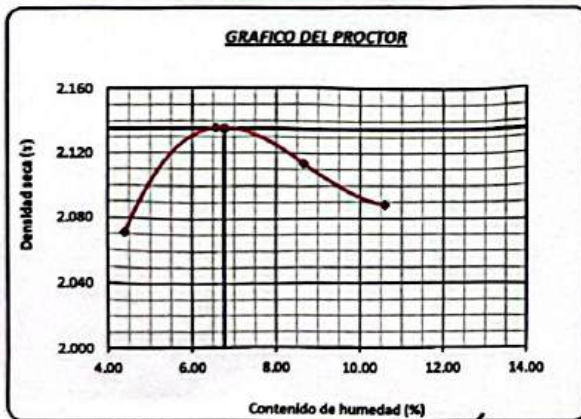
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100% 2.135 g/cm³
 DENSIDAD SECA AL 95% 2.028 g/cm³
 OPTIMO CONT. DE HUMEDAD 6.77 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	128 %	193 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	128 %	186 %



Henry Rivasdeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

[Signature]
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Tesista : Calle Garcia, Diego Alejandro
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha : Chiclayo, 04 de Junio de 2025
 Cantera : Tres Tomas + 4% SBR
 Repetición : 1

COMPACTACIÓN														
N° Molde	A-5				A-3				A-2					
N° Capa	5				5				5					
N° Golpes por capa	56				25				12					
CONDICION DE LA MUESTRA	Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado			
Peso molde + Suelo húmedo	13002		13057		12779.5		12985		12557		12913			
Peso de molde (g)	8135		8135		8115		8115		8513		8513			
Peso del suelo húmedo (g)	4867		4922		4664.5		4870		4044		4400			
Volumen del molde (cc)	2086		2086		2112		2112		2073		2073			
Densidad húmeda (g/cc)	2.333		2.359		2.209		2.306		1.951		2.123			
% de humedad	8.09		9.24		8.08		12.58		8.03		17.00			
Densidad seca (g/cc)	2.158		2.159		2.043		2.048		1.806		1.814			
HUMEDAD														
Tarro N°	-		-		-		-		-		-			
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	1356.3	1356.3	4922	4922	755.4	755.4	4870	4870	154.6	154.6	4400.0	4400.0		
Tarro + Suelo seco (gr.)	1266.0	1266.0	4867	4867	708.9	708.9	4864.5	4864.5	151.7	151.7	4044.0	4044.0		
Peso del Agua (gr.)	90.2	90.2	55.0	55.0	46.6	46.6	205.5	205.5	2.9	2.9	356.0	356.0		
Peso del tarro (gr.)	150.29	150.29	0	0	132.95	132.945	0	0	115.6	115.6	0	0		
Peso del suelo seco (gr.)	1115.7	1115.7	4764.2	4764.2	575.9	575.9	4571.1	4571.1	36.1	36.1	3972.3	3972.3		
% de humedad	8.09	8.09	9.24	9.24	8.08	8.08	12.58	12.58	8.03	8.03	17.00	17.00		
Promedio de Humedad (%)	8.09		9.24		8.08		12.58		8.03		17.00			
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%			
31/05/2025	14.3	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0	0			
1/06/2025	14.3	24	0.2	0.004		0.3	0.007		0.36	0.009				
2/06/2025	14.3	48	1.8	0.045		1.9	0.046		1.9	0.048				
3/06/2025	14.3	72	2.9	0.073		3.2	0.079		3.4	0.085				
4/06/2025	14.3	96	3.6	0.090		4.3	0.106		4.9	0.123				
			4.57	total	1.97	4.57	total	2.33	4.57	total	2.68			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE N° A-5				MOLDE N° A-3				MOLDE N° A-2			
			mm.	pulg.	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lect. Dial	Lbs/ pulg2
0.000	0.000	0'00"	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2		
0.640	0.025	0'30"	90	222	105	258	120	295	120	295	120	295		
1.270	0.050	1'00"	215	527	233	569	260	642	260	642	260	642		
1.910	0.075	1'30"	375	917	380	929	380	929	380	929	380	929		
2.540	0.100	2'00"	545	1331	525	1282	505	1233	505	1233	505	1233		
3.810	0.150	3'00"	920	2242	810	1975	810	1975	810	1975	810	1975		
5.080	0.200	4'00"	1240	3019	1038	2528	1038	2528	1038	2528	1038	2528		
6.350	0.250	5'00"	1550	3771	1240	3019	1240	3019	1240	3019	1240	3019		
7.620	0.300	6'00"	1800	4376	1405	3419	1405	3419	1405	3419	1405	3419		
10.160	0.400	8'00"	2190	5311	1705	4146	1705	4146	1705	4146	1705	4146		
12.700	0.500	10'00"	2815	6902	2038	4950	2038	4950	2038	4950	2038	4950		

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 04 de Junio de 2025
Cantera : Tres Tomas + 4% SBR
Repetición : 1

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

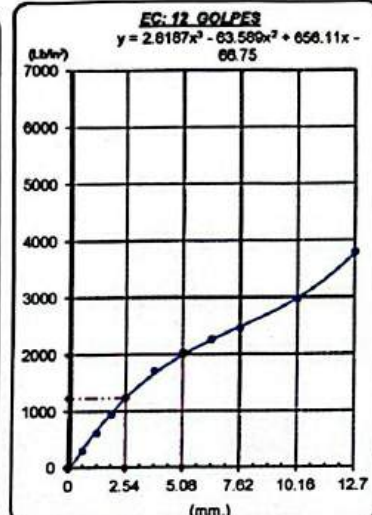
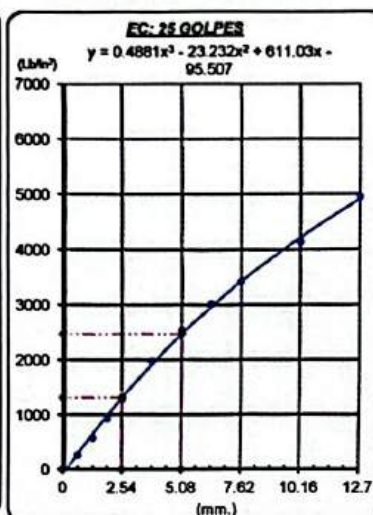
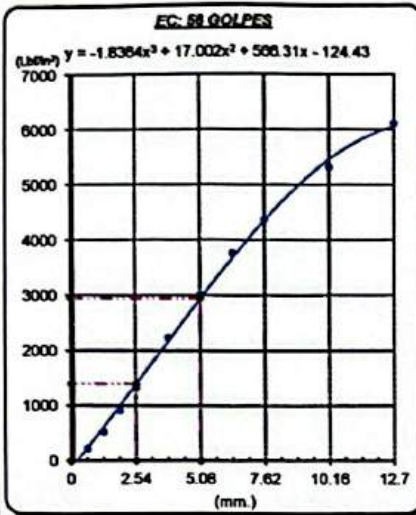


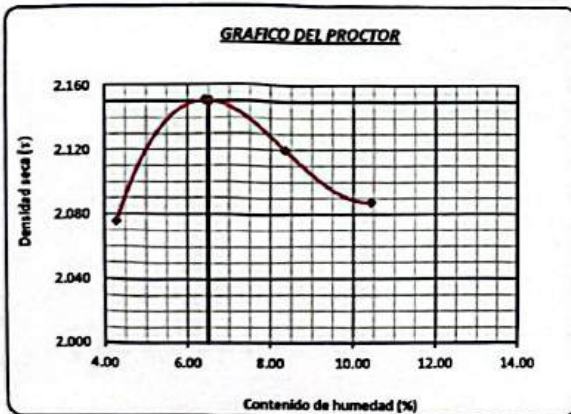
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100% 2.150 g/cm³
DENSIDAD SECA AL 95% 2.043 g/cm³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD 6.50 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	139 %	194 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	131 %	165 %



Henry Rivas
 Oblihas
 Tec. Laboratorio
 USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

TÉCNICO DE LABORATORIO



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Testista : Calle García, Diego Alejandro
 Escuela : Ingeniería CMI
 Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha : Chiclayo, 04 de Junio de 2025
 Cantera : Tres Tomas + 4% SBR
 Repetición : 2

COMPACTACIÓN														
Nº Molde	A-5				A-3				A-2					
Nº Capa	5				5				5					
Nº Golpes por capa	56				25				12					
CONDICION DE LA MUESTRA	Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado			
Peso molde + Suelo húmedo	13528		13813		12958		13111		12390		12409			
Peso de molde (g)	8821		8621		8368		8368		8115		8115			
Peso del suelo húmedo (g)	4905		5192		4590		4743		4275		4294			
Volumen del molde (cc)	2120		2120		2116		2116		2112		2112			
Densidad húmeda (g/cc)	2.314		2.449		2.169		2.241		2.024		2.033			
% de humedad	7.58		13.55		8.53		11.93		20.33		20.78			
Densidad seca (g/cc)	2.151		2.157		1.999		2.003		1.682		1.683			
HUMEDAD														
Tarro Nº	-		-		-		-		-		-			
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	1446.3	1446.3	5192	5192	851.4	851.4	4743	4743	256.6	256.6	4294.0	4294.0		
Tarro + Suelo seco (gr.)	1356.0	1356.0	4905	4905	796.5	796.5	4590	4590	237.0	237.0	4275.0	4275.0		
Peso del Agua (gr.)	90.2	90.2	287.0	287.0	54.9	54.9	153.0	153.0	19.6	19.6	19.0	19.0		
Peso del tarro (gr.)	165.29	165.29	0	0	152.95	152.945	0	0	140.6	140.6	0	0		
Peso del suelo seco (gr.)	1190.7	1190.7	4801.7	4801.7	643.6	643.6	4500.1	4500.1	96.4	96.4	4204.3	4204.3		
% de humedad	7.58	7.58	13.55	13.55	8.53	8.53	11.93	11.93	20.33	20.33	20.78	20.78		
Promedio de Humedad (%)	7.58		13.55		8.53		11.93		20.33		20.78			
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL			EXPANSIÓN			DIAL			EXPANSIÓN		
			Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%	
31/05/2025	14.3	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	
1/06/2025	14.3	24	0.4	0.009		0.4	0.010		0.44	0.011				
2/06/2025	14.3	48	2.0	0.050		2.0	0.050		1.98	0.050				
3/06/2025	14.3	72	3.1	0.078		3.3	0.082		3.48	0.087				
4/06/2025	14.3	96	3.8	0.095		4.4	0.110		4.98	0.125				
			4.57	total	2.08	4.57	total	2.40	4.57	total	2.73			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-5				MOLDE Nº A-3				MOLDE Nº A-2			
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
mm.	pulg.	Lbf/in2												
0.000	0.000	0'00"	0	2										
0.640	0.025	0'30"	95	234							129	317		
1.270	0.050	1'00"	220	539							259	634		
1.910	0.075	1'30"	380	929							359	863		
2.540	0.100	2'00"	550	1343	1406.7	140.7	532	1290	332.6	108.3	514	1259	1258.7	
3.810	0.150	3'00"	925	2255							709	1730		
5.080	0.200	4'00"	1245	3031	2963.7	197.8	1045	2491.7	165.3	844	2058	2119.1	134.6	
6.350	0.250	5'00"	1555	3783							839	2289		
7.620	0.300	6'00"	1865	4388							1110	2483		
10.160	0.400	8'00"	2165	5138							1410	2993		
12.700	0.500	10'00"	2524	6124							1710	3824		



TÉCNICO DE LABORATORIO



Testista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 04 de Junio de 2025
Cantera : Tres Tomas + 4% SBR
Repetición : 2

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporta de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

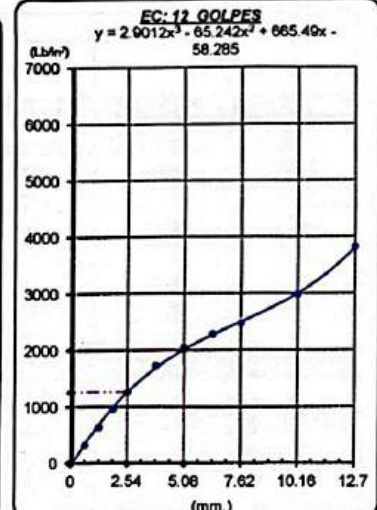
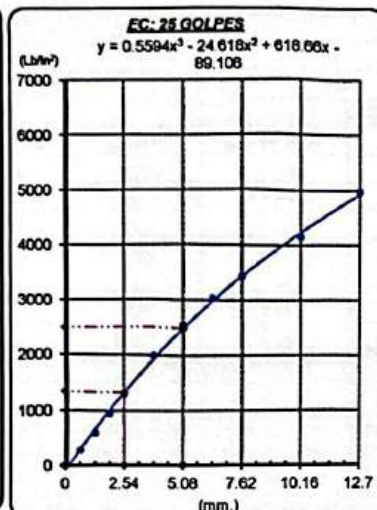
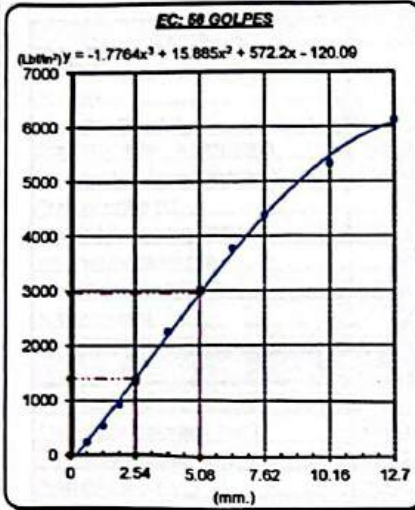


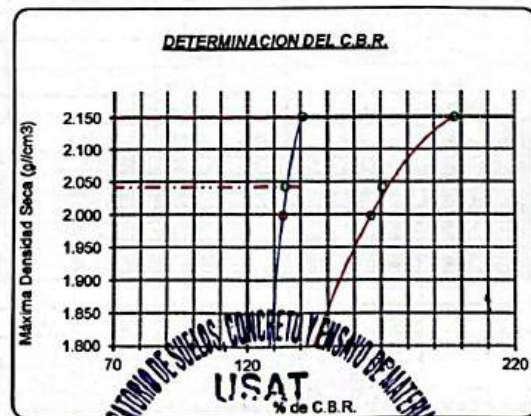
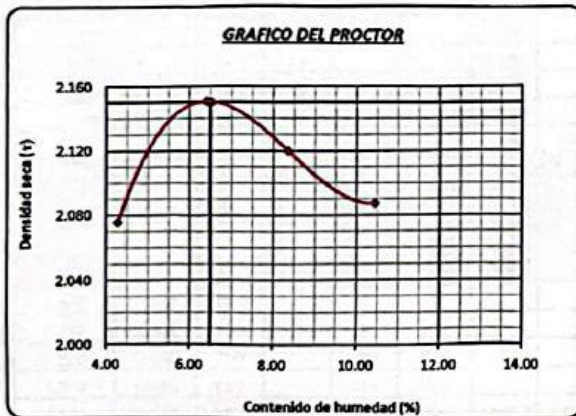
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100% 2.150 g/cm³
 DENSIDAD SECA AL 95% 2.043 g/cm³
 OPTIMO CONT. DE HUMEDAD 6.50 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	141 %	197 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	134 %	170 %



Henry Rivadeneira Oblitas
 Teci Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



TÉCNICO DE LABORATORIO



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Testista : Calle García, Diego Alejandro
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha : Chiclayo, 04 de Junio de 2025
 Cantera : Tres Tomas + 4% SBR
 Repetición : 3

COMPACTACIÓN						
Nº Molde	A-5		A-3		A-2	
Nº Capa	5		5		5	
Nº Golpes por capa	56		25		12	
CONDICION DE LA MUESTRA	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado
Peso molde + Suelo húmedo	13388	13453	12789	12886	12190	12319
Peso de molde (g)	8453	8453	8148	8148	7843	7843
Peso del suelo húmedo (g)	4935	5000	4641	4738	4347	4476
Volumen del molde (cc)	2120	2120	2116	2116	2112	2112
Densidad húmeda (g/cc)	2.328	2.358	2.193	2.239	2.058	2.119
% de humedad	7.43	8.78	7.48	9.61	7.80	10.83
Densidad seca (g/cc)	2.167	2.168	2.041	2.043	1.909	1.912

HUMEDAD												
Tarro Nº												
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	895.5	895.5	5000	5000	570.0	570.0	4738	4738	245.0	245.0	4476.0	4476.0
Tarro + Suelo seco (gr.)	845.0	845.0	4935	4935	541.5	541.5	4641	4641	238.0	238.0	4347.0	4347.0
Peso del Agua (gr.)	50.5	50.5	65.0	65.0	29.1	29.1	97.0	97.0	7.6	7.6	129.0	129.0
Peso del tarro (gr.)	165.29	165.29	0	0	152.95	152.945	0	0	140.6	140.6	0	0
Peso del suelo seco (gr.)	679.7	679.7	4830.3	4830.3	388.6	388.6	4548.2	4548.2	97.4	97.4	4265.6	4265.6
% de humedad	7.43	7.43	8.78	8.78	7.48	7.48	9.61	9.61	7.80	7.80	10.83	10.83
Promedio de Humedad (%)	7.43		8.78		7.48		9.61		7.80		10.83	

EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%
31/05/2025	14.3	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0	0
1/06/2025	14.3	24	0.6	0.014		0.5	0.013		0.46	0.012	
2/06/2025	14.3	48	2.2	0.055		2.1	0.053		2	0.050	
3/06/2025	14.3	72	3.3	0.083		3.4	0.085		3.5	0.088	
4/06/2025	14.3	96	4.0	0.100		4.5	0.113		5	0.125	
			4.57	total 2.19		4.57	total 2.46		4.57	total 2.74	

PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN		TIEMPO STAND.	CARGA Lbf/in2	MOLDE Nº A-5				MOLDE Nº A-3				MOLDE Nº A-2			
				CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN				
mm.	pulg.		Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2			0	2			
0.640	0.025	0'30"	102	251			117	288			102	251			
1.270	0.050	1'00"	227	556			245	599			227	556			
1.910	0.075	1'30"	387	946			392	958			387	946			
2.540	0.100	2'00"	1000	557	1360	1424.5	142.4	537	1311	145.5	134.6	517	1262	136.6	126.7
3.810	0.150	3'00"		932	2272			822	2006			712	1737		
5.080	0.200	4'00"	1500	1252	3048	2982.6	198.8	1050	2557	2505.2	157.8	1642	2065	2027.0	135.1
6.350	0.250	5'00"		1582	3800			1252	3048			1582	3800		
7.620	0.300	6'00"		1812	4405			1417	3448			1812	4405		
10.160	0.400	8'00"		2202	5347			1717	4175			2202	5347		
12.700	0.500	10'00"		2557	6146			2056	4993			2557	6146		

Henry Rivasdeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 04 de Junio de 2025
Cantera : Tres Tomas + 4% SBR
Repetición : 3

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

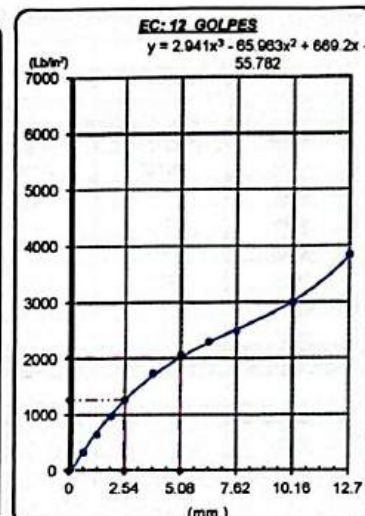
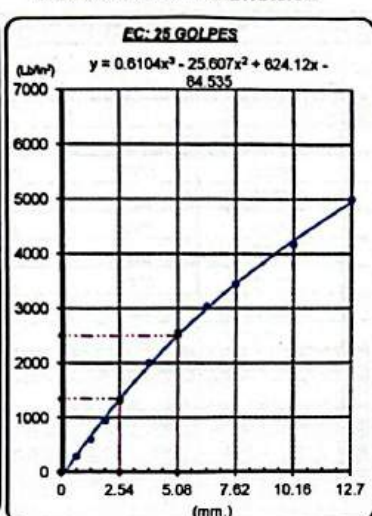
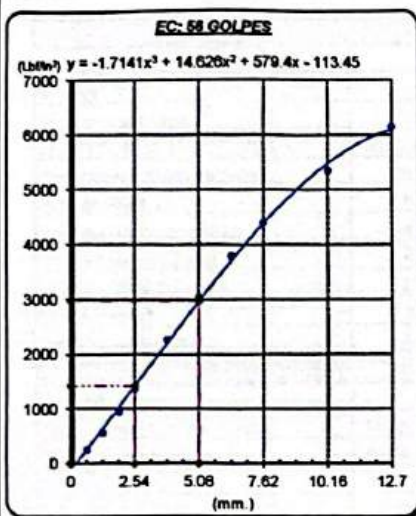


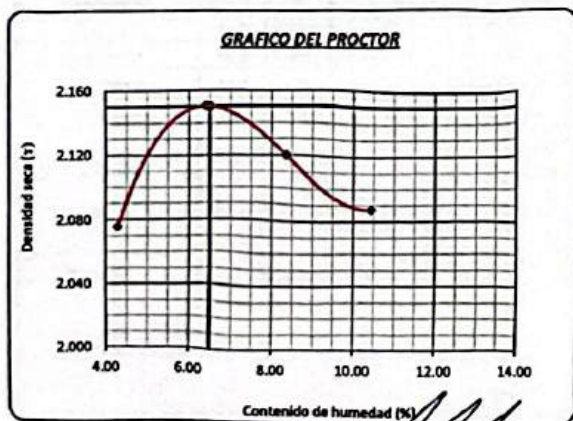
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	2.150 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	2.043 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	6.50 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	141 %	195 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	135 %	167 %



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos
 compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1683

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha : Chiclayo, 04 de Junio de 2025
 Cantera : Tres Tomas + 6% SBR
 Repetición : 1

COMPACTACIÓN															
Nº Molde	A-5				A-3				A-2						
Nº Capa	5				5				5						
Nº Golpes por capa	50				25				12						
CONDICIÓN DE LA MUESTRA															
	Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado				
Peso molde + Suelo húmedo	12479		12721		11173.5		11455		9868		10189				
Peso de molde (g)	8135		8135		7324		7324		6513		6513				
Peso del suelo húmedo (g)	4344		4586		3849.5		4131		3355		3676				
Volumen del molde (cc)	2086		2086		1980		1980		1873		1873				
Densidad húmeda (g/cc)	2.082		2.198		1.944		2.087		1.791		1.963				
% de humedad	8.11		13.79		8.34		15.78		8.61		18.33				
Densidad seca (g/cc)	1.926		1.932		1.795		1.802		1.649		1.659				
HUMEDAD															
Tarro Nº															
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	1193.0	1193.0	4586	4586	1141.5	1141.5	4131	4131	1089.9	1089.9	3676.0	3676.0			
Tarro + Suelo seco (gr.)	1110.8	1110.8	4344	4344	1082.8	1082.8	3849.5	3849.5	1015.0	1015.0	3355.0	3355.0			
Peso del Agua (gr.)	82.4	82.4	242.0	242.0	78.7	78.7	281.5	281.5	74.9	74.9	321.0	321.0			
Peso del tarro (gr.)	94.39	94.39	0	0	119.7	119.695	0	0	145	145	0	0			
Peso del suelo seco (gr.)	1016.2	1016.2	4261.9	4261.9	943.1	943.1	3781.6	3781.6	870.0	870.0	3300.6	3300.6			
% de humedad	8.11	8.11	13.79	13.79	8.34	8.34	15.78	15.78	8.61	8.61	18.33	18.33			
Promedio de Humedad (%)	8.11		13.79		8.34		15.78		8.61		18.33				
EXPANSIÓN															
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN					
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%				
31/05/2025	14.3	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0	0	0			
1/06/2025	14.3	24	0.2	0.004		0.2	0.004		0.2	0.005					
2/06/2025	14.3	48	1.3	0.033		1.1	0.028		0.9	0.023					
3/06/2025	14.3	72	2.1	0.053		2.5	0.061		2.8	0.070					
4/06/2025	14.3	96	3.1	0.078		3.6	0.090		4.1	0.103					
			4.57	total	1.70	4.57	total	1.97	4.57	total	2.24				
PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-5				MOLDE Nº A-3				MOLDE Nº A-2				
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	
mm.	pulg.	Lbf/in2													
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2		0	2				
0.640	0.025	0'30"	85	210			73	179		60	149				
1.270	0.050	1'00"	220	539			198	484		175	429				
1.910	0.075	1'30"	370	904			345	844							
2.540	0.100	2'00"	1000	528	1289	1314.3	131.4	497	1213	1223.5	465	1136	113.3		
3.810	0.150	3'00"		885	2157			788	1920		855	1683			
5.080	0.200	4'00"	1500	1275	3104	3085.6	205.7	1128	2746	2822.5	175.3	980	2388	2173.6	14.9
6.350	0.250	5'00"		1658	4032			1339	3259		1420	2485			
7.620	0.300	6'00"		2030	4932			1633	3970		1725	3705			
10.160	0.400	8'00"		2530	6138			1978	4805		2215	4575			
12.700	0.500	10'00"		2830	6881			2203	5348		2515	5348			

H. Rivas Obilias
 Rivas Obilias
 Obilias
 Tec. Laboratorio
 USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Testista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tests : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 04 de Junio de 2023
Cantera : Tres Tomas + 6% SBR
Repetición : 1

Método de ensayo de CBR (Relación de Soports de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

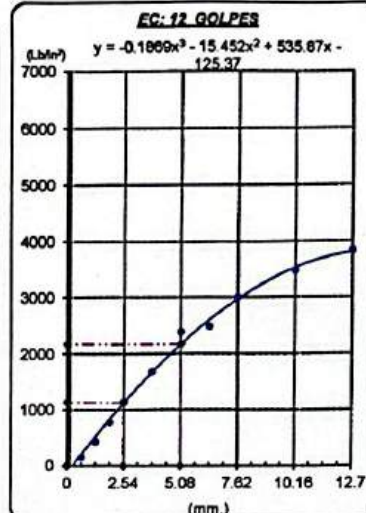
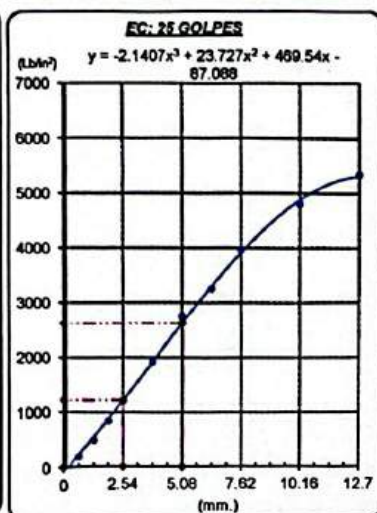
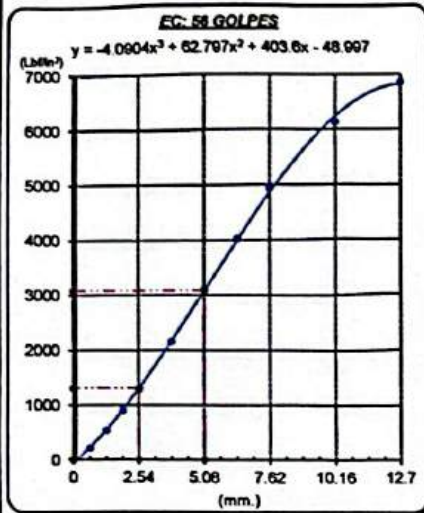


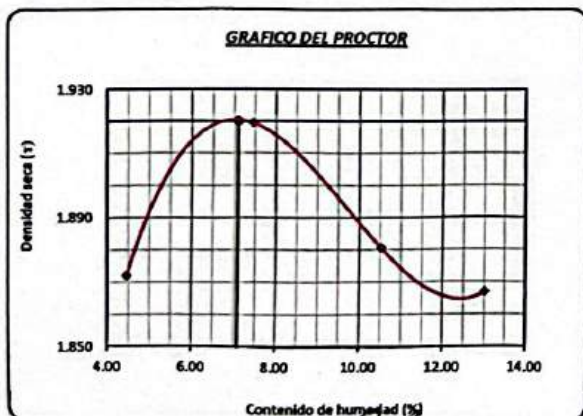
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.920 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.824 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	7.10 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	131 %	204 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	124 %	181 %



Henry Ruvadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 04 de Junio de 2025
Cantera : Tres Tomas + 6% SBR
Repetición : 2

COMPACTACIÓN						
Nº Molde	A-5		A-3		A-2	
Nº Capa	5		5		5	
Nº Golpes por capa	56		25		12	
CONDICION DE LA MUESTRA	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado
Peso molde + Suelo húmedo	13018	13653	12534	13176	12050	12609
Peso de molde (g)	8621	8621	8368	8368	8115	8115
Peso del suelo húmedo (g)	4397	5032	4166	4808	3935	4584
Volumen del molde (cc)	2120	2120	2116	2116	2112	2112
Densidad húmeda (g/cc)	2.074	2.374	1.969	2.272	1.863	2.170
% de humedad	7.55	22.27	7.72	23.41	7.91	24.69
Densidad seca (g/cc)	1.928	1.941	1.828	1.841	1.727	1.741

HUMEDAD												
Tarro Nº	-		-		-		-		-		-	
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	1283.0	1283.0	5032	5032	1237.5	1237.5	4808	4808	1191.9	1191.9	4584.0	4584.0
Tarro + Suelo seco (gr.)	1200.6	1200.6	4397	4397	1158.8	1158.8	4166	4166	1117.0	1117.0	3935.0	3935.0
Peso del Agua (gr.)	82.4	82.4	635.0	635.0	78.7	78.7	642.0	642.0	74.9	74.9	649.0	649.0
Peso del tarro (gr.)	109.39	109.39	0	0	139.7	139.695	0	0	170	170	0	0
Peso del suelo seco (gr.)	1091.2	1091.2	4313.8	4313.8	1019.1	1019.1	4091.2	4091.2	947.0	947.0	3868.2	3868.2
% de humedad	7.55	7.55	22.27	22.27	7.72	7.72	23.41	23.41	7.91	7.91	24.69	24.69
Promedio de Humedad (%)	7.55		22.27		7.72		23.41		7.91		24.69	

EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%
31/05/2025	14.3	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0	0
1/06/2025	14.3	24	0.4	0.009		0.3	0.008		0.28	0.007	
2/06/2025	14.3	48	1.5	0.038		1.2	0.031		0.98	0.025	
3/06/2025	14.3	72	2.3	0.058		2.8	0.065		2.88	0.072	
4/06/2025	14.3	96	3.3	0.083		3.7	0.094		4.18	0.105	
			4.57	total	1.81	4.57	total	2.05	4.57	total	2.29

PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-5				MOLDE Nº A-3				MOLDE Nº A-2			
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
0.000	0.000	000"	0	2			0	2			0	2		
0.640	0.025	030"	90	222			80	196			171	422		
1.270	0.050	100"	225	551			205	501			474	1185		
1.910	0.075	130"	375	917			352	861			805	2012		
2.540	0.100	200"	533	1301	1327.3	132.7	504	1230	124.2	124.2	1158	2915	115.6	
3.810	0.150	300"	890	2170			795	1937			1705	4302		
5.080	0.200	400"	1280	3116	3098.9	206.6	1135	2763	2648.7	176.6	2410	2197.9	146.5	
6.350	0.250	500"	1663	4044			1348	3278						
7.620	0.300	600"	2035	4944			1840	3987						
10.160	0.400	800"	2535	6150			1985	4822						
12.700	0.500	1000"	2839	6883			2213	5374						

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

TÉCNICO DE LABORATORIO

Testista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tests : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 04 de Junio de 2025
Cantera : Tres Tomas + 6% SBR
Repetición : 2

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

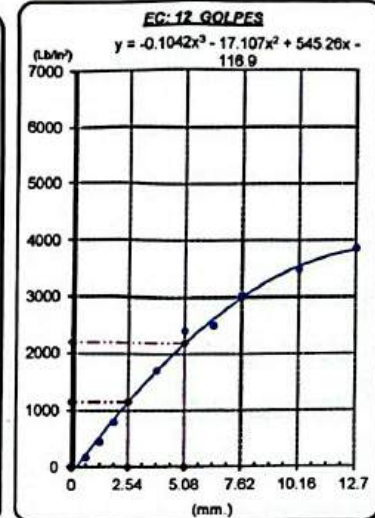
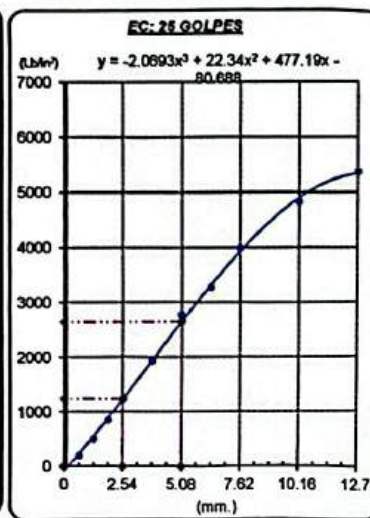
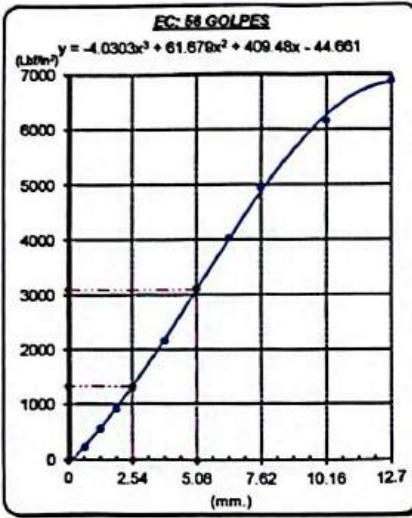


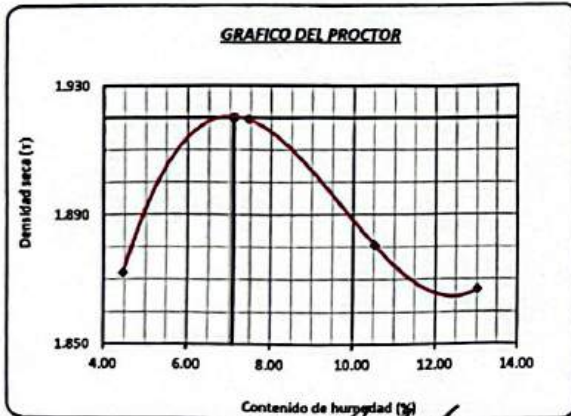
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.920 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.824 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	7.10 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	132 %	204 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	124 %	175 %



Henry Rivas
 Obilias
 Tec. Laboratorio
 USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Testista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 04 de Junio de 2025
Cantera : Tres Tomas + 6% SBR
Repetición : 3

COMPACTACIÓN															
N° Molde	A-5				A-3				A-2						
N° Capa	5				5				5						
N° Golpes por capa	56				25				12						
CONDICION DE LA MUESTRA	Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado				
Peso molde + Suelo húmedo	12818	12818	13453	13453	12314	12314	12936	12936	11810	11810	12419	12419			
Peso de molde (g)	8453	8453	8453	8453	8148	8148	8148	8148	7843	7843	7843	7843			
Peso del suelo húmedo (g)	4365	4365	5000	5000	4166	4166	4788	4788	3967	3967	4576	4576			
Volumen del molde (cc)	2120	2120	2120	2120	2116	2116	2116	2116	2112	2112	2112	2112			
Densidad húmeda (g/cc)	2.059	2.059	2.358	2.358	1.969	1.969	2.263	2.263	1.878	1.878	2.167	2.167			
% de humedad	7.55	7.55	22.38	22.38	7.72	7.72	22.92	22.92	7.91	7.91	23.53	23.53			
Densidad seca (g/cc)	1.914	1.914	1.927	1.927	1.828	1.828	1.841	1.841	1.741	1.741	1.754	1.754			
HUMEDAD															
Tarro N°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	1283.0	1283.0	5000	5000	1237.5	1237.5	4788	4788	1191.9	1191.9	4576.0	4576.0			
Tarro + Suelo seco (gr.)	1200.8	1200.8	4385	4385	1158.8	1158.8	4166	4166	1117.0	1117.0	3967.0	3967.0			
Peso del Agua (gr.)	82.4	82.4	635.0	635.0	78.7	78.7	622.0	622.0	74.9	74.9	609.0	609.0			
Peso del tarro (gr.)	109.39	109.39	0	0	139.7	139.695	0	0	170	170	0	0			
Peso del suelo seco (gr.)	1091.2	1091.2	4283.0	4283.0	1019.1	1019.1	4091.2	4091.2	947.0	947.0	3899.1	3899.1			
% de humedad	7.55	7.55	22.38	22.38	7.72	7.72	22.92	22.92	7.91	7.91	23.53	23.53			
Promedio de Humedad (%)	7.55		22.38		7.72		22.92		7.91		23.53				
EXPANSIÓN															
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN					
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%				
31/05/2025	14.3	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0	0				
1/06/2025	14.3	24	0.6	0.014		0.4	0.011		0.3	0.008					
2/06/2025	14.3	48	1.7	0.043		1.4	0.034		1	0.025					
3/06/2025	14.3	72	2.5	0.063		2.7	0.068		2.9	0.073					
4/06/2025	14.3	96	3.5	0.088		3.9	0.096		4.2	0.105					
			4.57	total	1.92	4.57	total	2.11	4.57	total	2.30				
PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN		TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE N° A-5				MOLDE N° A-3				MOLDE N° A-2			
				CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN				
mm.	pulg.		Lbf/in2	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
0.000	0.000	0'00"		0	2			0	2			0	2		
0.640	0.025	0'30"		97	239			85	208			72	178		
1.270	0.050	1'00"		232	568			210	513			187	458		
1.910	0.075	1'30"		382	934			357	873			312	812		
2.540	0.100	2'00"	1000	540	1318	1345.1	134.5	509	1242	125.4	477	102	255	1163.9	116.4
3.810	0.150	3'00"		897	2187			800	1950			702	1737		
5.080	0.200	4'00"	1500	1287	3133	3117.7	207.8	1140	2772	2662.0	177.5	992	2417	205.8	147.1
6.350	0.250	5'00"		1870	4081			1351	3257			1032	2515		
7.620	0.300	6'00"		2042	4961			1645	3999			1220	3036		
10.160	0.400	8'00"		2542	6167			1900	4834			1497	3497		
12.700	0.500	10'00"		2845	6904			2221	5392			1738	3875		

Henny Rivaldineyra Obilitas
 Tec. Laboratorio USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 04 de Junio de 2025
Cantera : Tres Tomas + 6% SBR
Repetición : 3

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporta de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

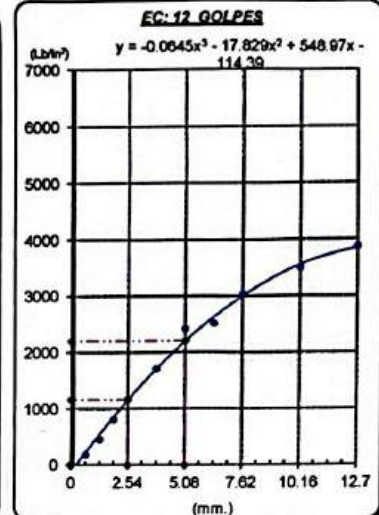
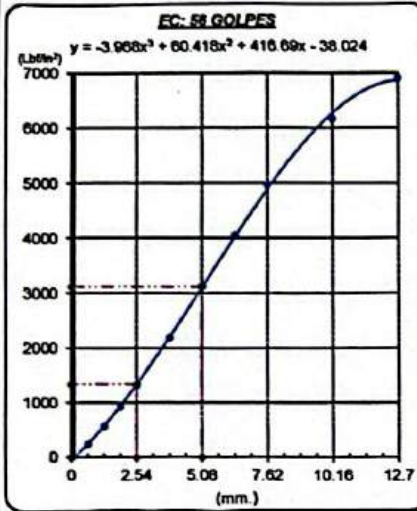


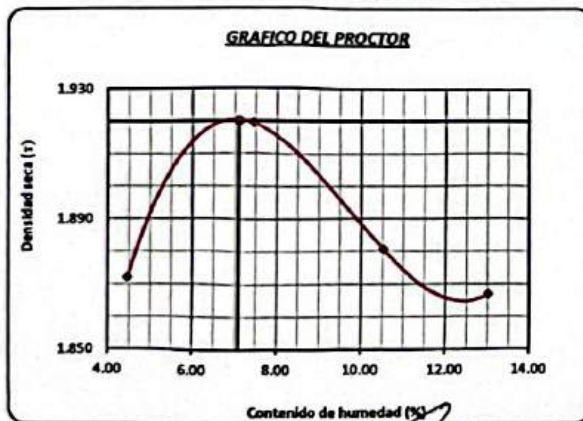
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.920 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.824 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	7.10 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	135 %	210 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	125 %	176 %



Henry Rvadeneyra Oblitas
 Toc. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

TÉCNICO DE LABORATORIO

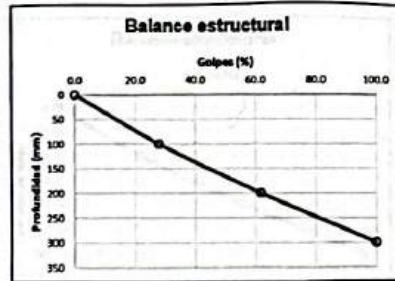
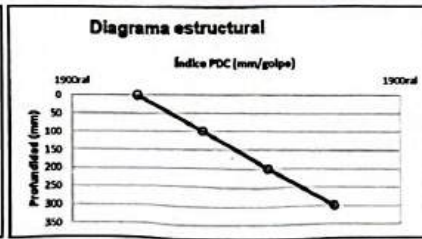
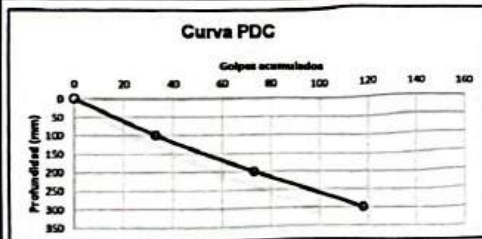
INFORME DE ENSAYO

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tests : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 10 de Setiembre de 2025
Cantera : Tres Tomas

PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO
ASTM D 6951

PUNTO: 1 SM Arena Limosa con Grava
LOCALIZACIÓN:
PESO DEL MARTILLO: 8,0 kg FECHA: 10/09/2025
FACTOR DEL MARTILLO: 1,0
CLASIFICACIÓN DEL TERRENO: SM
ADICIÓN: 4% SBR

Número de golpes acumulados	Número de golpes	% golpes	Penetración acumulada (mm)	Penetración por lectura (mm)	Índice PDC (mm/golpe)	CBR ⁽¹⁾ (%)
0	0	0.0	0	0		
33	33	28.0	100	100	3.0	84.36
73	40	61.9	200	100	2.5	104.64
118	45	100.0	300	100	2.2	119.39



CORRELACIONES:

1. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2000)

$$CBR = 292 / (PDC)^{1.172}$$



Henry Bivadeneira Obitas
Tec. Laboratorio USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



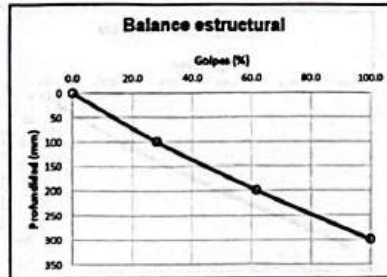
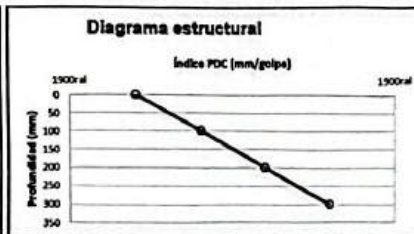
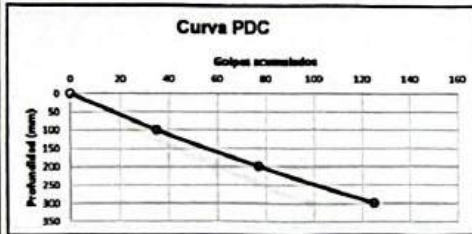
INFORME DE ENSAYO

Testista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tests : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 10 de Setiembre de 2025
Cantera : Tres Tomas

PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO
ASTM D 6951

PUNTO: 2 SM Arena Limosa con Grava
LOCALIZACIÓN
PESO DEL MARTILLO: 8,0 kg FECHA: 10/09/2025
FACTOR DEL MARTILLO: 1,0
CLASIFICACIÓN DEL TERRENO: SM
ADICIÓN: 4% SBR

Número de golpes acumulado	Número de golpes	% golpes	Penetración acumulada (mm)	Penetración por lectura (mm)	Índice PDC (mm/golpe)	CBR ⁽¹⁾ (%)
0	0	0.0	0	0		
35	35	28.0	100	100	2.9	90.10
77	42	61.6	200	100	2.4	110.52
125	48	100.0	300	100	2.1	128.34



CORRELACIONES:

1. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2000)

$$CBR = 292 / ((PDC)^{1.172})$$



Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



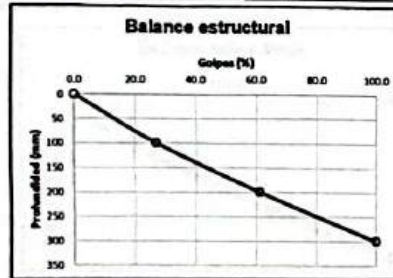
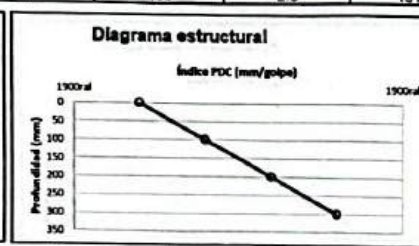
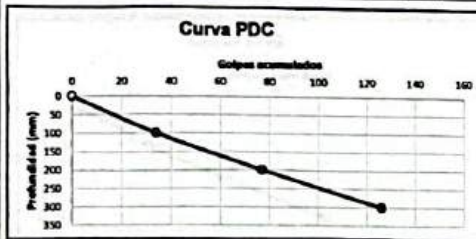
INFORME DE ENSAYO

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 10 de Setiembre de 2025
Cantera : Tres Tomas

PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO
ASTM D 6951

PUNTO: 3 SM Arena Limosa con Grava
LOCALIZACIÓN:
PESO DEL MARTILLO: 8,0 kg
FACTOR DEL MARTILLO: 1,0 FECHA: 10/09/2025
CLASIFICACIÓN DEL TERRENO: SM
ADICIÓN: 4% SBR

Número de golpes acumulado	Número de golpes	% golpes	Penetración acumulada (mm)	Penetración por lectura (mm)	Índice PDC (mm/golpe)	CBR ⁽¹⁾ (%)
0	0	0.0	0	0	0	
34	34	27.0	100	100	2.9	87.22
77	43	61.1	200	100	2.3	113.47
128	49	100.0	300	100	2.0	131.34



CORRELACIONES:

1. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2000)

$$CBR = 292 / ((PDC)^{1.18})$$



Henry Rivas de la Cruz
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO

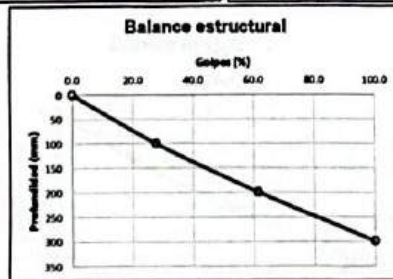
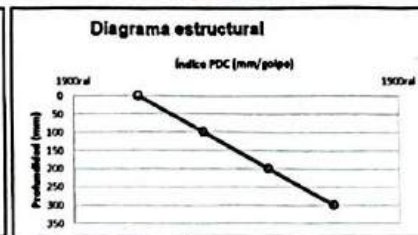
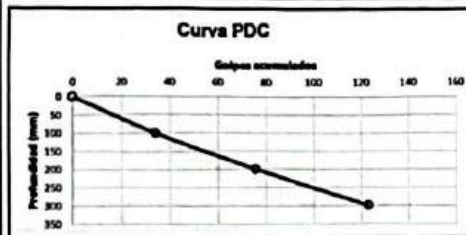
INFORME DE ENSAYO

Testista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 10 de Setiembre de 2025
Cantera : Tres Tomas

PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO
ASTM D 6951

PUNTO: Promedio SM Arena Limsa con Grava
LOCALIZACIÓN
PESO DEL MARTILLO: 8,0 kg **FECHA:** 10/09/2025
FACTOR DEL MARTILLO: 1,0
CLASIFICACIÓN DEL TERRENO: SM
ADICIÓN: 4% SBR

Número de golpes acumulado	Número de golpes	% golpes	Penetración acumulada (mm)	Penetración por lectura (mm)	Índice PDC (mm/golpe)	CBR ⁽¹⁾ (%)
0	0	0,0	0	0		
34	34	27,6	100	100	2,9	87,22
75 6666667	42	61,5	200	100	2,4	109,53
123	47	100,0	300	100	2,1	126,35



CORRELACIONES:

1 Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2000)

$$CBR = 292 / (PDC)^{1,12}$$


 Henry Ruadepeyra Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT


LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT

 TÉCNICO DE LABORATORIO



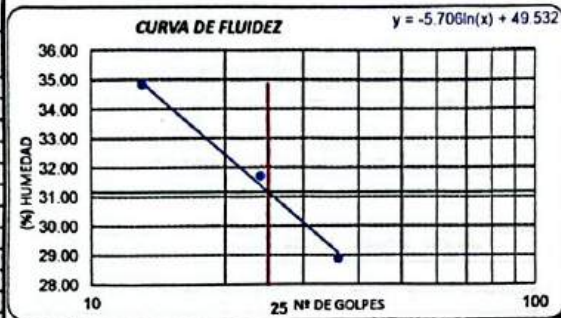
Testista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 07 de Abril de 2025
Cantera : Punto 5

SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo

SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

NORMA DE REFERENCIA
 : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 339.129
 : N.T.P. 339.127: 1998

Análisis Granulométrico por tamizado			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	9.6	90.4
1/2"	12.500	16.4	83.6
3/8"	9.500	20.8	79.2
1/4"	6.300	26.0	74.0
N° 4	4.750	28.9	71.1
N° 10	2.000	35.1	64.9
N° 20	0.850	42.0	58.0
N° 50	0.300	52.7	47.3
N° 100	0.150	62.0	38.0
N° 200	0.075	68.8	31.2



Distribución granulométrica				Ensayo de Límite de Atterberg	
% Grava	G.G. %	9.6	28.9	Límite líquido (LL)	31.17 (%)
	G.F. %	19.3		Límite Plástico (LP)	16.81 (%)
	A.G. %	6.2		Índice Plástico (IP)	14.35 (%)
% Arena	A.M. %	14.4	39.9	Clasificación (S.U.C.S.) SM	
	A.F. %	19.3		Descripción del suelo Arena limosa con grava	
	% Arcilla y Limo 31.2			31.2	Clasificación (AASHTO) A-2-6 (1)
Total		100.0	Descripción		REGULAR
Contenido de Humedad			8.9		



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



Henry
 Obllitas
 Tec. Laboratorio
USAT
 Universidad Católica
 Santo Toribio de Mogrovejo

TECNICO DE LABORATORIO

Tesiista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 12 de Abril de 2025

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS
(NORMA: MTC E 219; ASTM D 5821)

Centers
Punto 5

A.- CON UNA CARA FRACTURADA.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = (B/A)*100	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	15000.0 g.	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	7500.0 g.	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	3000.0 g.	—	—	—	—	—
1"	3/4"	1500.0 g.	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	500.0 g.	323.0	215.0	66.6 %	0.6 %	0.4 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	195.0	82.6	42.4 %	0.4 %	0.2 %
TOTAL		57808.8 g.	518.0 g.	297.6 g.		1.0 %	0.6 %

PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA = 57.4%

B.- CON DOS CARAS FRACTURADAS.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = (B/A)*100	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	15000.0 g.	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	7500.0 g.	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	3000.0 g.	—	—	—	—	—
1"	3/4"	1500.0 g.	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	500.0 g.	583.0	256.0	43.9 %	0.6 %	0.3 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	1020.0	110.0	10.8 %	0.4 %	0.0 %
TOTAL		57800.0 g.	1603.0 g.	366.0 g.		1.0 %	0.3 %

PORCENTAJE CON DOS CARAS FRACTURADAS = 31.4%

NOTA: La partículas fracturadas fue determinado por masa.



Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo 09 de Abril de 2025

ENSAYO : RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2") POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES

REFERENCIA : Norma MTC E 207 / ASTM C-131

Cantera : Cantera EL 5

Muestra : Agregado grueso

% de desgaste por abrasión	%	43.2
% de uniformidad	%	0.6

Requerimien: 40 % Maximo

OBSERVACIONES:

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante.
- La muestra fue tamizada por la malla de 2" y 3/8"
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", N° de esferas : 1.500



Henry Rwadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADO GRUESO

ASMT D- 4791-99

Tecista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 12 de Abril de 2025
Cantera : Punto 5

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS		
TAMIZ	ABERTURA	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) CORR.	PESO	(%)	(%) CORR.
(pulg)	(mm)									
3/4"	19.00			100.00						
1/2"	12.50	3500.0	100.00	-	1809	51.09		1058	30.23	
3/8"	9.50	0.0	-	-	0	-		0	-	
1/4"	6.30	0.0	-	-	0	-		0	-	
			TOTAL		1809	51.09		1058	30.23	

PESO TOTAL DE LA MUESTRA (g) 3500.0

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%) 81.9 **ESPECIFICACIÓN 15% Max.**

TOTAL DE CHATAS Y ALARGADAS (%) 18.1

OBSERVACIONES: El ensayo se realizó con la relación dimensional 1:3




Henry
Rivadeneira
Obilias
Tec. Laboratorio
USAT



USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 08 de Abril del 2025

Ensayo : SUELOS. Metodo de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.

Referencia : NTP 400.019 - 2002

EXAMEN CUANTITATIVO


Muestra : Arena
Cantera : Punto 5

I. - DATOS


MUESTRA N°	1	2	3
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	N° 4	N° 4	N° 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm)	10.10	10.50	10.70
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	2.70	2.70	2.50
EQUIVALENTE DE ARENA	26.73 %	25.71 %	23.36 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	26 %		
ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 (Ref. EG-20)			
Mínimo : 35 % Min			

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizados por el Solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Henry Ruedeneyra
Ojitas
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tests : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chidayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 09 de Abril del 2025

ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

REFERENCIA : NTP 339.152 / USBR E - 8

Cantera : Punto 5
Muestra : Afirmado

Constituyentes de sales solubles totales	ppm	200
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.02

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el Solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)



Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



**SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 ple-lb/ple³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557**

Testista : Calle García, Diego Alejandro
 Escuela : Ingeniería Civil
 Testa : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la edición del polímero SBR para pavimento flexible.
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha : Chiclayo, 15 de Abril de 2025
 Cantera : Punto 5

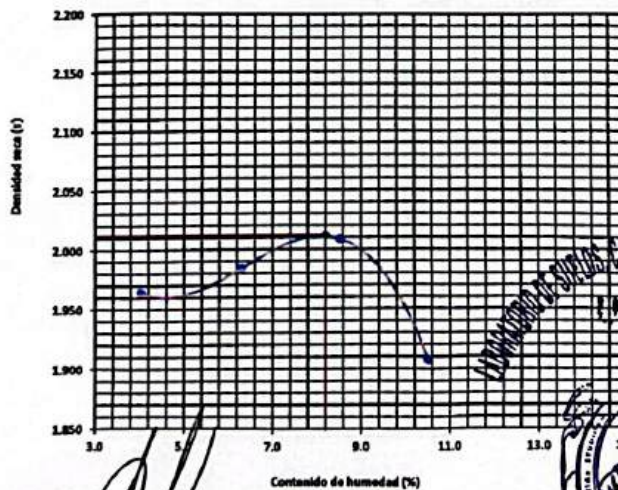
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	10651	10798	10955	10794
Peso del molde	g.	6099	6099	6099	6099
Peso del suelo húmedo compactado	g.	4552	4699	4858	4695
Volumen del molde	cm ³	2227.5	2227.5	2227.5	2227.5
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	2.044	2.110	2.180	2.108

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	198.60	213.34	184.58	163.11
Peso del suelo seco + tara	g.	192.00	202.35	172.95	149.04
Peso de tara	g.	28.06	28.06	36.61	15.10
Peso de agua	g.	6.6	10.99	11.63	14.07
Peso de suelo seco	g.	163.94	174.29	136.34	133.94
Contenido de agua	%	4.0	6.3	8.5	10.5
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.964	1.984	2.009	1.907

DENSIDAD MÁXIMA SECA	2.012	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	8.20	%

GRAFICO DEL PROCTOR



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



Hilari
 Rivadeneira
 Obilias
 T.C. Laboratorios
USAT
 Universidad Católica
 Santo Toribio de Mogrovejo

Personal del Área de Control de Calidad: Hilari Rivadeneira Obilias T.C. Laboratorios USAT. Especialista de Suelos y Pavimentos e Ingeniero de Laboratorio de PSA

TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
N.T.P. 339 145 / ASTM D-1883

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 16 de Abril de 2025
Cantera : Punto 5

COMPACTACIÓN						
Nº Molde	A-5		A-3		A-2	
Nº Capa	5		5		5	
Nº Golpes por capa	56		25		12	
CONDICION DE LA MUESTRA	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado
Peso molde + Suelo húmedo	12995	13298	12703.5	12949.5	12412	12601
Peso de molde (g)	8135	8135	8115	8115	8513	8513
Peso del suelo húmedo (g)	4860	5163	4588.5	4834.5	3899	4088
Volumen del molde (cc)	2086	2086	2112	2112	2073	2073
Densidad húmeda (g/cc)	2.329	2.474	2.173	2.289	1.881	1.972
% de humedad	14.99	21.35	17.03	22.49	15.49	20.42
Densidad seca (g/cc)	2.026	2.039	1.856	1.889	1.629	1.638

HUMEDAD												
Tarro Nº												
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	145.3	145.3	5163	5163	95.6	95.6	4834.5	4834.5	315.0	315.0	4088.0	4088.0
Tarro + Suelo seco (gr.)	129.1	129.1	4860	4860	87.0	87.0	4588.5	4588.5	276.1	276.1	3899.0	3899.0
Peso del Agua (gr.)	16.1	16.1	303.0	303.0	8.6	8.6	246.0	246.0	38.8	38.8	189.0	189.0
Peso del tarro (gr.)	21.44	21.44	0	0	36.5	36.5	0	0	25.49	25.49	0	0
Peso del suelo seco (gr.)	107.7	107.7	4763.5	4763.5	50.5	50.5	4504.9	4504.9	250.6	250.6	3836.5	3836.5
% de humedad	14.99	14.99	21.35	21.35	17.03	17.03	22.49	22.49	15.49	15.49	20.42	20.42
Promedio de Humedad (%)	14.99		21.35		17.03		22.49		15.49		20.42	

EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL			EXPANSIÓN			DIAL			EXPANSIÓN		
			DIAL		EXPANSIÓN	DIAL		EXPANSIÓN	DIAL		EXPANSIÓN			
				Pulg	%			Pulg	%			Pulg	%	
31/05/2023	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1/06/2023	14.3	24	0.12	0.003			0.1	0.003			0.12	0.003		
2/06/2023	14.3	48	1.25	0.031			1.2	0.030			1.35	0.034		
3/06/2023	14.3	72	3.5	0.088			3.4	0.085			3.5	0.088		
4/06/2023	14.3	96	4.1	0.103			4.3	0.108			4.3	0.108		
			4.57	total	2.24		4.57	total	2.35		4.57	total	2.35	

PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN		TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-5				MOLDE Nº A-3				MOLDE Nº A-2			
				CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
mm.	pulg.		Lbf/in2	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
0.000	0.000	0'00"		0	2			0	2			0	2		
0.640	0.025	0'30"		34	85			25	62			34	85		
1.270	0.050	1'00"		105	258			65	160			105	258		
1.910	0.075	1'30"		145	356			104	256			145	356		
2.540	0.100	2'00"	1000	298	729	593.8	59.4	198	485	187	47.9	298	729	541	53.7
3.810	0.150	3'00"		324	792			235	579			324	792	541	
5.080	0.200	4'00"	1500	498	1216	1167.1	77.8	347	846	805.8	53.7	498	1216	480	44.3
6.350	0.250	5'00"		565	1379			393	900			565	1379	541	
7.620	0.300	6'00"		690	1683			483	1131			690	1683	578	
10.160	0.400	8'00"		710	1722			479	1170			710	1722	607	
12.700	0.500	10'00"		715	1744			503	1227			710	1722	607	



Rivadeneira Obitas
Tec Laboratorio
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 18 de Abril de 2025
Cantera : Punto 5

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883
GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

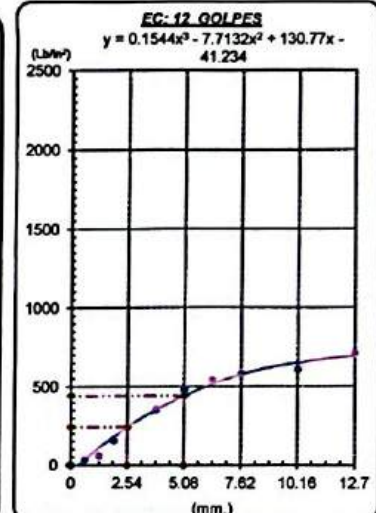
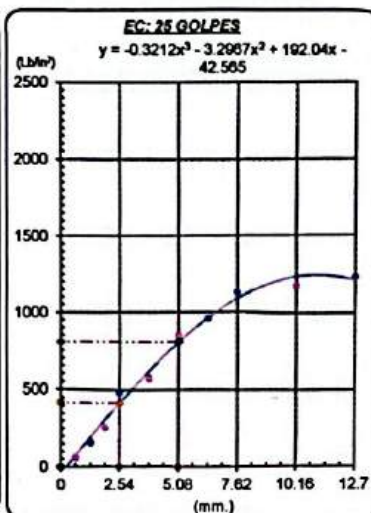
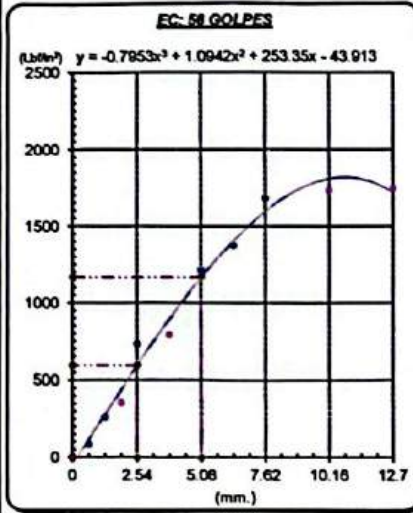


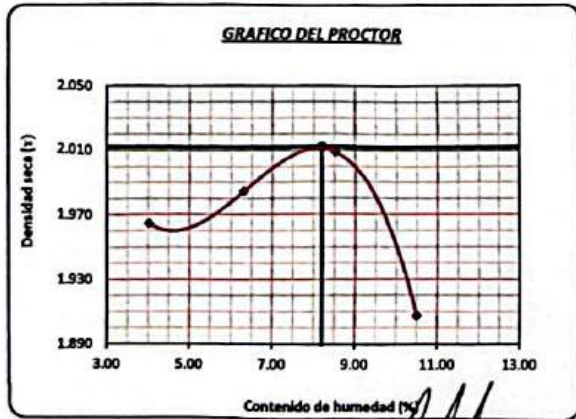
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	2.012 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.911 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	8.20 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	58 %	76 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	46 %	60 %




 Henry Ruadeneyra Oblitas
 Tec Laboratorio USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Testis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 16 de Mayo de 2025
Cantera : Punto 5 + 2% SBR
Repetición : 1

SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo

SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

NORMA DE REFERENCIA

: N.T.P. 399.128 : 1999

: N.T.P. 339.129

: N.T.P. 339.127: 1998

Análisis Granulométrico por tamizado			
N° Tamiz	Apertura (mm)	% Retenido	% Acumulados Que
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	10.2	89.8
1/2"	12.500	16.5	83.5
3/8"	9.500	20.5	79.5
1/4"	6.300	26.0	74.0
N° 4	4.750	28.8	71.2
N° 10	2.000	35.1	64.9
N° 20	0.850	42.2	57.8
N° 50	0.300	53.7	46.3
N° 100	0.150	62.3	37.7
N° 200	0.075	68.4	31.6

Distribución granulométrica			
% Grava	G.G. %	10.2	28.8
	G.F. %	18.6	
% Arena	A.G. %	6.3	39.6
	A.M. %	15.1	
	A.F. %	18.2	
% Arcilla y Limo		31.6	31.6
Total			100.0

Ensayo de Limite de Atterberg	
Limite líquido (LL)	45.30 (%)
Limite Plástico (LP)	31.77 (%)
Índice Plástico (IP)	13.53 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	SM
Descripción del suelo	Arena limosa con grava
Clasificación (AASHTO)	A-2-7 (1)
Descripción	REGULAR

Contenido de Humedad	
	7.3



Henry Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 16 de Mayo de 2025
Cantera : Punto 5 + 2% SBR
Repetición : 2

SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
NORMA DE REFERENCIA
: N.T.P. 399.128 : 1999
: N.T.P. 339.129
: N.T.P. 339.127: 1998

Análisis Granulométrico por tamizado			
N° Tamiz	Apertura (mm)	% Acumulados Retenido	Cue
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	10.2	89.8
1/2"	12.500	16.7	83.3
3/8"	9.500	20.9	79.1
1/4"	6.300	26.3	73.7
N° 4	4.750	29.4	70.6
N° 10	2.000	35.2	64.8
N° 20	0.850	42.0	58.0
N° 50	0.300	53.4	46.6
N° 100	0.150	63.3	36.7
N° 200	0.075	68.8	31.2



Distribución granulométrica			
% Grava	G.G. %	10.2	29.4
	G.F. %	19.2	
	A.G. %	5.8	
% Arena	A.M. %	14.7	39.4
	A.F. %	18.9	
	Total	31.2	
% Arcilla y Limo		31.2	100.0
Contenido de Humedad		6.76	

Ensayo de Limite de Atterberg	
Límite líquido (LL)	30.49 (%)
Límite Plástico (LP)	17.80 (%)
Índice Plástico (IP)	12.69 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	SM
Descripción del suelo	
Arena limosa con grava	
Clasificación (AASHTO)	A-2-6 (1)
Descripción	
REGULAR	



Henry Ruedenzyn Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 16 de Mayo de 2025
Cantera : Punto 5 + 2% SBR
Repetición : 3

SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e Índice de plasticidad del suelo
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
: N.T.P. 339.129
: N.T.P. 339.127: 1998

Análisis Granulométrico por tamizado

N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados Retenido	Que
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	9.8	90.2
1/2"	12.500	16.6	83.4
3/8"	9.500	21.0	79.0
1/4"	6.300	26.2	73.8
N° 4	4.750	29.1	70.9
N° 10	2.000	35.3	64.7
N° 20	0.850	42.2	57.8
N° 50	0.300	52.9	47.1
N° 100	0.150	62.2	37.8
N° 200	0.075	68.8	31.2



Distribución granulométrica

% Grava	G.G. %	9.8	
	G.F. %	19.3	29.1
	A.G. %	6.2	
% Arena	A.M. %	14.3	
	A.F. %	19.2	39.7
	% Arcilla y Limo	31.2	31.2
Total		100.0	
Contenido de Humedad		7.06	REGULAR

Limite líquido (LL)	38.15 (%)	
Limite Plástico (LP)	26.36 (%)	
Índice Plástico (IP)	11.78 (%)	
Clasificación (S.U.C.S.)		SM
Descripción del suelo	Arena limosa con grava	
Clasificación (AASHTO)		A-2-6 (1)
Descripción	REGULAR	



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

TÉCNICO DE LABORATORIO



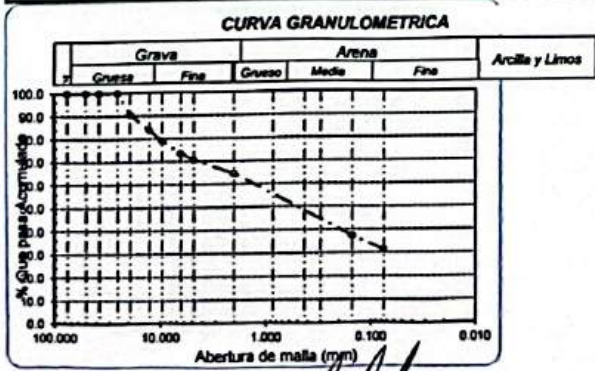
Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tests : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 16 de Mayo de 2025
Cantera : Punto 5 + 4% SBR
Repeticición : 1

SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e Índice de plasticidad del suelo
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
: N.T.P. 339.129
: N.T.P. 339.127: 1998

N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados Retenido Que	
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	9.4	90.6
1/2"	12.500	16.3	83.7
3/8"	9.500	21.0	79.0
1/4"	6.300	26.5	73.5
N° 4	4.750	29.3	70.7
N° 10	2.000	35.4	64.6
N° 20	0.850	42.0	58.0
N° 50	0.300	52.6	47.4
N° 100	0.150	62.8	37.2
N° 200	0.075	68.8	31.2



% Grava	G.G. %		G. F %	A.G %	A.M %	A.F %	% Arcilla y Limo	Total	Ensayo de Límite de Atterberg	
	9.4								26.14 (%)	
% Arena	19.9		29.3	6.1	14.0	19.3	31.2	100.0	Límite líquido (LL)	
	14.0								11.42 (%)	
26.14 (%)		14.71 (%)		Indice Plástico (IP)		14.71 (%)		Clasificación (S.U.C.S.)		
SM		SM		Descripción del suelo		Arena limosa con grava		Clasificación (AASHTO)		
A-2-6 (1)		A-2-6 (1)		Descripción		REGULAR				
7.83		7.83		Contenido de Humedad		REGULAR				



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



Henry Rivas Obilias
Tec. Laboratorio USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 16 de Mayo de 2025
Cantera : Punto 5 + 4% SBR
Repetición : 2

SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo

SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

NORMA DE REFERENCIA
: N.T.P. 399.128 : 1999
: N.T.P. 339.129
: N.T.P. 339.127: 1998

N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados Retenido	Que
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	10.3	89.7
1/2"	12.500	16.8	83.2
3/8"	9.500	21.0	79.0
1/4"	6.300	26.4	73.6
N° 4	4.750	29.5	70.5
N° 10	2.000	35.7	64.3
N° 20	0.850	43.8	56.2
N° 50	0.300	55.3	44.7
N° 100	0.150	64.2	35.8
N° 200	0.075	69.2	30.8



% Grava	G.G. %	10.3	29.5
	G.F. %	19.2	
	A.G. %	6.2	
% Arena	A.M. %	16.1	39.7
	A.F. %	17.5	
% Arcilla y Limo	30.8	30.8	100.0
Total	100.0	100.0	

Límite líquido (LL)	27.27 (%)
Límite Plástico (LP)	13.22 (%)
Índice Plástico (IP)	14.05 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	SM
Descripción del suelo	Arena limosa con grava
Clasificación (AASHTO)	A-2-6 (1)
Descripción	REGULAR



Henry Rivaldeyra
Ceballos
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 16 de Mayo de 2025
Cantera : Punto 5 + 4% SBR
Repetición : 3

SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e Índice de plasticidad del suelo

: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

NORMA DE REFERENCIA
 : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 339.129
 : N.T.P. 339.127: 1998

Análisis Granulométrico por tamizado

N° Tamiz	Apertura (mm)	% Acumulados Retenido	Que
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	10.1	89.9
1/2"	12.500	16.5	83.5
3/8"	9.500	21.0	79.0
1/4"	6.300	26.6	73.4
N° 4	4.750	29.5	70.5
N° 10	2.000	35.3	64.7
N° 20	0.850	42.8	57.2
N° 50	0.300	54.5	45.5
N° 100	0.150	63.0	37.0
N° 200	0.075	68.8	31.2



Distribución granulométrica

% Grava	G.G. %	10.1	29.5
	G.F %	19.4	
% Arena	A.G %	5.8	39.3
	A.M %	16.0	
	A.F %	17.5	
% Arcilla y Limo		31.2	100.0
Total			
Contenido de Humedad			7.8

Ensayo de Límite de Atterberg

Límite líquido (LL)	33.52 (%)
Límite Plástico (LP)	19.14 (%)
Índice Plástico (IP)	14.38 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	SM
Descripción del suelo	Arena limosa con grava
Clasificación (AASHTO)	A-2-6 (1)
Descripción	REGULAR



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivas de la Cruz Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 16 de Mayo de 2025
Cantera : Punto 5 + 6% SBR
Repetición : 1

SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
: plasticidad del suelo
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
: N.T.P. 339.129
: N.T.P. 339.127: 1998

N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados Retenido	Que
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	9.3	90.7
1/2"	12.500	16.0	84.0
3/8"	9.500	20.8	79.2
1/4"	6.300	26.6	73.4
N° 4	4.750	29.4	70.6
N° 10	2.000	35.8	64.2
N° 20	0.850	42.0	58.0
N° 50	0.300	52.9	47.1
N° 100	0.150	61.6	38.4
N° 200	0.075	68.7	31.3



% Grava		% Arena		% Arcilla y Limo	
G.G. %	9.3	A.G. %	6.4	31.3	
G.F. %	20.1	A.M. %	14.0	31.3	
29.4		A.F. %	18.9	31.3	
		Total	100.0	100.0	
		Contenido de Humedad	7.4	7.4	

Limite líquido (LL)	32.07 (%)
Limite Plástico (LP)	16.35 (%)
Índice Plástico (IP)	15.72 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	SM
Descripción del suelo	Arena limosa con grava
Clasificación (AASHTO)	A-2-6 (1)
Descripción	REGULAR



TÉCNICO DE LABORATORIO


Henry Ryadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT




Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 16 de Mayo de 2025
Cantera : Punto 5 + 6% SBR
Repetición : 2

SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
: N.T.P. 339.129
: N.T.P. 339.127: 1998

Análisis Granulométrico por tamizado

N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados Retenido	Que
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	9.8	90.2
1/2"	12.500	16.5	83.5
3/8"	9.500	21.4	78.6
1/4"	6.300	27.2	72.8
N° 4	4.750	30.0	70.0
N° 10	2.000	36.2	63.8
N° 20	0.850	42.1	57.9
N° 50	0.300	53.1	46.9
N° 100	0.150	62.0	38.0
N° 200	0.075	68.8	31.2



Distribución granulométrica

% Grava	G.G. %	9.8	30.0
	G.F. %	20.2	
	A.G. %	6.2	
% Arena	A.M. %	13.4	38.8
	A.F. %	19.2	
% Arcilla y Limo		31.2	31.2
Total		100.0	100.0

Ensayo de Limite de Atterberg

Límite líquido (LL)	39.64 (%)
Límite Plástico (LP)	24.21 (%)
Índice Plástico (IP)	15.43 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	SM
Descripción del suelo	Arena limosa con grava
Clasificación (AASHTO)	A-2-6 (1)
Descripción	REGULAR

Contenido de Humedad 6.8



TÉCNICO DE LABORATORIO



Henry
Rivadeneira
Obitias
Tec. Laboratorio
USAT



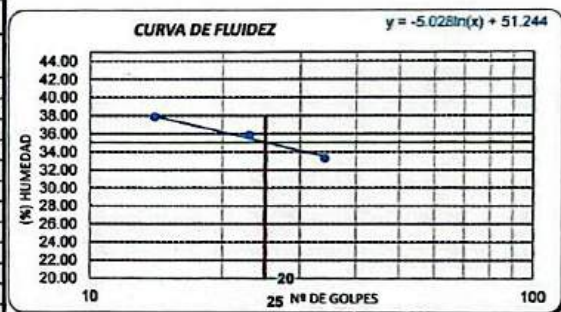


Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 16 de Mayo de 2025
Cantera : Punto 5 + 6% SBR
Repetición : 3

SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
: plasticidad del suelo
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
NORMA DE REFERENCIA
: N.T.P. 399.128 : 1999
: N.T.P. 339.129
: N.T.P. 339.127: 1998

Análisis Granulométrico por tamizado

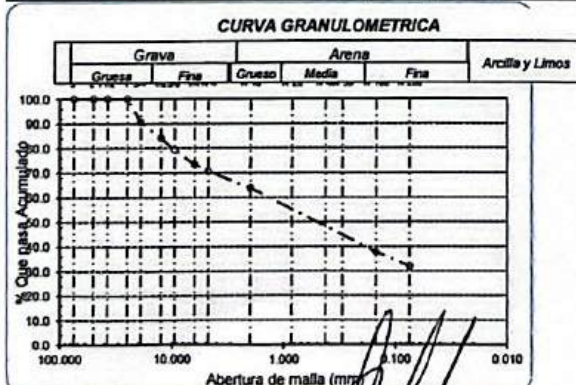
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	9.5	90.5
1/2"	12.500	15.9	84.1
3/8"	9.500	20.9	79.1
1/4"	6.300	26.6	73.4
N° 4	4.750	29.4	70.6
N° 10	2.000	36.2	63.8
N° 20	0.850	42.9	57.1
N° 50	0.300	53.7	46.3
N° 100	0.150	62.2	37.8
N° 200	0.075	68.1	31.9



Distribución granulométrica

		Grava	Arena	Arcilla y Limo
% Grava	G.G. %	9.5		
	G.F. %	19.9	29.4	
% Arena	A.G. %	6.8		
	A.M. %	13.9		
	A.F. %	18.0	38.7	
% Arcilla y Limo		31.9	31.9	
Total		100.0		

Ensayo de Límite de Atterberg	
Límite líquido (LL)	35.06 (%)
Límite Plástico (LP)	19.33 (%)
Índice Plástico (IP)	15.73 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	SM
Descripción del suelo	Arena limosa con grava
Clasificación (AASHTO)	A-2-6 (1)
Descripción	REGULAR



Henry
Rivadeneira
Oblitas
Téc. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tecnista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS
(NORMA: MTC E 216; ASTM D 5821)

Cantera : Punto 5 + 2% SBR
Repetición : 1

A.- CON UNA CARA FRACTURADA.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = (B/A)*100	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	15000.0 g.	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	7500.0 g.	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	3000.0 g.	—	—	—	—	—
1"	3/4"	1500.0 g.	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	500.0 g.	320.0	210.0	65.6 %	0.6 %	0.4 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	190.0	72.0	37.9 %	0.4 %	0.1 %
TOTAL		57809.9 g.	510.0 g.	282.0 g.		1.9 %	0.8 %

PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA = 55.2%

B.- CON DOS CARAS FRACTURADAS.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = (B/A)*100	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	15000.0 g.	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	7500.0 g.	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	3000.0 g.	—	—	—	—	—
1"	3/4"	1500.0 g.	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	500.0 g.	545.0	245.0	45.0 %	0.6 %	0.3 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	1050.0	110.0	10.4 %	0.4 %	0.0 %
TOTAL		57800.0 g.	1805.0 g.	355.0 g.		1.0 %	0.3 %

PORCENTAJE CON DOS CARAS FRACTURADAS = 32.9%

NOTA: La partícula fracturada fue determinado por masa.



Henry Ruedeneyra
Ojitas
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tecnicista: Calle García, Diego Alejandro
Escuela: Escuela de Ingeniería Civil
Título: Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar: Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
Fecha: Chiclayo, 15 de Mayo de 2025

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS
(NORMA: MTC E 216; ASTM D 8821)

Contenido: Punto 8 + 2% SBR
Repetición: 2

A.- CON UNA CARA FRACTURADA.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = (B/A)*100	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	15000.0 g.	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	7500.0 g.	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	3000.0 g.	—	—	—	—	—
1"	3/4"	1500.0 g.	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	500.0 g.	310.0	216.0	68.7 %	0.8 %	0.4 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	205.0	84.0	41.0 %	0.4 %	0.2 %
TOTAL		57800.0 g.	615.0 g.	300.0 g.		1.0 %	0.8 %

PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA = 68.2%

B.- CON DOS CARAS FRACTURADAS.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = (B/A)*100	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	15000.0 g.	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	7500.0 g.	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	3000.0 g.	—	—	—	—	—
1"	3/4"	1500.0 g.	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	500.0 g.	545.0	264.0	48.4 %	0.8 %	0.3 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	1130.0	150.0	13.3 %	0.4 %	0.1 %
TOTAL		57800.0 g.	1675.0 g.	414.0 g.		1.0 %	0.3 %

PORCENTAJE CON DOS CARAS FRACTURADAS = 34.4%

NOTA: Las partículas fracturadas fue determinado por masa.

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT


Henry Ruedenebra Oblitas
Téc. Laboratorio USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tecnista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS
(NORMA: NTC E 210; ASTM D 6621)

Carbón : Punto 5 + 2% SBR
Repetición : 3

A.- CON UNA CARA FRACTURADA.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = (B/A)*100	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	15000.0 g.	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	7500.0 g.	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	3000.0 g.	—	—	—	—	—
1"	3/4"	1500.0 g.	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	500.0 g.	308.0	212.0	68.8 %	0.6 %	0.4 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	195.0	81.0	41.5 %	0.4 %	0.2 %
TOTAL		67800.0 g.	863.0 g.	293.0 g.		1.8 %	0.6 %

PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA = 68.2%

B.- CON DOS CARAS FRACTURADAS.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = (B/A)*100	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	15000.0 g.	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	7500.0 g.	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	3000.0 g.	—	—	—	—	—
1"	3/4"	1500.0 g.	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	500.0 g.	430.0	210.0	48.8 %	0.6 %	0.3 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	174.0	70.0	9.3 %	0.4 %	0.0 %
TOTAL		57800.0 g.	1564.0 g.	315.0 g.		1.0 %	0.3 %

PORCENTAJE CON DOS CARAS FRACTURADAS = 31.8%

NOTA: Las partículas fracturadas fue determinado por masa.



Henry Rivaadneyra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



.....
TÉCNICO DE LABORATORIO

Tenista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 15 de Mayo de 2023

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS
(NORMA: MTC E 210; ASTM D 821)

Cantón : Puzo 5 + 4% SBR
Repetición : 1

A.- CON UNA CARA FRACTURADA.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = ((B/A)*100)	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	15000.0 g	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	7500.0 g	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	3000.0 g	—	—	—	—	—
1"	3/4"	1500.0 g	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	500.0 g	289.0	210.0	72.7 %	0.8 %	0.4 %
1/2"	3/8"	300.0 g	195.0	75.0	38.5 %	0.4 %	0.2 %
TOTAL		67806.0 g	484.0 g	285.0 g	—	1.0 %	0.6 %

PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA = 88.8%

B.- CON DOS CARAS FRACTURADAS.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = ((B/A)*100)	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	15000.0 g	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	7500.0 g	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	3000.0 g	—	—	—	—	—
1"	3/4"	1500.0 g	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	500.0 g	463.0	234.0	50.5 %	0.8 %	0.3 %
1/2"	3/8"	300.0 g	1130.0	115.0	10.2 %	0.4 %	0.0 %
TOTAL		57800.0 g	1593.0 g	349.0 g	—	1.0 %	0.3 %

PORCENTAJE CON DOS CARAS FRACTURADAS = 34.2%

NOTA: La partículas fracturadas fue determinado por masa.


Henry Rivasdeneyra
Obtita
Tec. Laboratorio
USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO

Tecniko : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 15 de Mayo de 2023

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS
(NORMA: BTC E 210; ASTM D 6621)

Conten : Punto 5 + 4% SBR
Repetición : 2

A.- CON UNA CARA FRACTURADA.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = (B/A)*100	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g	0.0	--	--	0.0 %	--
2 1/2"	2"	15000.0 g	--	--	--	--	--
2"	1 1/2"	7500.0 g	--	--	--	--	--
1 1/2"	1"	3000.0 g	--	--	--	--	--
1"	3/4"	1500.0 g	--	--	--	--	--
3/4"	1/2"	500.0 g	329.0	203.0	62.3 %	0.7 %	0.4 %
1/2"	3/8"	300.0 g	175.0	81.0	46.3 %	0.3 %	0.2 %
TOTAL		57808.8 g	591.9 g	284.9 g		1.0 %	0.6 %

PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA = 0.6%

B.- CON DOS CARAS FRACTURADAS.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = (B/A)*100	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g	0.0	--	--	0.0 %	--
2 1/2"	2"	15000.0 g	--	--	--	--	--
2"	1 1/2"	7500.0 g	--	--	--	--	--
1 1/2"	1"	3000.0 g	--	--	--	--	--
1"	3/4"	1500.0 g	--	--	--	--	--
3/4"	1/2"	500.0 g	534.0	253.0	47.4 %	0.7 %	0.3 %
1/2"	3/8"	300.0 g	1098.0	143.0	13.0 %	0.3 %	0.0 %
TOTAL		57800.0 g	1632.0 g	396.0 g		1.0 %	0.4 %

PORCENTAJE CON DOS CARAS FRACTURADAS = 0.4%

NOTA: La partícula fracturada fue determinado por masa.



Henry Rivasdeneyra
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tecelista : Calle Garcia, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025

**PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS
(NORMA: NTC E 210; ASTM D 5821)**

Carroz :
Punto 5 + 4% SBR
Repetición :
3

A.- CON UNA CARA FRACTURADA.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA $C = ((B/A) \cdot 100)$	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS $E = C \cdot D$
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	15000.0 g	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	7500.0 g	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	3000.0 g	—	—	—	—	—
1"	3/4"	1500.0 g	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	500.0 g	267.0	203.0	75.5 %	0.6 %	0.4 %
1/2"	3/8"	300.0 g	190.0	73.0	38.4 %	0.4 %	0.2 %
TOTAL		57800.0 g	457.0 g	278.0 g		1.0 %	0.6 %

PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA = 60.8%

B.- CON DOS CARAS FRACTURADAS.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA $C = ((B/A) \cdot 100)$	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS $E = C \cdot D$
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	15000.0 g	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	7500.0 g	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	3000.0 g	—	—	—	—	—
1"	3/4"	1500.0 g	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	500.0 g	487.0	244.0	50.1 %	0.6 %	0.3 %
1/2"	3/8"	300.0 g	1090.0	107.0	9.8 %	0.4 %	0.0 %
TOTAL		57800.0 g	1577.0 g	351.0 g		1.0 %	0.3 %

PORCENTAJE CON DOS CARAS FRACTURADAS = 33.3%

NOTA: Las partículas fracturadas fue determinado por masa.



Henry
Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tecnista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS
(NORMA: MTC E 210; ASTM D 6821)

Carbón : Punto 5 + 6% SBR
Repetición : 1

A.- CON UNA CARA FRACTURADA.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = ((B/A)*100)	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	15000.0 g.	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	7500.0 g.	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	3000.0 g.	—	—	—	—	—
1"	3/4"	1500.0 g.	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	500.0 g.	333.0	220.0	66.1 %	0.6 %	0.4 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	202.0	81.0	40.1 %	0.4 %	0.2 %
TOTAL		67800.0 g.	635.0 g.	301.0 g.		1.0 %	0.6 %

PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA = 66.3%

B.- CON DOS CARAS FRACTURADAS.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = ((B/A)*100)	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	15000.0 g.	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	7500.0 g.	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	3000.0 g.	—	—	—	—	—
1"	3/4"	1500.0 g.	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	500.0 g.	610.0	312.0	61.1 %	0.6 %	0.3 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	1066.0	65.0	8.7 %	0.4 %	0.0 %
TOTAL		57800.0 g.	1696.0 g.	407.0 g.		1.0 %	0.4 %

PORCENTAJE CON DOS CARAS FRACTURADAS = 38.1%

NOTA: Las partículas fracturadas fue determinado por masa.



Diego Alejandro García
Diego Alejandro García
Rivadéneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
USAT
Universidad Católica
Santa Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO

Título : Calle García, Diego Alejandro
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
 Tema : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS
(NORMA: MTC E 210; ASTM D 6621)

Centros : Punto 5 + 8% SBR
 Repetición : 2

A.- CON UNA CARA FRACTURADA.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA $C = \frac{B}{A} \times 100$	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS $E = C \times D$
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	15000.0 g.	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	7500.0 g.	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	3000.0 g.	—	—	—	—	—
1"	3/4"	1500.0 g.	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	500.0 g.	356.0	215.0	60.4 %	0.7 %	0.4 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	187.0	96.0	56.7 %	0.3 %	0.2 %
TOTAL		67800.0 g.	623.0 g.	313.0 g.		1.8 %	0.6 %

PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA = 68.8%

B.- CON DOS CARAS FRACTURADAS.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA $C = \frac{B}{A} \times 100$	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS $E = C \times D$
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	—	—	0.0 %	—
2 1/2"	2"	15000.0 g.	—	—	—	—	—
2"	1 1/2"	7500.0 g.	—	—	—	—	—
1 1/2"	1"	3000.0 g.	—	—	—	—	—
1"	3/4"	1500.0 g.	—	—	—	—	—
3/4"	1/2"	500.0 g.	510.0	210.0	41.2 %	0.7 %	0.3 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	1156.0	88.0	7.6 %	0.3 %	0.0 %
TOTAL		57800.0 g.	1066.0 g.	298.0 g.		1.0 %	0.3 %

PORCENTAJE CON DOS CARAS FRACTURADAS = 36.4%

NOTA: Las partículas fracturadas fue determinado por masa.


 Henry Rivas Obitas
 Tec. Laboratorio
 USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tecnia : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tema : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS
(NORMA: MTC E 210; ASTM D 6921)

Carera : Pulido 5 + 6% SBR
Repetición : 3

A.- CON UNA CARA FRACTURADA.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = ((B/A)*100)	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	--	--	0.0 %	--
2 1/2"	2"	15000.0 g.	--	--	--	--	--
2"	1 1/2"	7500.0 g.	--	--	--	--	--
1 1/2"	1"	3000.0 g.	--	--	--	--	--
1"	3/4"	1500.0 g.	--	--	--	--	--
3/4"	1/2"	500.0 g.	325.0	205.0	63.1 %	0.7 %	0.4 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	160.0	76.0	47.5 %	0.3 %	0.2 %
TOTAL		67800.0 g.	465.0 g.	281.0 g.		1.0 %	0.6 %

PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA = 67.8%

B.- CON DOS CARAS FRACTURADAS.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = ((B/A)*100)	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	--	--	0.0 %	--
2 1/2"	2"	15000.0 g.	--	--	--	--	--
2"	1 1/2"	7500.0 g.	--	--	--	--	--
1 1/2"	1"	3000.0 g.	--	--	--	--	--
1"	3/4"	1500.0 g.	--	--	--	--	--
3/4"	1/2"	500.0 g.	520.0	270.0	51.9 %	0.7 %	0.3 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	1300.0	127.0	9.2 %	0.3 %	0.0 %
TOTAL		67800.0 g.	1900.0 g.	397.0 g.		1.0 %	0.4 %

PORCENTAJE CON DOS CARAS FRACTURADAS = 37.8%

NOTA: La partículas fracturadas fue determinado por mesa.



Henry Ruydeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Testista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Testa : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo 08 de Mayo de 2025

ENSAYO : RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2") POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES

REFERENCIA : Norma MTC E 207 / ASTM C-131

Cantera : Punto 5 + 2% SBR

Repetición : 1

% de desgaste por abrasión	%	40.4
% de uniformidad	%	0.6

Requerimien: 40 % Máximo

OBSERVACIONES:

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante.
- La muestra fue tamizada por la malla de 2" y 3/8"
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", N° de esferas : 11, Revoluciones total 500



Henry Rivas Obilias
Henry Rivas Obilias
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo 08 de Mayo de 2025

ENSAYO : RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2") POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES

REFERENCIA : Norma MTC E 207 / ASTM C-131

Cantera : Punto 5 + 2% SBR

Repetición : 2

% de desgaste por abrasión	%	41.0
% de uniformidad	%	0.5

Requerimien: 40 % Maximo

OBSERVACIONES :

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante.
- La muestra fue tamizada por la malla de 2" y 3/8"
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", N° de esferas : 11, Revoluciones : Total 500



Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo 08 de Mayo de 2025

ENSAYO : RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2") POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES

REFERENCIA : Norma MTC E 207 / ASTM C-131

Cantera : Punto 5 + 2% SBR

Repetición : 3

% de desgaste por abrasión	%	42.8
% de uniformidad	%	0.5

Requerimien: 40 % Maximo

OBSERVACIONES :

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante.
- La muestra fue tamizada por la malla de 2" y 3/8"
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", N° de esferas : 11, Revoluciones : total 500


Henry Ewaldeneyra
Obilias
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle Garcia, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo 08 de Mayo de 2025

ENSAYO : RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2") POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES

REFERENCIA : Norma MTC E 207 / ASTM C-131

Cantera : Punto 5 + 4% SBR


Repetición : 1

% de desgaste por abrasión	%	41.0
% de uniformidad	%	0.4

Requerimien: 40 % Maximo

OBSERVACIONES:

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante.
- La muestra fue tamizada por la malla de 2" y 3/8"
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", N° de esferas : 11, R de esferas : total 500



Diana Rivas de Obilias
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la edición del polímero SBR para pavimento flexible.
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo 08 de Mayo de 2025

ENSAYO : RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2") POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES

REFERENCIA : Norma MTC E 207 / ASTM C-131

Cantera : Punto 5 + 4% SBR

Repetición : 2

% de desgaste por abrasión	%	38.2
% de uniformidad	%	0.5

Requerimien: 40 % Máximo

OBSERVACIONES :

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante.
- La muestra fue tamizada por la malla de 2" y 3/8"
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", N° de esferas : 11, Soluciones : total



Henry Rivadeneira Obilitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo 08 de Mayo de 2025

ENSAYO : RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2") POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES

REFERENCIA : Norma MTC E 207 / ASTM C-131

Cantera : Punto 5 + 4% SBR

Repetición : 3

% de desgaste por abrasión	%	41.2
% de uniformidad	%	0.4

Requerimien : 40 % Maximo

OBSERVACIONES:

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante.

- La muestra fue tamizada por la malla de 2" y 3/8"

- Método de ensayo a usar: Gradación "B", N° de esferas : 11, R=11.25"



Henry
Rivadeneira
Oblitas
Loc. Laboratorio
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo 08 de Mayo de 2025

ENSAYO : RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2") POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES

REFERENCIA : Norma MTC E 207 / ASTM C-131

Cantera : Punto 5 + 6% SBR

Repetición : 1

% de desgaste por abrasión	%	44.7
% de uniformidad	%	0.5

Requerimien: 40 % Maximo

OBSERVACIONES :

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante.
- La muestra fue tamizada por la malla de 2" y 3/8"
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", N° de esferas : 11 - 500



Henry
Ruadenebra
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Testis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo 08 de Mayo de 2025

ENSAYO : RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2") POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES

REFERENCIA : Norma MTC E 207 / ASTM C-131

Cantera : Punto 5 + 6% SBR

Repetición : 2

% de desgaste por abrasión	%	42.8
% de uniformidad	%	0.5

Requerimien: 40 % Máximo

OBSERVACIONES:

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante.
- La muestra fue tamizada por la malla de 2" y 3/8"
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", Nº de esferas : 11, Revolución

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT




TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo 08 de Mayo de 2025

ENSAYO : RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2") POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES

REFERENCIA : Norma MTC E 207 / ASTM C-131

Cantera : Punto 5 + 6% SBR

Repetición : 3

% de desgaste por abrasión	%	41.2
% de uniformidad	%	0.4

Requerimien : 40 % Maximo

OBSERVACIONES :

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante.
- La muestra fue tamizada por la malla de 2" y 3/8"
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", N° de ensae: 11, Revoluciones : 1000



Henry
Ruedeneyra
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADO GRUESO

ASMT D- 4751-99

Testista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tests : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025
Cantera : Punto 5 + 2% SBR
Repetición : 1

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS		
TAMIZ	ABERTURA	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) CORR.	PESO	(%)	(%) CORR.
(pulg)	(mm)									
3/4"	19.00			100.00						
1/2"	12.50	3500.0	100.00	-	1780	50.86		1145	32.71	
3/8"	9.50	0.0	-	-	0	-		0	-	
1/4"	6.30	0.0	-	-	0	-		0	-	
			TOTAL		1780	50.86		1145	32.71	

PESO TOTAL DE LA MUESTRA (g) 3500.0

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%) 83.6 ESPECIFICACIÓN 15% Max.

TOTAL DE CHATAS Y ALARGADAS (%) 16.4

OBSERVACIONES: El ensayo se realizó con la relación dimensional 1:3



Henry Rivas
Rivas Rivas
Ceballos
Téc. Laboratorio
USAT



USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADO GRUESO

ASMT D- 4791-99

Testista : Calle García, Diego Alejandro
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tema : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025
 Cantara : Punto 5 + 2% SBR
 Repetición : 2

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS		
TAMIZ	ABERTURA	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) CORR.	PESO	(%)	(%) CORR.
(µg)	(mm)									
3/4"	19.00			100.00						
1/2"	12.50	3500.0	100.00	-	1710	48.86		1186	33.89	
3/8"	9.50	0.0	-	-	0	-		0	-	
1/4"	6.30	0.0	-	-	0	-		0	-	
			TOTAL		1710	48.86		1186	33.89	

PESO TOTAL DE LA MUESTRA (g) 3500.0
 PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%) 82.7 ESPECIFICACIÓN 15% Max.
 TOTAL DE CHATAS Y ALARGADAS (%) 17.3
 OBSERVACIONES: El ensayo se realizó con la relación dimensional 1:3



Henry Rivas Obitas
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADO GRUESO

ASMT D- 4791-99

Teclista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025
Cantera : Punto 5 + 2% SBR
Repetición : 3


MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS		
TAMIZ	ABERTURA	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) CORR.	PESO	(%)	(%) CORR.
(pulg)	(mm)									
3/4"	19.00			100.00						
1/2"	12.50	3500.0	100.00	-	1875	53.57		1010	28.86	
3/8"	9.50	0.0	-	-	0	-		0	-	
1/4"	6.30	0.0	-	-	0	-		0	-	
			TOTAL		1875	53.57		1010	28.86	

PESO TOTAL DE LA MUESTRA (g) 3500.0


PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%) 82.4 ESPECIFICACIÓN 15% Max.

TOTAL DE CHATAS Y ALARGADAS (%) 17.6

OBSERVACIONES: El ensayo se realizó con la relación dimensional 1:3



Henry Rivas Obilias
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADO GRUESO

ASMT D- 4791-99

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025
Cantera : Punto 5 + 4% SBR
Repetición : 1

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS		
TAMIZ	ABERTURA	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) CORR.	PESO	(%)	(%) CORR.
(µ/g)	(mm)									
3/4"	19.00			100.00						
1/2"	12.50	3500.0	100.00	-	1755	50.14		1160	33.14	
3/8"	9.50	0.0	-	-	0	-		0	-	
1/4"	6.30	0.0	-	-	0	-		0	-	
			TOTAL		1755	50.14		1160	33.14	

PESO TOTAL DE LA MUESTRA (g) 3500.0

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%) 63.3 ESPECIFICACIÓN 15% Max.

TOTAL DE CHATAS Y ALARGADAS (%) 16.7

OBSERVACIONES: El ensayo se realizó con la relación dimensional 1:3



Henry Rivas
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADO GRUESO

ASMT D- 4791-99

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025
Cantera : Punto 5 + 4% SBR
Repetición : 2

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS		
TAMIZ	ABERTURA	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) CORR.	PESO	(%)	(%) CORR.
(pulg)	(mm)									
3/4"	19.00			100.00						
1/2"	12.50	3500.0	100.00	-	1660	53.14		1040	29.71	
3/8"	9.50	0.0	-	-	0	-		0	-	
1/4"	6.30	0.0	-	-	0	-		0	-	
			TOTAL		1660	53.14		1040	29.71	

PESO TOTAL DE LA MUESTRA (g) 3500.0

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%) 82.9 ESPECIFICACIÓN 15% Max.

TOTAL DE CHATAS Y ALARGADAS (%) 17.1

OBSERVACIONES: El ensayo se realizó con la relación dimensional 1:3



Henry Rivas
Rivas Obdinas
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADO GRUESO

ASMT D- 4791-99

Testista : Calle García, Diego Alejandro
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tema : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025
 Cantera : Punto 3 + 4% SBR
 Repetición : 3

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS		
TAMIZ	ABERTURA	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) CORR.	PESO	(%)	(%) CORR.
(µg)	(mm)									
3/4"	19.00			100.00						
1/2"	12.50	3500.0	100.00	-	2025	57.88		845	24.14	
3/8"	9.50	0.0	-	-	0	-		0	-	
1/4"	6.30	0.0	-	-	0	-		0	-	
			TOTAL		2025	57.88		845	24.14	

PESO TOTAL DE LA MUESTRA (g) 3500.0

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%) 82.0 ESPECIFICACIÓN 15% Max.

TOTAL DE CHATAS Y ALARGADAS (%) 18.0

OBSERVACIONES: El ensayo se realizó con la relación dimensional 1:3



Henry Rivas Obilias
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



TÉCNICO DE LABORATORIO



PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADO GRUESO

ASMT D- 4791-99

Testista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025
Cantera : Punto 5 + 6% SBR
Repetición : 1

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS		
TAMIZ	ABERTURA	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) CORR.	PESO	(%)	(%) CORR.
(pulg)	(mm)									
3/4"	19.00			100.00						
1/2"	12.50	3500.0	100.00	-	1805	51.57		1078	30.80	
3/8"	9.50	0.0	-	-	0	-		0	-	
1/4"	6.30	0.0	-	-	0	-		0	-	
			TOTAL		1805	51.57		1078	30.80	

PESO TOTAL DE LA MUESTRA (g) 3500.0

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%) 82.4 **ESPECIFICACIÓN 15% Max.**

TOTAL DE CHATAS Y ALARGADAS (%) 17.6

OBSERVACIONES: El ensayo se realizó con la relación dimensional 1:3



Henry Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADO GRUESO

ASMT D- 4791-99

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025
Cantera : Punto 5 + 6% SBR
Repetición : 2

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS		
TAMIZ	ABERTURA	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) CORR.	PESO	(%)	(%) CORR.
(µg)	(mm)									
3/4"	19.00			100.00						
1/2"	12.50	3500.0	100.00	-	2110	60.29		798	22.80	
3/8"	9.50	0.0	-	-	0	-		0	-	
1/4"	6.30	0.0	-	-	0	-		0	-	
			TOTAL		2110	60.29		798	22.80	

PESO TOTAL DE LA MUESTRA (g) 3500.0

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%) 83.1 **ESPECIFICACIÓN 15% Max.**

TOTAL DE CHATAS Y ALARGADAS (%) 16.9

OBSERVACIONES: El ensayo se realizó con la relación dimensional 1:3



Henry
Rivadeneira
Oblitas
Téc. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 08 de Abril del 2025

Ensayo : SUELOS. Metodo de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.

Referencia : NTP 400.019 - 2002

EXAMEN CUANTITATIVO

Cantera : Punto 5 + 2% SBR
Repetición : 1

I.- DATOS

MUESTRA N°	1	2	3
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	N° 4	N° 4	N° 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm.)	8.90	9.20	9.40
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	3.90	4.00	4.20
EQUIVALENTE DE ARENA	43.82 %	43.48 %	44.68 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	44 %		
ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 (Ref. EG-200)			
Mínimo : 35 % Min			

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizados por el Solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio. .



Henry
Rivadeneira
Oblitas
Téc. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 08 de Abril del 2025

Ensayo : SUELOS. Metodo de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.

Referencia : NTP 400.019 - 2002

EXAMEN CUANTITATIVO

Cantera : Punto 5 + 2% SBR
Repetición : 2

I.- DATOS

MUESTRA Nº	1	2	3
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	Nº 4	Nº 4	Nº 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm)	8.90	9.10	9.20
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	4.10	4.20	4.00
EQUIVALENTE DE ARENA	46.07 %	46.15 %	43.48 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	46 %		
ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 (Ref. EG-20)			
Minimo : 35 % Min			

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizados por el Solicitante.
- El presente documento no debera ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



[Firma]
Hernán Rumbautegui
Ing. Civil
Téc. Laboratorio
USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



[Firma]
TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 08 de Abril del 2025

Ensayo : SUELOS. Metodo de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.
Referencia : NTP 400.019 - 2002

EXAMEN CUANTITATIVO

Cantera : Punto 5 + 2% SBR
Repetición : 3

I.- DATOS

MUESTRA Nº	1	2	3
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	Nº 4	Nº 4	Nº 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm)	9.10	9.50	9.20
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	3.60	4.60	4.00
EQUIVALENTE DE ARENA	39.56 %	48.42 %	43.48 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	44 %		
ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 (Ref. EG-20)			
Minimo : 35 % Min			

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizados por el Solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Henry
Rucdaeneyra
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 08 de Abril del 2025

Ensayo : SUELOS. Metodo de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.

Referencia : NTP 400.019 - 2002

EXAMEN CUANTITATIVO

Cantera : Punto 5 + 4% SBR
Repetición : 1


I.- DATOS

MUESTRA N°	1	2	3
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	N° 4	N° 4	N° 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm.)	11.60	12.10	11.90
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	5.00	5.00	4.30
EQUIVALENTE DE ARENA	43.10 %	41.32 %	36.13 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	41 %		
ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 (Ref. EG-200)			
Mínimo : 35 % Min			

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizados por el Solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



 Ingeniera
 Rosalinda
 Ojeda
 Tec. Laboratorio
 USAT


LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 USAT


 TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 08 de Abril del 2025

Ensayo : SUELOS. Metodo de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.

Referencia : NTP 400.019 - 2002

EXAMEN CUANTITATIVO

Cantera : Punto 5 + 4% SBR
Repetición : 2

I.- DATOS

MUESTRA N°	1	2	3
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	N° 4	N° 4	N° 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm)	10.50	11.60	10.90
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	4.20	3.90	4.20
EQUIVALENTE DE ARENA	40.00 %	33.62 %	38.53 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	38 %		
ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 (Ref. EG-20)			
Minimo : 35 % Min			

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizados por el Solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Henry Ruedenebra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 08 de Abril del 2025

Ensayo : SUELOS. Metodo de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.
Referencia : NTP 400.019 - 2002

EXAMEN CUANTITATIVO

Cantera : Punto 5 + 4% SBR
Repetición : 3

I.- DATOS

MUESTRA N°	1	2	3
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	N° 4	N° 4	N° 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm)	10.90	11.90	12.40
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	4.30	4.20	4.90
EQUIVALENTE DE ARENA	39.45 %	35.29 %	39.52 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	39 %		
ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 (Ref. EG-200)			
Minimo : 35 % Min			

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizados por el Solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Henry
Rivadeneira
Obtinas
Téc. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Mayo de 2025

Ensayo : SUELOS. Metodo de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.

Referencia : NTP 400.019 - 2002

EXAMEN CUANTITATIVO

Cantera : Punto 5 + 6% SBR
Repetición : 2

I.- DATOS

MUESTRA N°	1	2	3
TAMANO MAXIMA (mm.)	N° 4	N° 4	N° 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm)	11.40	11.30	11.30
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	4.10	3.90	3.80
EQUIVALENTE DE ARENA	35.96 %	34.51 %	33.63 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	35 %		
ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 (Ref. EG-20)			
Minimo : 35 % Min			

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizados por el Solicitante.
- El presente documento no debiera ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Henry Ruydeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Mayo de 2025

Ensayo : SUELOS. Metodo de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.

Referencia : NTP 400.019 - 2002

EXAMEN CUANTITATIVO

Cantera : Punto 5 + 6% SBR
Repetición : 3

I.- DATOS

MUESTRA N°	1	2	3
TAMANO MAXIMA (mm.)	N° 4	N° 4	N° 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm)	11.40	11.50	11.30
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	3.80	3.90	4.00
EQUIVALENTE DE ARENA	33.33 %	33.91 %	35.40 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	35 %		
ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 (Ref. EG-20)			
Minimo : 35 % Min			

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizados por el Solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Henry Rivadeneyra
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Mayo de 2025

Ensayo : SUELOS. Metodo de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.

Referencia : NTP 400.019 - 2002

EXAMEN CUANTITATIVO

Cantera : Punto 5 + 6% SBR
Repetición : 1

I.- DATOS

MUESTRA N°	1	2	3
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	N° 4	N° 4	N° 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm.)	11.40	11.30	11.30
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	4.20	4.00	4.00
EQUIVALENTE DE ARENA	36.84 %	35.40 %	35.40 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	36 %		

ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 (Ref. EG-200)
Minimo : 35 % Min

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizados por el Solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Henry
Ravaderfeyra
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025

ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

REFERENCIA : NTP 339.152 / USBR E - 8

Cantera: Punto 5 + 2% SBR

Repetición: 1

Constituyentes de sales solubles totales	ppm	1200
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.12

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el Solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)



Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santa Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025

ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

REFERENCIA : NTP 339.152 / USBR E - 8


Cantera: Punto 5 + 2% SBR

Repetición: 2


Constituyentes de sales solubles totales	ppm	1200
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.12

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el Solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)



Henry Rivadeneira Obitias
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025

ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

REFERENCIA : NTP 339.152 / USBR E - 8

Cantera: Punto 5 + 2% SBR

Repetición: 3

Constituyentes de sales solubles totales	ppm	1400
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.14

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el Solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)


 Henry Rivas Encyra
 Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tests : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025

ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

REFERENCIA : NTP 339.152 / USBR E - 8

Cantera: Punto 5 + 4% SBR

Repetición: 1

Constituyentes de sales solubles totales	ppm	1600
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.16

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el Solicitante
 - El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)



Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025

ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

REFERENCIA : NTP 339.152 / USBR E - 8

Cantera: Punto 5 + 4% SBR

Repetición: 2

Constituyentes de sales solubles totales	ppm	1700
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.17

OBSERVACIONES :

1) Muestreo e identificación realizado por el Solicitante

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)



Henry
Rivadeneira
Obitas
Tec. Laboratorio
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025

ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

REFERENCIA : NTP 339.152 / USBR E - 8

Cantera: Punto 5 + 4% SBR

Repetición: 3

Constituyentes de sales solubles totales	ppm	1700
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.17

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el Solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)




Henry
Rivas
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT




USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025

ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

REFERENCIA : NTP 339.152 / USBR E - 8

Cantera: Punto 5 + 6% SBR

Repetición: 1

Constituyentes de sales solubles totales	ppm	1000
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.10

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el Solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)



Henry Rivas Obitas
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle Garcia, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025

ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

REFERENCIA : NTP 339.152 / USBR E - 8

Cantera: Punto 5 + 6% SBR

Repetición: 2

Constituyentes de sales solubles totales	ppm	1300
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.13

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el Solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)



Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 15 de Mayo de 2025

ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

REFERENCIA : NTP 339.152 / USBR E - 8

Cantera: Punto 5 + 6% SBR

Repetición: 3

Constituyentes de sales solubles totales	ppm	1100
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.11

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el Solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)



Henry
Ruvalcaba
Obitas
Téc. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando
 una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lb/pie³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

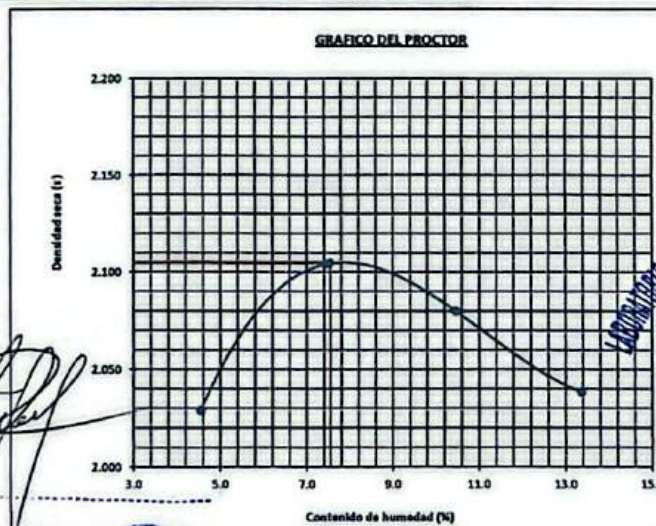
Tesista : Calle García, Diego Alejandro
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha : Chiclayo, 23 de Mayo de 2025
 Cantera : Punto 5 + 2% SBR
 Repetición : 1

Número de ensayo	1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g. 10824	11138	11217	11247
Peso del molde	g. 6099	6099	6099	6099
Peso del suelo húmedo compactado	g. 4725	5039	5118	5148
Volumen del molde	cm ³ 2227.5	2227.5	2227.5	2227.5
Peso del volumen húmedo	g/cm ³ 2.121	2.262	2.298	2.311

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente	1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g. 156.50	185.60	163.50	146.50
Peso del suelo seco + tara	g. 151.50	174.50	154.00	134.00
Peso de tara	g. 41.50	26.50	63.20	40.50
Peso de agua	g. 5	11.1	9.5	12.5
Peso de suelo seco	g. 110	148	90.8	93.5
Contenido de agua	% 4.5	7.5	10.5	13.4
Peso volumétrico seco	g/cm ³ 2.029	2.104	2.080	2.039

DENSIDAD MAXIMA SECA	2.105	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	7.55	%



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT



Diego Alejandro Calle García
 Ingeniero Civil
 USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

TÉCNICO DE LABORATORIO

Personal del área de Control de Calidad: Jefe de Control de Calidad en Suelos y Pavimentos, Ing. Especialista de Suelos y Pavimentos ó Ingeniero de Laboratorio de PEA



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/ft³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

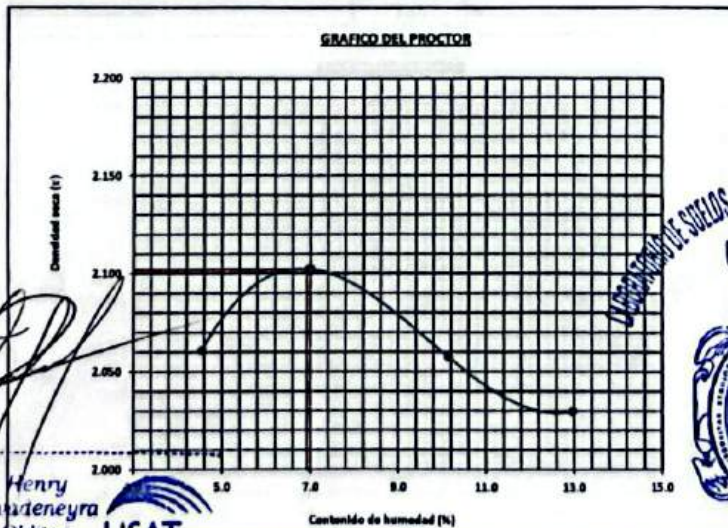
Tesista : Calle García, Diego Alejandro
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
 Fecha : Chiclayo, 23 de Mayo de 2025
 Cantera : Punto 5 + 2% SBR
 Repetición : 2

Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g	10898	11110	11147	11207
Peso del molde	g	6099	6099	6099	6099
Peso del suelo húmedo compactado	g	4799	5011	5048	5108
Volumen del molde	cm ³	2227.5	2227.5	2227.5	2227.5
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	2.154	2.250	2.268	2.293

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g	159.50	194.50	147.60	175.00
Peso del suelo seco + tara	g	153.50	183.50	137.00	159.80
Peso de tara	g	21.40	26.50	32.50	42.60
Peso de agua	g	6	11	10.6	15.2
Peso de suelo seco	g	132.1	157	104.5	117.2
Contenido de agua	%	4.5	7.0	10.1	13.0
Peso volumétrico seco	g/cm ³	2.061	2.102	2.058	2.030

DENSIDAD MAXIMA SECA	2.102	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	6.92	%



Henry Rivas Neyra Obitas
 Tec. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica
 Para fines de propósito

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT



Técnico de Laboratorio



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

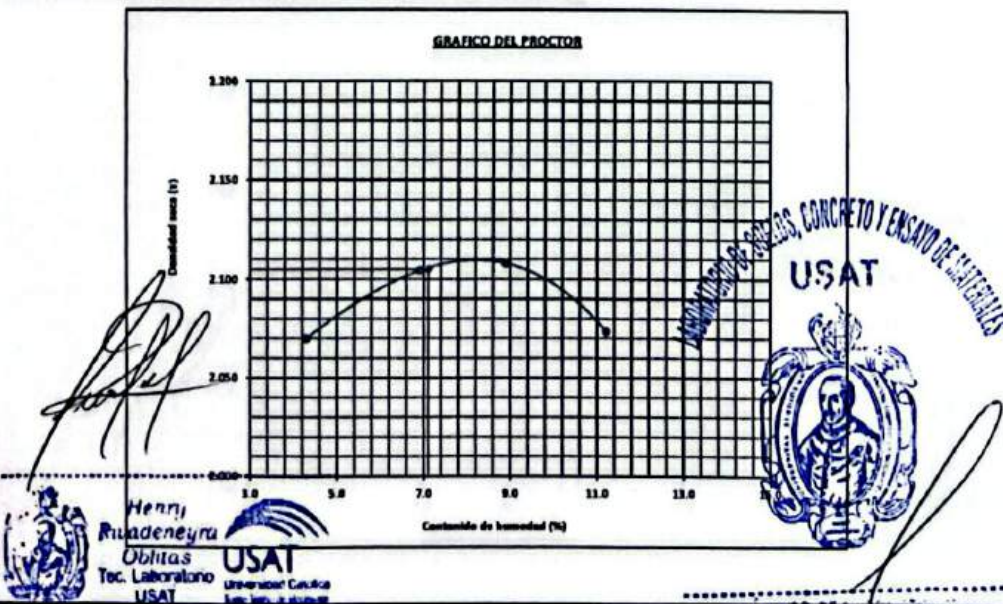
Testista : Calle García, Diego Alejandro
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha : Chiclayo, 23 de Mayo de 2025
 Cantera : Punto 5 + 2% SBR
 Repetición : 3

Número de ensayo	1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g 10908	11110	11212	11236
Peso del molde	g 6099	6099	6099	6099
Peso del suelo húmedo compactado	g 4809	5011	5113	5137
Volumen del molde	cm ³ 2227.5	2227.5	2227.5	2227.5
Peso del volumen húmedo	g/cm ³ 2.159	2.250	2.295	2.306

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente	1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g 196.50	184.50	176.50	165.50
Peso del suelo seco + tara	g 189.50	174.50	165.00	153.00
Peso de tara	g 26.50	29.60	35.60	41.50
Peso de agua	g 7	10	11.5	12.5
Peso de suelo seco	g 163	144.9	129.4	111.5
Contenido de agua	% 4.3	6.9	8.9	11.2
Peso volumétrico seco	g/cm ³ 2.070	2.104	2.108	2.074

DENSIDAD MAXIMA SECA	2.105	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	7.10	%



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

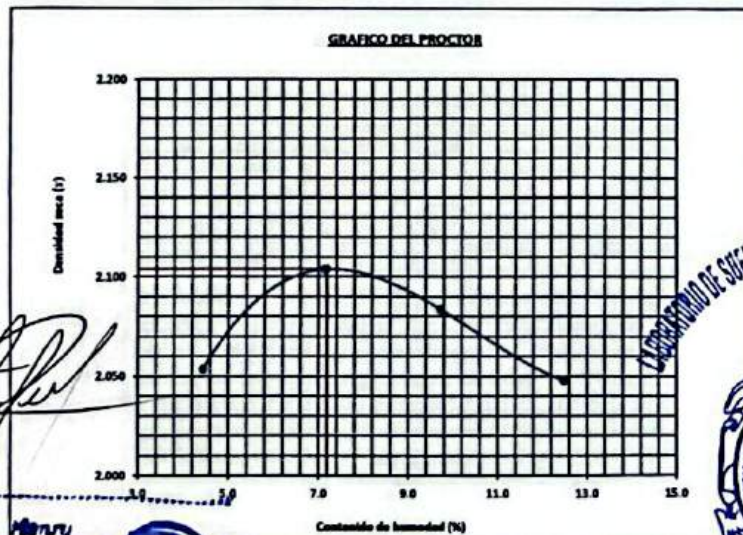
Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Testis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 23 de Mayo de 2025
Cantera : Punto 5 + 2% SBR
Repetición : Promedio



Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g	10877	11119	11192	11230
Peso del molde	g	6099	6099	6099	6099
Peso del suelo húmedo compactado	g	4778	5020	5093	5131
Volumen del molde	cm ³	2228	2228	2228	2228
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	2.145	2.254	2.286	2.303

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g	170.83	188.20	162.53	162.33
Peso del suelo seco + tara	g	164.83	177.50	152.00	148.93
Peso de tara	g	29.80	27.53	43.77	41.53
Peso de agua	g	6.00	10.70	10.53	13.40
Peso de suelo seco	g	135.03	149.97	108.23	107.40
Contenido de agua	%	4.4	7.1	9.7	12.5
Peso volumétrico seco	g/cm ³	2.054	2.104	2.084	2.048

DENSIDAD MAXIMA SECA	2.104	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	7.19	%



Henry



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT


Personal del Área de Control de Calidad: Jefe de Control de Calidad en Suelos y Pavimentos, Ing. Especialista de Suelos y Pavimentos ó Ingeniero de Laboratorio



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
Fecha : Chiclayo, 23 de Mayo de 2025
Cantera : Punto 5 + 4% SBR
Repetición : 1

PROFUNDIDADES 1.00 m - 1.50 m

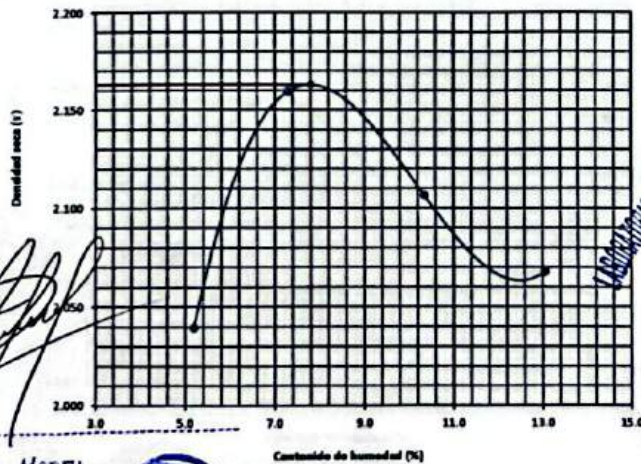
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g	10878	11260	11277	11307
Peso del molde	g	6099	6099	6099	6099
Peso del suelo húmedo compactado	g	4779	5161	5178	5208
Volumen del molde	cm ³	2227.5	2227.5	2227.5	2227.5
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	2.145	2.317	2.325	2.338

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g	215.60	198.70	165.60	175.60
Peso del suelo seco + tara	g	207.00	187.00	156.00	160.00
Peso de tara	g	41.50	26.50	63.20	40.50
Peso de agua	g	8.6	11.7	9.6	15.6
Peso de suelo seco	g	165.5	160.5	92.8	119.5
Contenido de agua	%	5.2	7.3	10.3	13.1
Peso volumétrico seco	g/cm ³	2.039	2.160	2.107	2.068

DENSIDAD MÁXIMA SECA	2.163	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	7.80	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry
Rivadeneira
Oblitas
USAT

USAT
Universidad Católica
Luzern Toribio de Mogrovejo



TÉCNICO DE LABORATORIO

Personal del área de Control de Calidad: Jefe de Control de Calidad en Suelos y Pavimentos, Ing. Especialista de Suelos y Pavimentos ó Ingeniero de Laboratorio de PEA



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Cantara : Punto 5 + 4% SBR
Repetición : 2

PROFUNDIDAD 1.00 m - 1.50 m

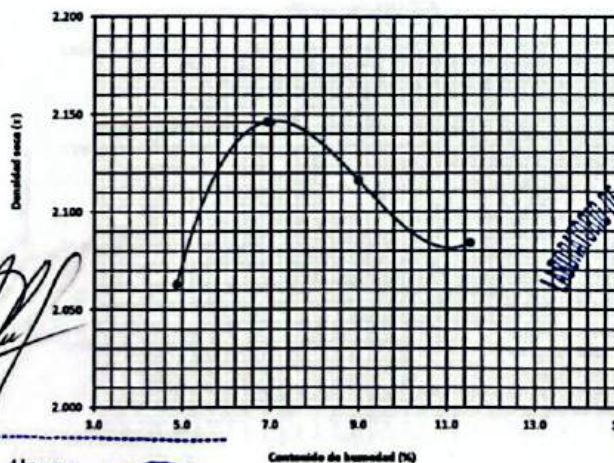
Número de ensayo	1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g 10918	11210	11237	11277
Peso del molde	g 6099	6099	6099	6099
Peso del suelo húmedo compactado	g 4819	5111	5138	5178
Volumen del molde	cm ³ 2227.5	2227.5	2227.5	2227.5
Peso del volumen húmedo	g/cm ³ 2.163	2.295	2.307	2.325


CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente	1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g 185.90	215.60	186.90	175.80
Peso del suelo seco + tara	g 178.00	203.00	175.00	161.00
Peso de tara	g 15.60	20.60	42.60	32.60
Peso de agua	g 7.9	12.6	11.9	14.8
Peso de suelo seco	g 162.4	182.4	132.4	128.4
Contenido de agua	% 4.9	6.9	9.0	11.5
Peso volumétrico seco	g/cm ³ 2.063	2.146	2.116	2.084

DENSIDAD MAXIMA SECA	2.146	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	7.00	%

GRÁFICO DEL PROCTOR




Henry Rivas
Rivas Rivas
Obtinas
Tec. Laboratorio
USAT


USAT
Universidad Católica
Santa Toribio de Mogrovejo

Personal del área de Control de Calidad: Jefe de Control de Calidad en Suelos y Pavimentos, Ing. Especialista de Suelos y Pavimentos ó Ingeniero de Laboratorio de PDA

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Testista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Testis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chidayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Cantera : Punto 5 + 4% SBR
Repetición : 3

PROFUNDIDADES 1.00 m - 1.50 m

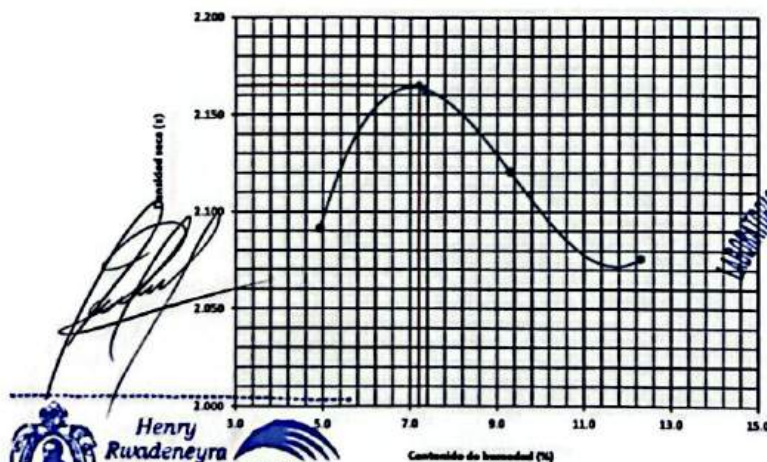
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g	10988	11270	11262	11292
Peso del molde	g	6099	6099	6099	6099
Peso del suelo húmedo compactado	g	4889	5171	5163	5193
Volumen del molde	cm ³	2227.5	2227.5	2227.5	2227.5
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	2.195	2.321	2.318	2.331

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g	142.50	263.50	142.60	263.50
Peso del suelo seco + tara	g	137.80	248.00	134.00	240.00
Peso de tara	g	42.60	36.50	41.50	48.90
Peso de agua	g	4.7	15.5	8.6	23.5
Peso de suelo seco	g	95.2	211.5	92.5	191.1
Contenido de agua	%	4.9	7.3	9.3	12.3
Peso volumétrico seco	g/cm ³	2.092	2.163	2.121	2.076

DENSIDAD MAXIMA SECA	2.165	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	7.20	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry
Ruadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santa Teresita de Mogrovejo



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Cantera : Punto 5 + 4% SBR
Repetición : Promedio

PROFUNDIDAD 1.00 m - 1.50 m

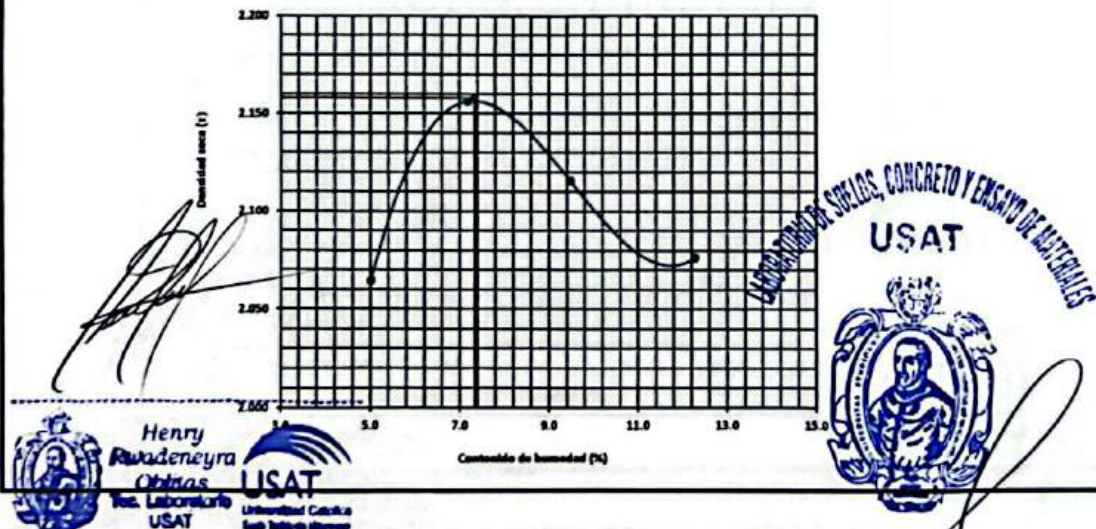
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g	10928	11247	11259	11292
Peso del molde	g	6099	6099	6099	6099
Peso del suelo húmedo compactado	g	4829	5148	5160	5193
Volumen del molde	cm ³	2228	2228	2228	2228
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	2.168	2.311	2.316	2.331

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g	181.33	225.93	165.03	204.97
Peso del suelo seco + tara	g	174.27	212.67	155.00	187.00
Peso de tara	g	33.23	27.87	49.10	40.87
Peso de agua	g	7.07	13.27	10.03	17.97
Peso de suelo seco	g	141.03	184.80	105.90	146.33
Contenido de agua	%	5.0	7.2	9.5	12.3
Peso volumétrico seco	g/cm ³	2.064	2.156	2.116	2.076

DENSIDAD MÁXIMA SECA	2.158	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	7.33	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Henry
Ruadenebra
Obtinas
Ing. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Calle Toribio de Mogrovejo

Laboratorio de SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando
una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

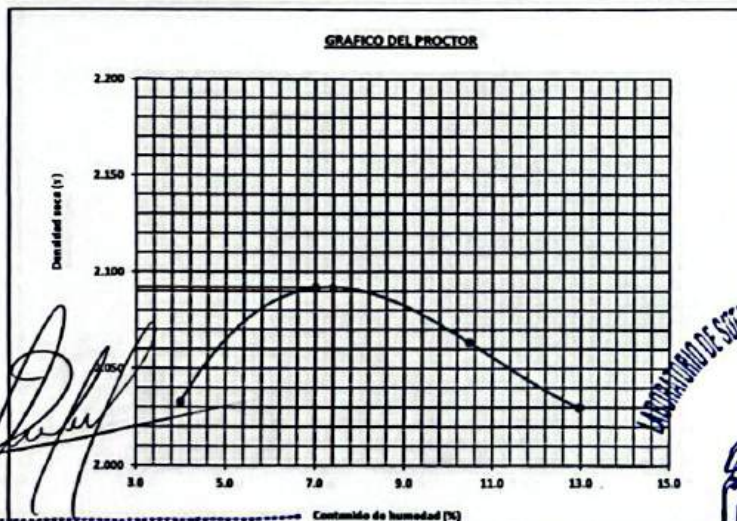
Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 23 de Mayo de 2025
Cantera : Punto 5 + 6% SBR
Repetición : 1

Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g	10808	11085	11177	11207
Peso del molde	g	6099	6099	6099	6099
Peso del suelo húmedo compactado	g	4709	4986	5078	5108
Volumen del molde	cm ³	2227.5	2227.5	2227.5	2227.5
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	2.114	2.238	2.280	2.293

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g	189.80	145.60	126.50	134.60
Peso del suelo seco + tara	g	184.10	137.80	120.50	123.80
Peso de tara	g	41.50	26.50	63.20	40.50
Peso de agua	g	5.7	7.8	6	10.8
Peso de suelo seco	g	142.6	111.3	57.3	83.3
Contenido de agua	%	4.0	7.0	10.5	13.0
Peso volumétrico seco	g/cm ³	2.033	2.092	2.064	2.030

DENSIDAD MAXIMA SECA	2.092	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	7.40	%



Henry
Ruadenevra
Obispo
Téc. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo



Personal del Área de Control de Calidad: Jefe de Control de Calidad en Suelos y Pavimentos, Ing. Especialista de Suelos y Pavimentos ó Ingeniero de Laboratorio de PEA

TÉCNICO DE LABORATORIO

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 ple-lb/pte³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

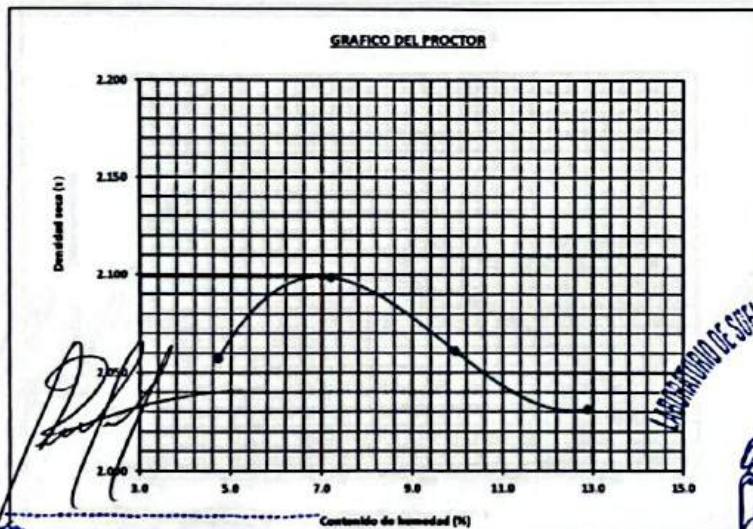
Testista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 23 de Mayo de 2025
Cantera : Punto 5 + 6% SBR
Repetición : 2

Número de ensayo	1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g 10898	11110	11147	11207
Peso del molde	g 6099	6099	6099	6099
Peso del suelo húmedo compactado	g 4799	5011	5048	5108
Volumen del molde	cm ³ 2227.5	2227.5	2227.5	2227.5
Peso del volumen húmedo	g/cm ³ 2.154	2.250	2.266	2.293

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente	1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g 126.50	184.50	136.50	146.50
Peso del suelo seco + tara	g 121.50	173.50	128.00	133.50
Peso de tara	g 15.60	20.60	42.60	32.60
Peso de agua	g 5	11	8.5	13
Peso de suelo seco	g 105.9	152.9	85.4	100.9
Contenido de agua	% 4.7	7.2	10.0	12.9
Peso volumétrico seco	g/cm ³ 2.057	2.099	2.061	2.031

DENSIDAD MAXIMA SECA	2.099	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	7.00	%



Henry Ruedenebra
Olmás
Tec. Laboratorio
USAT
UNIVERSIDAD CATÓLICA
SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



Personal del área de Control de Calidad: Jefe de Control de Calidad en Suelos y Pavimentos, Ing. Especialista de Suelos y Pavimentos ó Ingeniero de Laboratorio de PEA

TÉCNICO DE LABORATORIO

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ [56000 pie-lb/pe³])
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

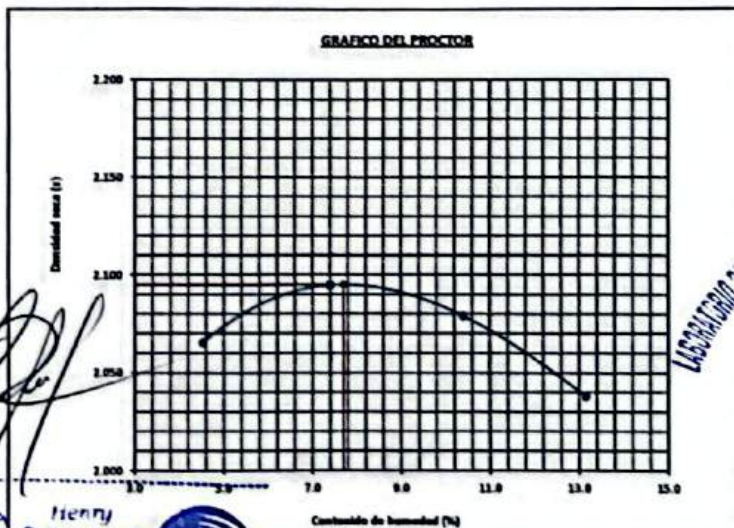
Testista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Cantera : Punto 5 + 6% SBR
Repetición : 3

Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g	10908	11110	11212	11236
Peso del molde	g	6099	6099	6099	6099
Peso del suelo húmedo compactado	g	4809	5011	5113	5137
Volumen del molde	cm ³	2227.5	2227.5	2227.5	2227.5
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	2.159	2.250	2.295	2.308

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g	169.50	174.50	163.50	124.60
Peso del suelo seco + tara	g	164.00	165.00	152.00	115.80
Peso de tara	g	42.60	36.50	41.50	48.90
Peso de agua	g	5.5	9.5	11.5	8.8
Peso de suelo seco	g	121.4	128.5	110.5	66.9
Contenido de agua	%	4.5	7.4	10.4	13.2
Peso volumétrico seco	g/cm ³	2.065	2.095	2.079	2.038

DENSIDAD MAXIMA SECA	2.095	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	7.70	%



Henry
Rivadeneira
Obtinas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Luzern Suiza de Suiza





SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
Fecha : Chiclayo, 23 de Mayo de 2025
Cantera : Punto 5 + 6% SBR
Repetición : Promedio

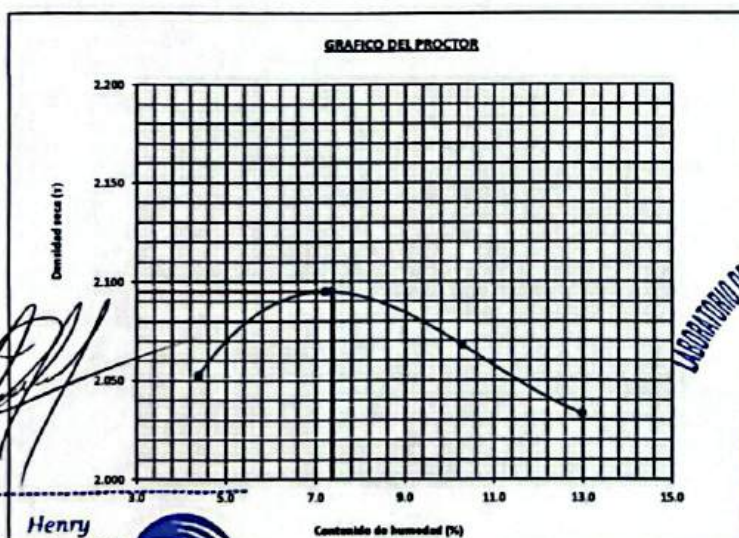
PROFUNDIDADES 1.00 m - 1.50 m

Número de ensayo	1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g 10871	11102	11179	11217
Peso del molde	g 6099	6099	6099	6099
Peso del suelo húmedo compactado	g 4772	5003	5080	5118
Volumen del molde	cm ³ 2228	2228	2228	2228
Peso del volumen húmedo	g/cm ³ 2.142	2.246	2.280	2.297

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente	1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g 161.93	168.20	142.17	135.23
Peso del suelo seco + tara	g 156.53	158.77	133.50	124.37
Peso de tara	g 33.23	27.87	49.10	40.67
Peso de agua	g 5.40	9.43	8.67	10.87
Peso de suelo seco	g 123.30	130.90	84.40	83.70
Contenido de agua	% 4.4	7.2	10.3	13.0
Peso volumétrico seco	g/cm ³ 2.053	2.095	2.068	2.033

DENSIDAD MÁXIMA SECA	2.095	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	7.35	%



Henry Rivas
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1583

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 06 de Junio de 2025
Cantera : Punto 5 + 2% SBR
Repetición : 1

COMPACTACIÓN														
Nº Molde	A-5				A-3				A-2					
Nº Capa	5				5				5					
Nº Golpes por capa	56				25				12					
CONDICION DE LA MUESTRA	Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado			
Peso molde + Suelo húmedo	12978		13053		12664		12746		12350		12439			
Peso de molde (g)	8135		8135		8115		8115		8513		8513			
Peso del suelo húmedo (g)	4843		4918		4549		4631		3837		3926			
Volumen del molde (cc)	2086		2086		2112		2112		2073		2073			
Densidad húmeda (g/cc)	2.321		2.357		2.154		2.193		1.851		1.894			
% de humedad	7.31		8.90		7.54		9.38		7.84		10.20			
Densidad seca (g/cc)	2.163		2.165		2.003		2.005		1.716		1.719			
HUMEDAD														
Tarro Nº	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	1130.0	1130.0	4918	4918	1012.8	1012.8	4631	4631	895.6	895.6	3926.0	3926.0		
Tarro + Suelo seco (gr.)	1062.1	1062.1	4843	4843	951.5	951.5	4549	4549	841.0	841.0	3837.0	3837.0		
Peso del Agua (gr.)	68.0	68.0	75.0	75.0	61.3	61.3	82.0	82.0	54.6	54.6	89.0	89.0		
Peso del tarro (gr.)	133	133	0	0	139	139	0	0	145	145	0	0		
Peso del suelo seco (gr.)	929.1	929.1	4740.5	4740.5	812.5	812.5	4459.7	4459.7	696.0	696.0	3772.3	3772.3		
% de humedad	7.31	7.31	8.90	8.90	7.54	7.54	9.38	9.38	7.84	7.84	10.20	10.20		
Promedio de Humedad (%)	7.31		8.90		7.54		9.38		7.84		10.20			
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%			
31/05/2025	14.3	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0	0			
1/06/2025	14.3	24	0.1	0.003		0.1	0.003		0.12	0.003				
2/06/2025	14.3	48	1.2	0.030		1.3	0.032		1.35	0.034				
3/06/2025	14.3	72	2.6	0.065		3.1	0.076		3.5	0.088				
4/06/2025	14.3	96	3.4	0.085		3.9	0.096		4.3	0.108				
			4.57	total	1.86	4.57	total	2.11	4.57	total	2.35			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-5				MOLDE Nº A-3				MOLDE Nº A-2			
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
mm.	pulg.	Lbt/in2												
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2			0	2		
0.640	0.025	0'30"	29	73			48	119			67	166		
1.270	0.050	1'00"	117	288			111	273			179	447		
1.910	0.075	1'30"	250	612			215	526			238	578	89.3	
2.540	0.100	2'00"	410	1002	1072.1	107.2	323	790	2270.1	151.3	450	1099		
3.810	0.150	3'00"	780	1902			615	1500			978	2383	121.1	
5.080	0.200	4'00"	1190	2898	2722.9	181.5	1084	2640	2270.1	151.3	1047	2539		
6.350	0.250	5'00"	1475	3589			1259	3064			1247	3064		
7.620	0.300	6'00"	1835	4450			1480	3600			1475	3589		
10.160	0.400	8'00"	2310	5608			1787	4343			1835	4450		
12.700	0.500	10'00"	2650	6425			2338	5675			2310	5608		



Henry Rivasdeneyra
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Telista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tema : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 06 de Junio de 2025
Cantera : Punto 5 + 2% SBR
Repetición : 1

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

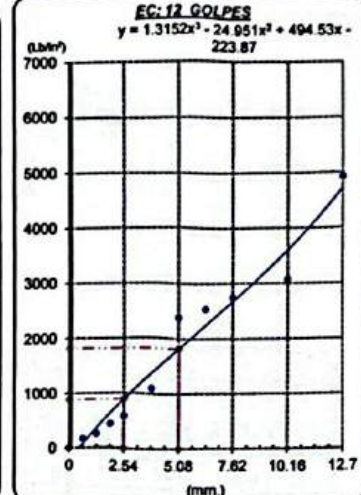
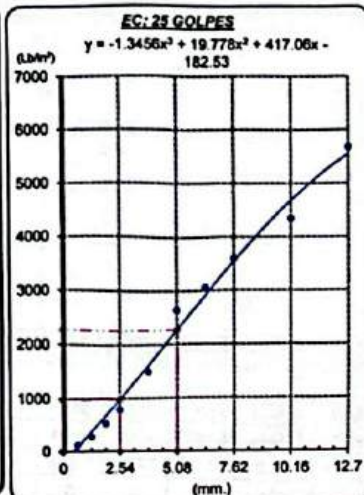
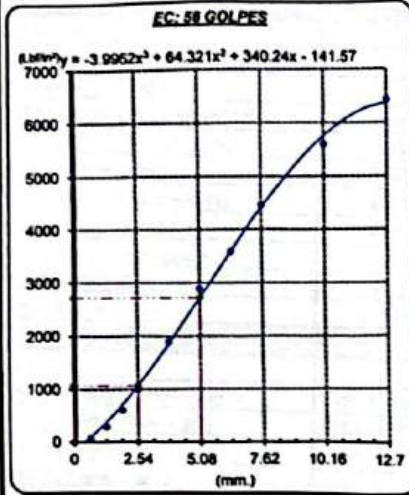


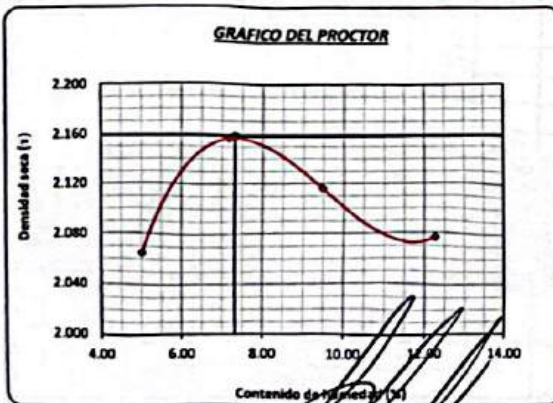
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100% 2.158 g/cm³
DENSIDAD SECA AL 95% 2.050 g/cm³
ÓPTIMO CONT. DE HUMEDAD 7.33 %

VALOR DEL C.B.R.

2.54 cm. 5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S. 107 % 181 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S. 100 % 156 %



Henry
Rubio
Oblitas
ec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo



TÉCNICO DE LABORATORIO



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Teelista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 06 de Junio de 2025
Cantera : Punto 5 + 2% SBR
Repetición : 2

COMPACTACIÓN															
N° Molde		A-5			A-3			A-2							
N° Capa		5			5			5							
N° Golpes por capa		56			25			12							
CONDICION DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado					
Peso molde + Suelo húmedo		13518	13753	12964	13178	12410	12599	12410	12599	12410	12599				
Peso de molde (g)		8621	8621	8368	8368	8115	8115	8115	8115	8115	8115				
Peso del suelo húmedo (g)		4897	5132	4596	4808	4295	4484	4295	4484	4295	4484				
Volumen del molde (cc)		2120	2120	2116	2116	2112	2112	2112	2112	2112	2112				
Densidad húmeda (g/cc)		2.310	2.421	2.172	2.272	2.034	2.123	2.034	2.123	2.034	2.123				
% de humedad		6.77	11.67	8.90	11.60	7.06	11.55	7.06	11.55	7.06	11.55				
Densidad seca (g/cc)		2.163	2.168	2.032	2.036	1.899	1.903	1.899	1.903	1.899	1.903				
HUMEDAD															
Tarro N°		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		1220.0	1220.0	6132	6132	1108.8	1108.8	4808	4808	997.6	997.6				
Tarro + Suelo seco (gr.)		1152.1	1152.1	4897	4897	1047.5	1047.5	4596	4596	943.0	943.0				
Peso del Agua (gr.)		68.0	68.0	235.0	235.0	61.3	61.3	212.0	212.0	54.6	54.6				
Peso del tarro (gr.)		148	148	0	0	159	159	0	0	170	170				
Peso del suelo seco (gr.)		1004.1	1004.1	4793.3	4793.3	888.5	888.5	4504.5	4504.5	773.0	773.0				
% de humedad		6.77	6.77	11.67	11.67	6.90	6.90	11.60	11.60	7.06	7.06				
Promedio de Humedad (%)		6.77	11.67	6.90	11.60	7.06	11.55	7.06	11.55	7.06	11.55				
EXPANSIÓN															
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN					
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%				
31/05/2025	14.3	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0	0				
1/06/2025	14.3	24	0.3	0.008		0.3	0.007		0.2	0.005					
2/06/2025	14.3	48	1.4	0.035		1.4	0.035		1.43	0.036					
3/06/2025	14.3	72	2.8	0.070		3.2	0.080		3.58	0.090					
4/06/2025	14.3	96	3.6	0.090		4.0	0.100		4.38	0.110					
			4.57	total	1.97	4.57	total	2.18	4.57	total	2.40				
PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN		TIEMPO STAND.	CARGA	MOLDE N° A-5				MOLDE N° A-3				MOLDE N° A-2			
				CARGA	CORRECCIÓN			CARGA	CORRECCIÓN			CARGA	CORRECCIÓN		
mm.	pulg.	Lbf/in2	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2			0	2			
0.640	0.025	0'30"	34	85			65	137			76	188			
1.270	0.050	1'00"	122	300			118	290			158	380			
1.910	0.075	1'30"	255	624			222	543			258	630			
2.540	0.100	2'00"	415	1014	1085.2	108.5	330	807	100.4	100.4	845	600	915.8	91.6	
3.810	0.150	3'00"	785	1914			622	1514			459	1121			
5.080	0.200	4'00"	1195	2910	2736.1	182.4	1091	2428.9	2288.9	152.6	987	2405	2	122.7	
6.350	0.250	5'00"	1480	3601			1266	3081			1051	2581			
7.620	0.300	6'00"	1840	4473			1487	3617			1261	2760			
10.160	0.400	8'00"	2315	5815			1794	4360			1481	3097			
12.700	0.500	10'00"	2659	6449			2349	5701			1701	4951			



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 06 de Junio de 2025
Cantera : Punto 5 + 2% SBR
Repetición : 2

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

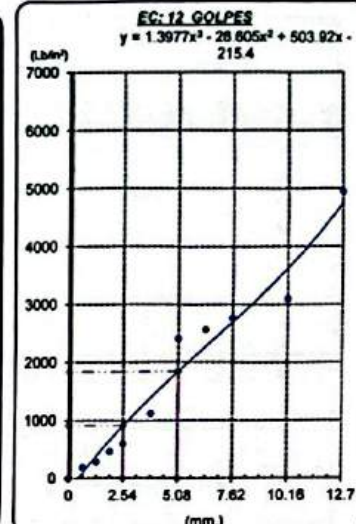
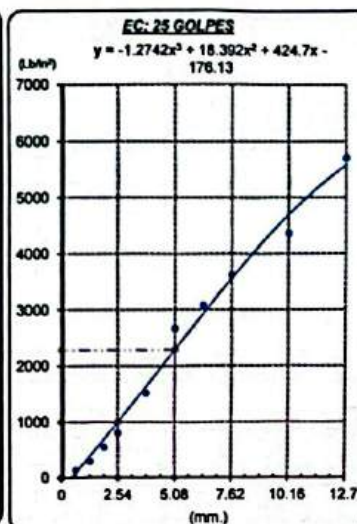
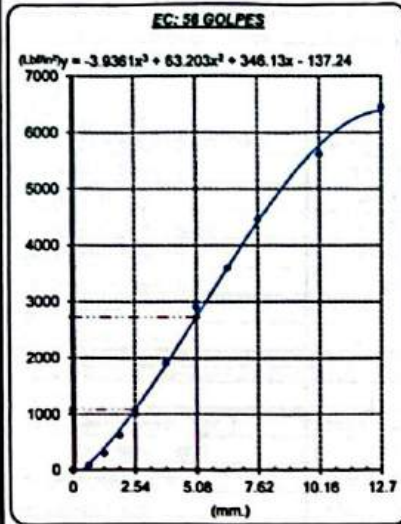


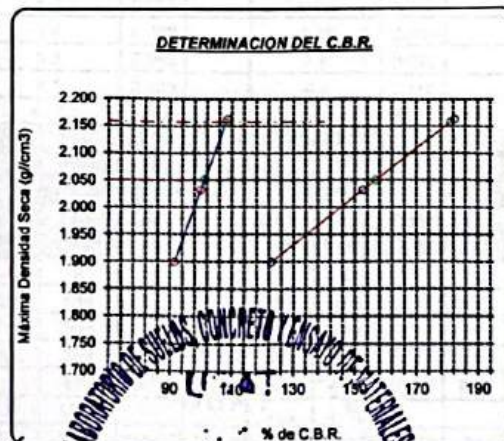
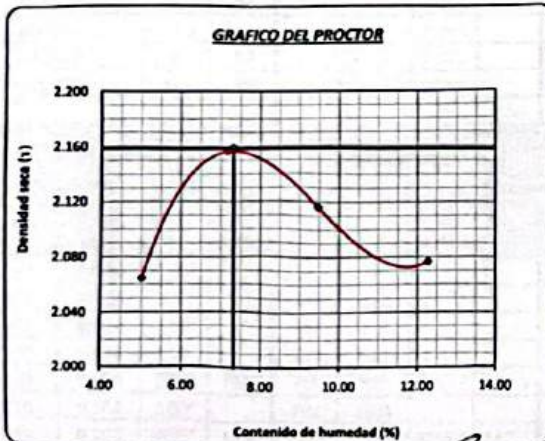
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100% 2.158 g/cm³
DENSIDAD SECA AL 95% 2.050 g/cm³
OPTIMO CONT. DE HUMED 7.33 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S	108 %	181 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S	101 %	157 %



Henry
 Kuvdeneyra
 Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha : Chiclayo, 06 de Junio de 2025
 Cantera : Punto 5 + 2% SBR
 Repetición : 3

COMPACTACIÓN														
Nº Molde	A-5				A-3				A-2					
Nº Capa	5				5				5					
Nº Golpes por capa	56				25				12					
CONDICION DE LA MUESTRA	Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado			
Peso molde + Suelo húmedo	13318		13763		12864		13176		12410		12599			
Peso de molde (g)	8453		8453		8148		8148		7843		7843			
Peso del suelo húmedo (g)	4865		5300		4716		5028		4567		4756			
Volumen del molde (cc)	2120		2120		2116		2116		2112		2112			
Densidad húmeda (g/cc)	2.295		2.500		2.229		2.376		2.162		2.252			
% de humedad	6.77		15.90		6.90		13.65		7.06		11.29			
Densidad seca (g/cc)	2.149		2.157		2.085		2.091		2.020		2.024			
HUMEDAD														
Tarro Nº	-		-		-		-		-		-			
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	1220.0	1220.0	5300	5300	1108.8	1108.8	5028	5028	997.6	997.6	4756.0	4756.0		
Tarro + Suelo seco (gr.)	1152.1	1152.1	4865	4865	1047.5	1047.5	4716	4716	943.0	943.0	4567.0	4567.0		
Peso del Agua (gr.)	68.0	68.0	435.0	435.0	61.3	61.3	312.0	312.0	54.6	54.6	189.0	189.0		
Peso del tarro (gr.)	148	148	0	0	159	159	0	0	170	170	0	0		
Peso del suelo seco (gr.)	1004.1	1004.1	4762.6	4762.6	888.5	888.5	4619.7	4619.7	773.0	773.0	4476.6	4476.6		
% de humedad	6.77	6.77	15.90	15.90	6.90	6.90	13.65	13.65	7.06	7.06	11.29	11.29		
Promedio de Humedad (%)	6.77		15.90		6.90		13.65		7.06		11.29			
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	EXPANSIÓN			EXPANSIÓN			EXPANSIÓN					
			DIAL	Pulg	%	DIAL	Pulg	%	DIAL	Pulg	%			
31/05/2025	14.3	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0	0			
1/06/2025	14.3	24	0.5	0.013		0.4	0.009		0.22	0.006				
2/06/2025	14.3	48	1.6	0.040		1.5	0.038		1.45	0.036				
3/06/2025	14.3	72	3.0	0.075		3.3	0.083		3.6	0.090				
4/06/2025	14.3	96	3.8	0.095		4.1	0.103		4.4	0.110				
			4.57	total	2.08	4.57	total	2.24	4.57	total	2.41			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	CARGA			MOLDE Nº A-5				MOLDE Nº A-3				MOLDE Nº A-2		
	mm.	pulg.	TIEMPO STAND Lbf/in2	CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN
				Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2
0.000	0.000	0'00"		0	2			0	2			0	2	
0.640	0.025	0'30"		41	102			60	149			79	195	
1.270	0.050	1'00"		129	317			123	302			193	288	
1.910	0.075	1'30"		262	641			227	555			413	668	
2.540	0.100	2'00"	1000	422	1031	1103.0	110.3	335	819	2302.4	153.5	248	619	923.7 92.4
3.810	0.150	3'00"		792	1931			627	1527			462	1127	
5.080	0.200	4'00"	1500	1202	2927	2755.0	183.7	1096	2755	2302.4	153.5	990	2413	249.1 123.3
6.350	0.250	5'00"		1487	3618			1271	3093			1054	2568	
7.620	0.300	6'00"		1847	4489			1492	3629			1333	2767	
10.160	0.400	8'00"		2322	5637			1799	4372			1693	3104	
12.700	0.500	10'00"		2666	6417			2366	5719			1914	4966	



Henry Ruedeneyra
 Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica
 Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 06 de Junio de 2025
Cantera : Punto 5 + 2% SBR
Repetición : 3

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

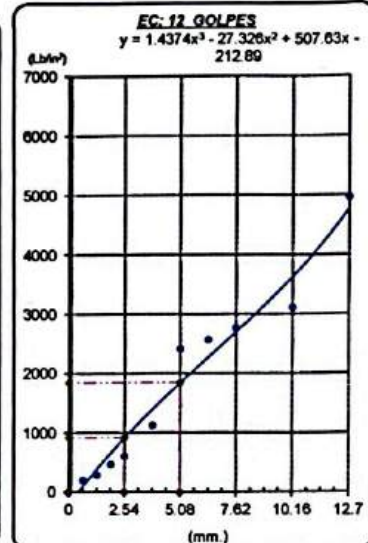
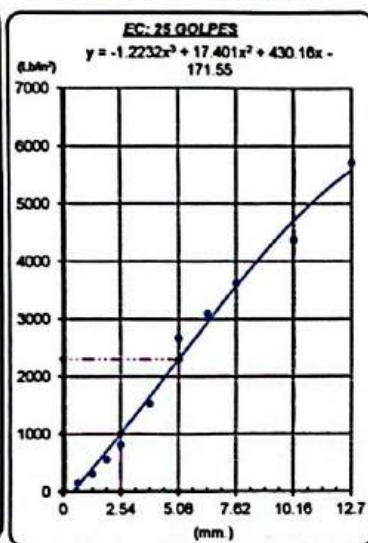
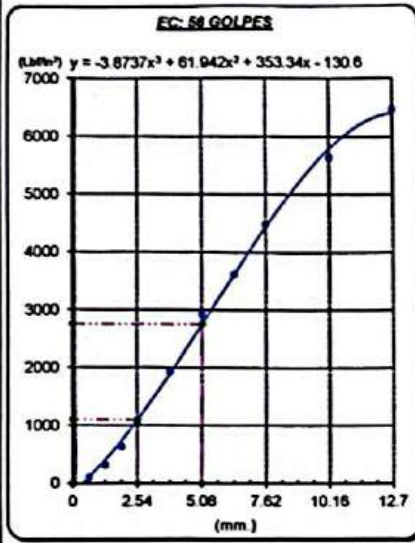


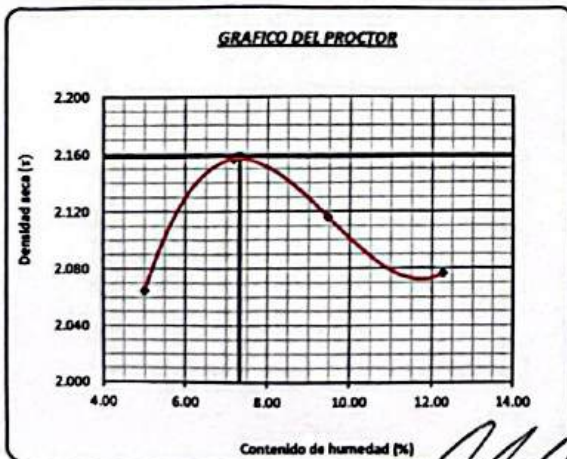
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100% 2.158 g/cm³
 DENSIDAD SECA AL 95% 2.050 g/cm³
 OPTIMO CONT. DE HUMED 7.33 %

VALOR DEL C.B.R.

2.54 cm. 5.08 cm.
 C.B.R. AL 100 % M.D.S 112 % 188 %
 C.B.R. AL 95 % M.D.S 97 % 137 %



Henry Rivasneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



[Signature]
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha : Chiclayo, 06 de Junio de 2025
 Cantera : Punto 5 + 4% SBR
 Repetición : 1

COMPACTACIÓN															
Nº Molde	A-5				A-3				A-2						
Nº Capa	5				5				5						
Nº Golpes por capa	56				25				12						
CONDICION DE LA MUESTRA	Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado				
Peso molde + Suelo húmedo	12842		12898		12596		12668.5		12350		12439				
Peso de molde (g)	8135		8135		8115		8115		8513		8513				
Peso del suelo húmedo (g)	4707		4763		4481		4553.5		3837		3926				
Volumen del molde (cc)	2086		2086		2112		2112		2073		2073				
Densidad húmeda (g/cc)	2.256		2.283		2.122		2.156		1.851		1.894				
% de humedad	7.83		9.04		8.19		9.84		8.62		10.98				
Densidad seca (g/cc)	2.092		2.093		1.961		1.963		1.704		1.707				
HUMEDAD															
Tarro Nº	-		-		-		-		-		-				
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	985.9	985.9	4763	4763	964.2	964.2	4554	4554	942.5	942.5	3926.0	3926.0			
Tarro + Suelo seco (gr.)	918.1	918.1	4707	4707	898.6	898.6	4481	4481	879.0	879.0	3837.0	3837.0			
Peso del Agua (gr.)	67.8	67.8	56.0	56.0	65.7	65.7	72.5	72.5	63.5	63.5	89.0	89.0			
Peso del tarro (gr.)	51.42	51.42	0	0	96.96	96.96	0	0	142.5	142.5	0	0			
Peso del suelo seco (gr.)	866.7	866.7	4610.5	4610.5	801.6	801.6	4394.8	4394.8	736.5	736.5	3772.7	3772.7			
% de humedad	7.83	7.83	9.04	9.04	8.19	8.19	9.84	9.84	8.62	8.62	10.98	10.98			
Promedio de Humedad (%)	7.83		9.04		8.19		9.84		8.62		10.98				
EXPANSIÓN															
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION					
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%				
31/05/2025	14.3	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0	0				
1/06/2025	14.3	24	0.2	0.004		0.3	0.007		0.36	0.009					
2/06/2025	14.3	48	1.8	0.045		1.9	0.046		1.9	0.048					
3/06/2025	14.3	72	2.9	0.073		3.2	0.079		3.4	0.085					
4/06/2025	14.3	96	3.6	0.090		4.3	0.106		4.9	0.123					
			4.57	total	1.97	4.57	total	2.33	4.57	total	2.68				
PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN	CARGA		MOLDE Nº A-5				MOLDE Nº A-3				MOLDE Nº A-2				
	mm.	pulg.	TIEMPO STAND	CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
				Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
		Lbf/in2													
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2			0	2			
0.640	0.025	0'30"	110	271			115	283			120	295			
1.270	0.050	1'00"	245	600			264	646			283	692			
1.910	0.075	1'30"	380	929			368	900			385	970			
2.540	0.100	2'00"	525	1282	1324.2	132.4	505	1233	121.9	12.19	485	1113.4	111.3		
3.810	0.150	3'00"	835	2036			675	1640			614	1365			
5.080	0.200	4'00"	1160	2825	2705.8	180.4	975	2211.5	149.4	14.94	789	1924.5	192.4		
6.350	0.250	5'00"	1365	3322			1131				896	2184			
7.620	0.300	6'00"	1650	4013			1298	3159			1155	2303			
10.160	0.400	8'00"	2080	5053			1765	4291			1550	3528			
12.700	0.500	10'00"	2485	5958			2358	5724			2358	5490			

Henry Ruvadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 06 de Junio de 2025
Cantera : Punto 5 + 4% SBR
Repetición : 1

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

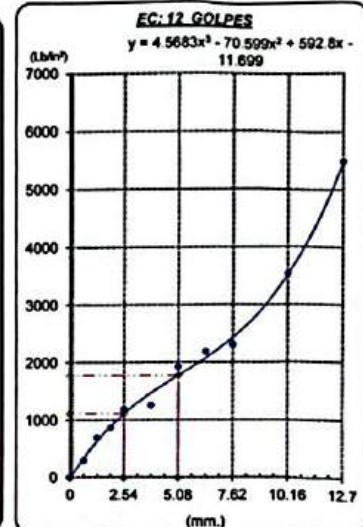
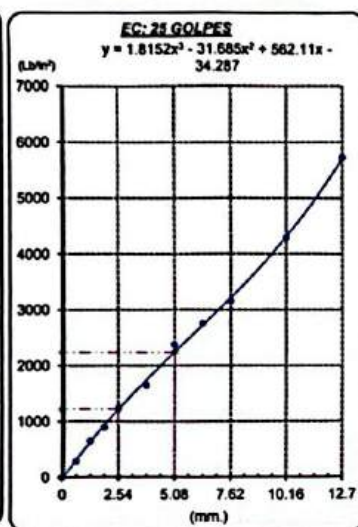
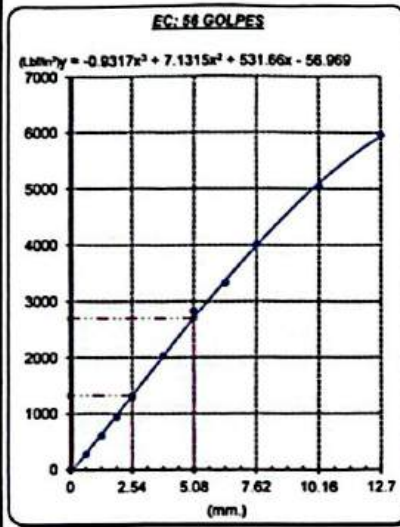


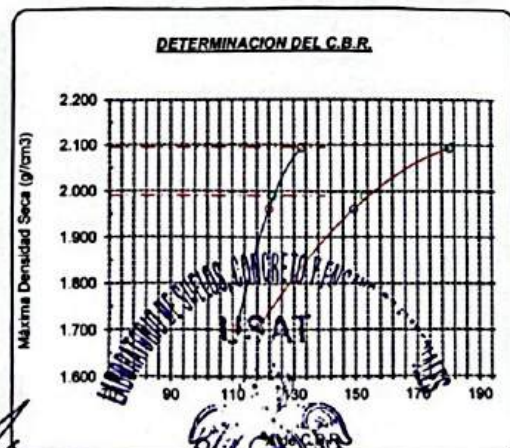
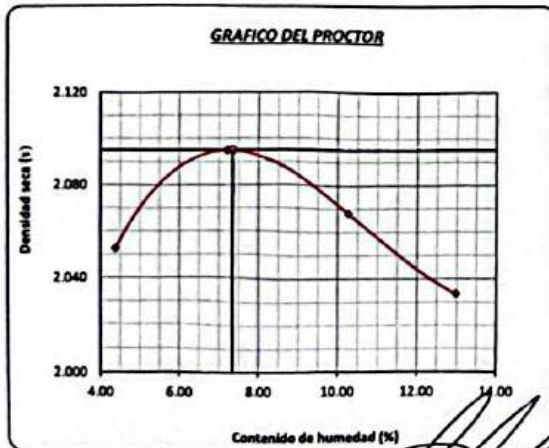
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100% 2.095 g/cm³
 DENSIDAD SECA AL 95% 1.990 g/cm³
 OPTIMO CONT. DE HUMED 7.35 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S	133 %	181 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S	123 %	153 %



Henry R. Obitas
 Tec. Laboratorio
 USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Testista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 06 de Junio de 2025
Cantera : Punto 5 + 4% SBR
Repetición : 2

COMPACTACIÓN																
N° Molde		A-5				A-3				A-2						
N° Capa		5				5				5						
N° Golpes por capa		56				25				12						
CONDICION DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado				
Peso molde + Suelo húmedo		13378	13553	12849	13011	12320	12469	13378	13553	12849	13011	12320	12469			
Peso de molde (g)		8621	8621	8368	8368	8115	8115	8621	8621	8368	8368	8115	8115			
Peso del suelo húmedo (g)		4757	4932	4481	4643	4205	4354	4757	4932	4481	4643	4205	4354			
Volumen del molde (cc)		2120	2120	2116	2116	2112	2112	2120	2120	2116	2116	2112	2112			
Densidad húmeda (g/cc)		2.244	2.326	2.118	2.194	1.991	2.062	2.244	2.326	2.118	2.194	1.991	2.062			
% de humedad		7.20	10.96	7.48	11.17	7.81	11.41	7.20	10.96	7.48	11.17	7.81	11.41			
Densidad seca (g/cc)		2.093	2.097	1.970	1.974	1.847	1.850	2.093	2.097	1.970	1.974	1.847	1.850			
HUMEDAD																
Tarro N°		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		1075.9	1075.9	4932	4932	1060.2	1060.2	4643	4643	1044.5	1044.5	4354.0	4354.0			
Tarro + Suelo seco (gr.)		1008.1	1008.1	4757	4757	994.6	994.6	4481	4481	981.0	981.0	4205.0	4205.0			
Peso del Agua (gr.)		67.8	67.8	175.0	175.0	65.7	65.7	162.0	162.0	63.5	63.5	149.0	149.0			
Peso del tarro (gr.)		66.42	66.42	0	0	117	116.96	0	0	167.5	167.5	0	0			
Peso del suelo seco (gr.)		941.7	941.7	4659.5	4659.5	877.6	877.6	4394.4	4394.4	813.5	813.5	4128.7	4128.7			
% de humedad		7.20	7.20	10.96	10.96	7.48	7.48	11.17	11.17	7.81	7.81	11.41	11.41			
Promedio de Humedad (%)		7.20	10.96	7.48	11.17	7.81	11.41	7.20	10.96	7.48	11.17	7.81	11.41			
EXPANSIÓN																
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN						
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%					
31/05/2025	14.3	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0	0	0	0			
1/06/2025	14.3	24	0.4	0.009		0.4	0.010		0.44	0.011						
2/06/2025	14.3	48	2.0	0.050		2.0	0.050		1.98	0.050						
3/06/2025	14.3	72	3.1	0.078		3.3	0.082		3.48	0.087						
4/06/2025	14.3	96	3.8	0.095		4.4	0.110		4.98	0.125						
			4.57	total 2.08		4.57	total 2.40		4.57	total 2.73						
PENETRACIÓN																
PENETRACIÓN		CARGA		MOLDE N° A-5				MOLDE N° A-3				MOLDE N° A-2				
		TIEMPO STAND	Lbf/in2	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN					
mm.	pulg.			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	
0.000	0.000	0'00"		0	2			0	2				0	2		
0.640	0.025	0'30"		115	283			122	300				129	317		
1.270	0.050	1'00"		250	612			271	663				292	714		
1.910	0.075	1'30"		385	941			375	917				375	892		
2.540	0.100	2'00"	1000	530	1294	1337.3	133.7	512	1250	1237	23.7	494	1236	1136.4	113.6	
3.810	0.150	3'00"		840	2048			882	1663				905	1277		
5.080	0.200	4'00"	1500	1165	2837	2719.1	181.3	982	2392	2260.3	150.7	798	1946	1891.0	120.1	
6.350	0.250	5'00"		1370	3335			1138	2735				905	2206		
7.620	0.300	6'00"		1655	4025			1305	3176				954	2325		
10.160	0.400	8'00"		2085	5065			1772	4308				1459	3550		
12.700	0.500	10'00"		2464	5979			2369	5749				2270	5519		


Henry Rvadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT


TÉCNICO DE LABORATORIO

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 06 de Junio de 2025
Cantera : Punto 5 + 4% SBR
Repetición : 2

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

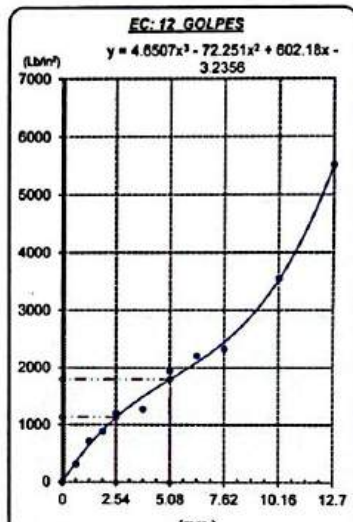
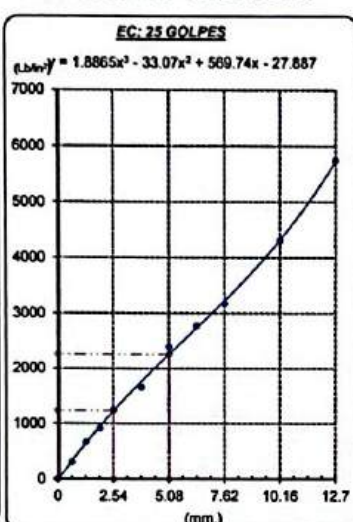
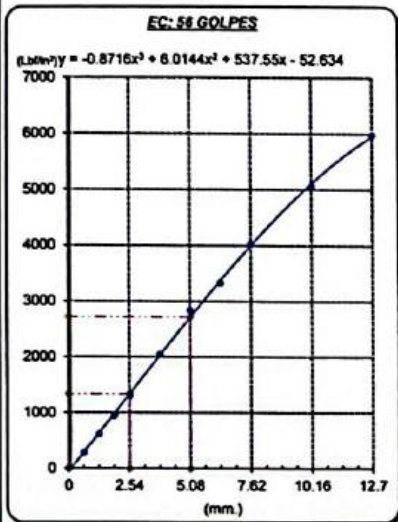


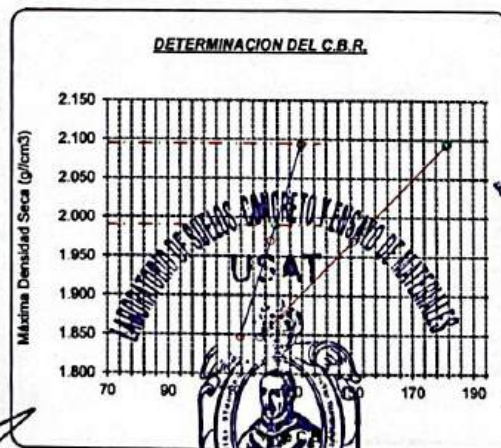
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.


DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100% 2.095 g/cm³
 DENSIDAD SECA AL 95% 1.990 g/cm³
 OPTIMO CONT. DE HUMED 7.35 %

VALOR DEL C.B.R.

2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S 134	% 182 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S. 125	% 156 %




 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT


TÉCNICO DE LABORATORIO

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 06 de Junio de 2025
Cantera : Punto 5 + 4% SBR
Repetición : 3

COMPACTACIÓN															
N° Molde		A-5				A-3				A-2					
N° Capa		5				5				5					
N° Golpes por capa		56				25				12					
CONDICION DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado			
Peso molde + Suelo húmedo		13198	13353	12654	12791	12110	12229								
Peso de molde (g)		8453	8453	8148	8148	7843	7843								
Peso del suelo húmedo (g)		4745	4900	4506	4643	4267	4386								
Volumen del molde (cc)		2120	2120	2116	2116	2112	2112								
Densidad húmeda (g/cc)		2.238	2.311	2.129	2.194	2.020	2.077								
% de humedad		7.20	10.54	7.48	10.58	7.81	10.65								
Densidad seca (g/cc)		2.088	2.091	1.981	1.984	1.874	1.877								
HUMEDAD															
Tarro N°		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		1075.9	1075.9	4900	4900	1060.2	1060.2	4643	4643	1044.5	1044.5	4386.0	4386.0		
Tarro + Suelo seco (gr.)		1008.1	1008.1	4745	4745	994.6	994.6	4506	4506	981.0	981.0	4267.0	4267.0		
Peso del Agua (gr.)		67.8	67.8	155.0	155.0	65.7	65.7	137.0	137.0	63.5	63.5	119.0	119.0		
Peso del tarro (gr.)		66.42	66.42	0	0	117	116.96	0	0	167.5	167.5	0	0		
Peso del suelo seco (gr.)		941.7	941.7	4648.0	4648.0	877.6	877.6	4418.5	4418.5	813.5	813.5	4188.5	4188.5		
% de humedad		7.20	7.20	10.54	10.54	7.48	7.48	10.58	10.58	7.81	7.81	10.65	10.65		
Promedio de Humedad (%)		7.20	7.20	10.54	10.54	7.48	7.48	10.58	10.58	7.81	7.81	10.65	10.65		
EXPANSIÓN															
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN					
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%				
31/05/2025	14.3	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0	0	0	0		
1/06/2025	14.3	24	0.6	0.014		0.5	0.013		0.46	0.012					
2/06/2025	14.3	48	2.2	0.055		2.1	0.053		2	0.050					
3/06/2025	14.3	72	3.3	0.083		3.4	0.085		3.5	0.088					
4/06/2025	14.3	96	4.0	0.100		4.5	0.113		5	0.125					
			4.57	total 2.19		4.57	total 2.46		4.57	total 2.74					
PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN		CARGA		MOLDE N° A-5				MOLDE N° A-3				MOLDE N° A-2			
		TIEMPO STAND	Lbf/in2	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
0.000	0.000	0'00"		0	2			0	2			0	2		
0.640	0.025	0'30"		122	300			127	312			132	324		
1.270	0.050	1'00"		257	629			276	675			295	722		
1.910	0.075	1'30"		392	958			380	929			368	900		
2.540	0.100	2'00"	1000	537	1311	1355.1	135.5	517	1297	1249.7	125.0	497	1214	1144.3	114.4
3.810	0.150	3'00"		847	2065			887	2206			826	2064		
5.080	0.200	4'00"	1500	1172	2854	2737.9	182.5	987	2404	2273.7	151.6	801	1952	1809.0	120.6
6.350	0.250	5'00"		1377	3352			1143	2783			808	2213		
7.620	0.300	6'00"		1662	4042			1310	3188			997	2332		
10.160	0.400	8'00"		2092	5082			1777	4320			1322	3557		
12.700	0.500	10'00"		2472	6087			2376	5767			1779	5533		


Henry Rivas Obilias
 Tec. Laboratorio
 USAT


TÉCNICO DE LABORATORIO

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 06 de Junio de 2025
Cantera : Punto 5 + 4% SBR
Repetición : 3

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

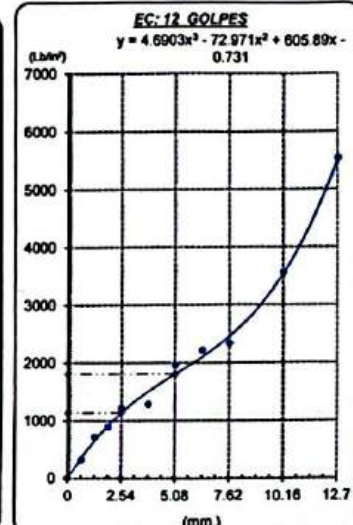
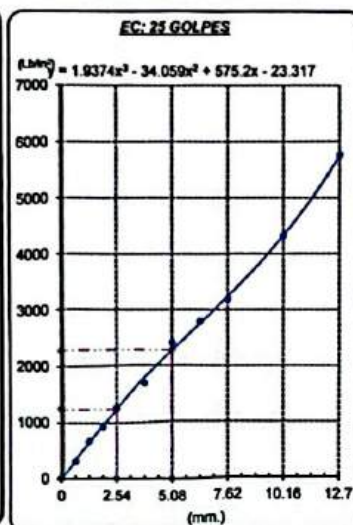
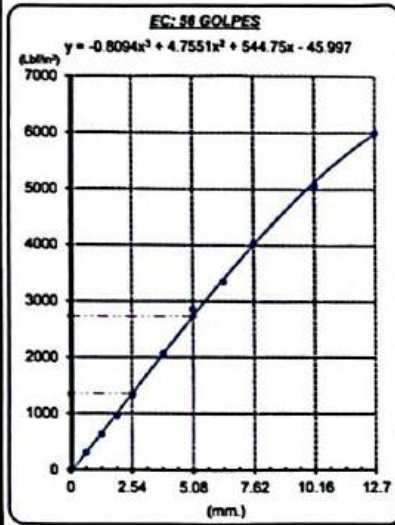


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR


DENSIDAD SECA AL 100% 2.095 g/cm³
DENSIDAD SECA AL 95% 1.990 g/cm³
OPTIMO CONT. DE HUMED 7.35 %

VALOR DEL C.B.R.

2.54 cm. 5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S 136 % 185 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S 126 % 154 %



Henry Rivasdeneyra
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Testista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 06 de Junio de 2025
Cantara : Punto 5 + 6% SBR
Repetición : 1

COMPACTACIÓN															
Nº Molde	A-5				A-3				A-2						
Nº Capa	5				5				5						
Nº Golpes por capa	56				25				12						
CONDICION DE LA MUESTRA	Sin Saturado	Saturado			Sin Saturado	Saturado			Sin Saturado	Saturado					
Peso molde + Suelo húmedo	12842	12898			12596	12668.5			12350	12439					
Peso de molde (g)	8135	8135			8115	8115			8513	8513					
Peso del suelo húmedo (g)	4707	4763			4481	4553.5			3837	3926					
Volumen del molde (cc)	2086	2086			2112	2112			2073	2073					
Densidad húmeda (g/cc)	2.256	2.283			2.122	2.156			1.851	1.894					
% de humedad	7.39	8.60			7.40	9.05			8.00	10.36					
Densidad seca (g/cc)	2.101	2.102			1.975	1.977			1.714	1.716					
HUMEDAD															
Tarro Nº	-	-			-	-			-	-					
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	1092.8	1092.8	4763	4763	617.7	617.7	4554	4554	142.6	142.6	3926.0	3926.0			
Tarro + Suelo seco (gr.)	1027.2	1027.2	4707	4707	583.9	583.9	4481	4481	140.6	140.6	3837.0	3837.0			
Peso del Agua (gr.)	65.6	65.6	56.0	56.0	33.8	33.8	72.5	72.5	2.0	2.0	89.0	89.0			
Peso del tarro (gr.)	139.8	139.79	0	0	127.7	127.695	0	0	115.6	115.6	0	0			
Peso del suelo seco (gr.)	887.4	887.4	4610.2	4610.2	456.2	456.2	4394.2	4394.2	25.0	25.0	3772.3	3772.3			
% de humedad	7.39	7.39	8.60	8.60	7.40	7.40	9.05	9.05	8.00	8.00	10.36	10.36			
Promedio de Humedad (%)	7.39	8.60			7.40	9.05			8.00	10.36					
EXPANSIÓN															
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN					
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%				
31/05/2025	14.3	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0	0				
1/06/2025	14.3	24	0.2	0.004		0.3	0.007		0.36	0.009					
2/06/2025	14.3	48	1.8	0.045		1.9	0.046		1.9	0.048					
3/06/2025	14.3	72	2.9	0.073		3.2	0.079		3.4	0.085					
4/06/2025	14.3	96	3.6	0.090		4.3	0.106		4.9	0.123					
			4.57	total 1.97		4.57	total 2.33		4.57	total 2.68					
PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN	CARGA		MOLDE Nº A-5				MOLDE Nº A-3				MOLDE Nº A-2				
	mm.	pulg.	TIEMPO STAND	CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
				Lbf/in2	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2
0.000	0.000	0'00"		0	2			0	2			0	2		
0.640	0.025	0'30"		67	166			56	138			44	110		
1.270	0.050	1'00"		181	444			163	399			144	354		
1.910	0.075	1'30"		320	783			328	801			264	660		
2.540	0.100	2'00"	1000	476	1163	1212.2	121.2	431	1053	1166.2	116.6	386	965	121.2	112.1
3.810	0.150	3'00"		820	1999			800	1951			588	1470		
5.080	0.200	4'00"	1500	1281	3119	2978.1	198.5	1246	3033	1210.3	196.6	1210	2947	297.8	194.7
6.350	0.250	5'00"		1640	3989			1685	4098			1733	4206		
7.620	0.300	6'00"		1970	4787			1940	4714			1820	4642		
10.160	0.400	8'00"		2550	6187			2480	6018			2370	5909		
12.700	0.500	10'00"		2910	7053			2740	6644			2700	6725		

Henry Rivasdeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 06 de Junio de 2025
Cantera : Punto 5 + 6% SBR
Repetición : 1

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

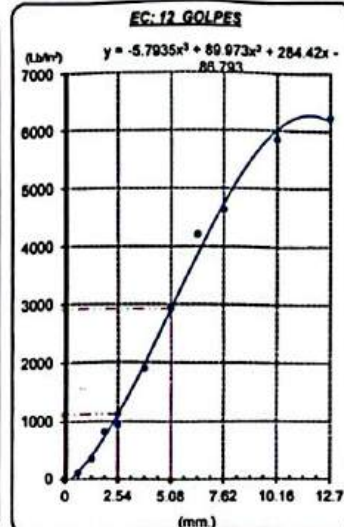
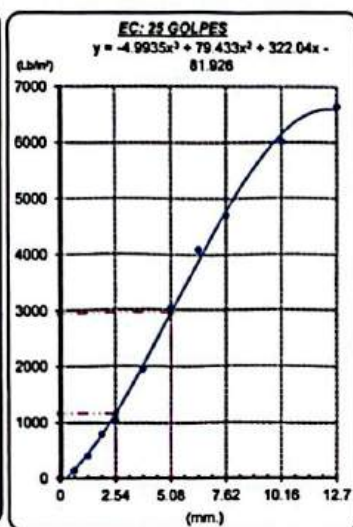
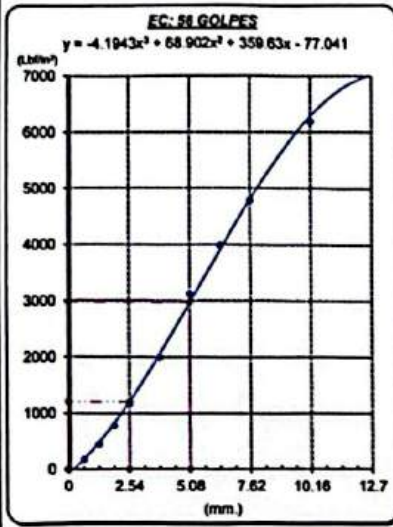


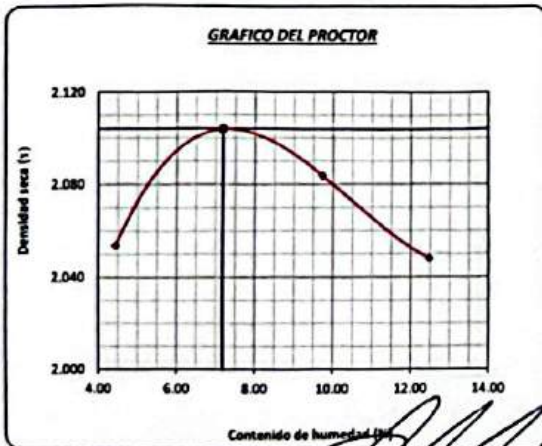
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100% 2.104 g/cm³
 DENSIDAD SECA AL 95% 1.999 g/cm³
 OPTIMO CONT. DE HUMED 7.19 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S	121 %	199 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S	117 %	197 %



Henry Rivadeneira
 Oblitas Tec. Laboratorio
 USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo



TÉCNICO DE LABORATORIO



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Testista : Calle García, Diego Alejandro
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha : Chiclayo, 06 de Junio de 2025
 Cantera : Punto 5 + 6% SBR
 Repetición : 2

COMPACTACIÓN															
Nº Molde	A-5				A-3				A-2						
Nº Capa	5				5				5						
Nº Golpes por capa	56				25				12						
CONDICION DE LA MUESTRA	Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado				
Peso molde + Suelo húmedo	13386		13513		12843		12966		12300		12419				
Peso de molde (g)	8621		8621		8368		8368		8115		8115				
Peso del suelo húmedo (g)	4765		4892		4475		4598		4185		4304				
Volumen del molde (cc)	2120		2120		2116		2116		2112		2112				
Densidad húmeda (g/cc)	2.248		2.308		2.115		2.173		1.982		2.038				
% de humedad	6.81		9.53		6.91		9.71		7.88		10.78				
Densidad seca (g/cc)	2.104		2.107		1.978		1.981		1.837		1.840				
HUMEDAD															
Tarro Nº	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	1182.8	1182.8	4892	4892	713.7	713.7	4598	4598	244.6	244.6	4304.0	4304.0			
Tarro + Suelo seco (gr.)	1117.2	1117.2	4765	4765	677.1	677.1	4475	4475	237.0	237.0	4185.0	4185.0			
Peso del Agua (gr.)	65.6	65.6	127.0	127.0	36.6	36.6	123.0	123.0	7.6	7.6	119.0	119.0			
Peso del tarro (gr.)	154.8	154.79	0	0	147.7	147.695	0	0	140.6	140.6	0	0			
Peso del suelo seco (gr.)	962.4	962.4	4666.8	4666.8	529.4	529.4	4388.2	4388.2	96.4	96.4	4109.5	4109.5			
% de humedad	6.81	6.81	9.53	9.53	6.91	6.91	9.71	9.71	7.88	7.88	10.78	10.78			
Promedio de Humedad (%)	6.81		9.53		6.91		9.71		7.88		10.78				
EXPANSIÓN															
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION Pulg %		DIAL	EXPANSION Pulg %		DIAL	EXPANSION Pulg %					
31/05/2025	14.3	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0	0				
1/06/2025	14.3	24	0.4	0.009		0.4	0.010		0.44	0.011					
2/06/2025	14.3	48	2.0	0.050		2.0	0.050		1.98	0.050					
3/06/2025	14.3	72	3.1	0.078		3.3	0.082		3.48	0.087					
4/06/2025	14.3	96	3.8	0.095		4.4	0.110		4.98	0.125					
			4.57	total 2.08		4.57	total 2.40		4.57	total 2.73					
PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN	CARGA		MOLDE Nº A-5				MOLDE Nº A-3				MOLDE Nº A-2				
	mm.	pulg.	TIEMPO STAND	CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
				Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
0.000	0.000	0'00"		0	2			0	2			0	2		
0.640	0.025	0'30"		72	178			63	155			52	122		
1.270	0.050	1'00"		186	456			170	416			153	353		
1.910	0.075	1'30"		325	795			335	818			344	841		
2.540	0.100	2'00"	1000	481	1175	1225.3	122.5	438	1075	1184.7	118.5	395	965	118.2	114.4
3.810	0.150	3'00"		825	2012			807	1968			789	1924		
5.080	0.200	4'00"	1500	1286	3131	2991.4	199.4	1253	3050	2968.9	197.9	1225	2968	2944.7	196.3
6.350	0.250	5'00"		1645	4001			1692	4114			1733	4228		
7.620	0.300	6'00"		1975	4799			1947	4731			1939	4664		
10.160	0.400	8'00"		2555	6199			2487	6035			2451	5871		
12.700	0.500	10'00"		2919	7075			2751	6670			2625	6264		

Henry Bradeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 06 de Junio de 2025
Cantera : Punto 5 + 6% SBR
Repetición : 2

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

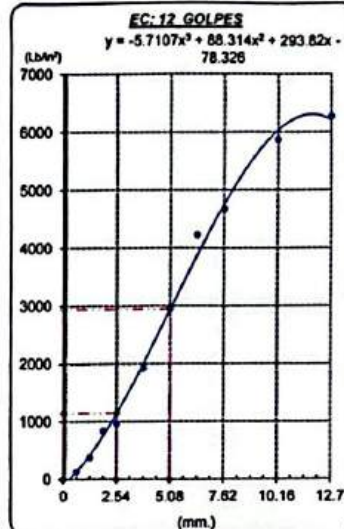
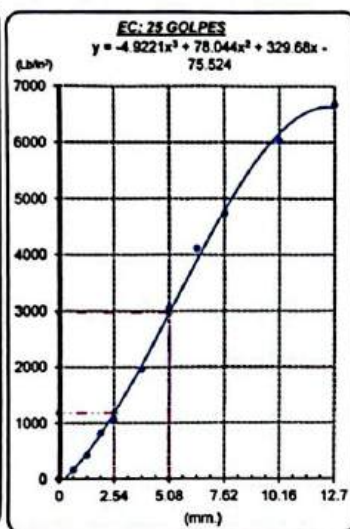
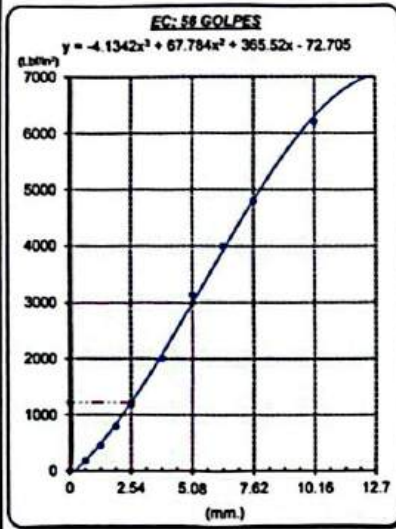


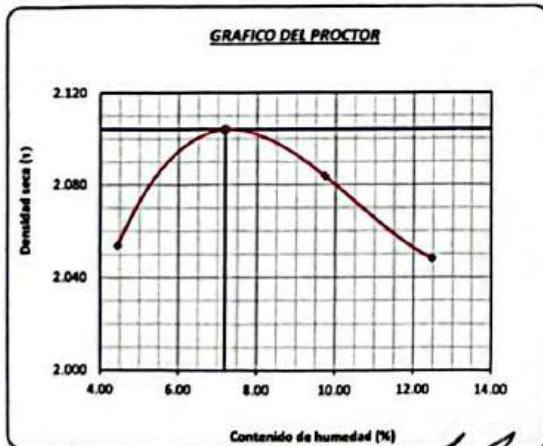
GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100% 2.104 g/cm³
 DENSIDAD SECA AL 95% 1.999 g/cm³
 OPTIMO CONT. DE HUMED 7.19 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S	123 %	199 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S	119 %	198 %



Henry Rivas
 Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica
 Santo Toribio de Mogrovejo



TÉCNICO DE LABORATORIO



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento
Lugar : Dist. Chidayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chidayo, 06 de Junio de 2025
Cantera : Punto 5 + 6% SBR
Repetición : 3

COMPACTACIÓN															
Nº Molde	A-5				A-3				A-2						
Nº Capa	5				5				5						
Nº Golpes por capa	56				25				12						
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado				
Peso molde + Suelo húmedo	13248		13353		12679		12791		12110		12229				
Peso de molde (g)	8453		8453		8148		8148		7843		7843				
Peso del suelo húmedo (g)	4795		4900		4531		4643		4267		4386				
Volumen del molde (cc)	2120		2120		2116		2116		2112		2112				
Densidad húmeda (g/cc)	2.262		2.311		2.141		2.194		2.020		2.077				
% de humedad	7.32		9.55		7.38		9.90		7.80		10.64				
Densidad seca (g/cc)	2.108		2.110		1.994		1.997		1.874		1.877				
HUMEDAD															
Tarro Nº	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	895.5	895.5	4900	4900	570.6	570.6	4643	4643	245.6	245.6	4386.0	4386.0			
Tarro + Suelo seco (gr.)	845.0	845.0	4795	4795	541.5	541.5	4531	4531	238.0	238.0	4267.0	4267.0			
Peso del Agua (gr.)	50.5	50.5	105.0	105.0	29.1	29.1	112.0	112.0	7.6	7.6	119.0	119.0			
Peso del tarro (gr.)	154.8	154.79	0	0	147.7	147.695	0	0	140.6	140.6	0	0			
Peso del suelo seco (gr.)	690.2	690.2	4696.0	4696.0	393.8	393.8	4442.4	4442.4	97.4	97.4	4188.5	4188.5			
% de humedad	7.32	7.32	9.55	9.55	7.38	7.38	9.90	9.90	7.80	7.80	10.64	10.64			
Promedio de Humedad (%)	7.32		9.55		7.38		9.90		7.80		10.64				
EXPANSIÓN															
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN					
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%				
31/05/2025	14.3	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0	0				
1/06/2025	14.3	24	0.6	0.014		0.5	0.013		0.46	0.012					
2/06/2025	14.3	48	2.2	0.055		2.1	0.053		2	0.050					
3/06/2025	14.3	72	3.3	0.083		3.4	0.085		3.5	0.088					
4/06/2025	14.3	96	4.0	0.100		4.5	0.113		5	0.125					
			4.57	total 2.19		4.57	total 2.46		4.57	total 2.74					
PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN	CARGA		MOLDE Nº A-5				MOLDE Nº A-3				MOLDE Nº A-2				
	mm.	pulg.	TIEMPO STAND	CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
				Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2			0	2			
0.640	0.025	0'30"	79	195			68	167			56	139			
1.270	0.050	1'00"	193	473			175	428			156	383			
1.910	0.075	1'30"	332	812			340	830			347	848			
2.540	0.100	2'00"	488	1192	1243.1	124.3	443	1082	1197.6	119.8	1099	973	1152.1	115.2	
3.810	0.150	3'00"	832	2029			812	1980			759	1952			
5.080	0.200	4'00"	1293	3148	3010.3	200.7	1258	3062	2978.4	199.8	1222	2978	2952.6	196.8	
6.350	0.250	5'00"	1652	4018			1697	4127			1742	4235			
7.620	0.300	6'00"	1982	4816			1952	4742			1922	4671			
10.160	0.400	8'00"	2562	6215			2492	6047			2422	5878			
12.700	0.500	10'00"	2928	7097			2758	6688			2596	6278			

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USA
USAT Universidad Católica Santa Toribio de Mogrovejo

TÉCNICO DE LABORATORIO

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha : Chiclayo, 06 de Junio de 2025
 Cantera : Punto 5 + 6% SBR
 Repetición : 3

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN

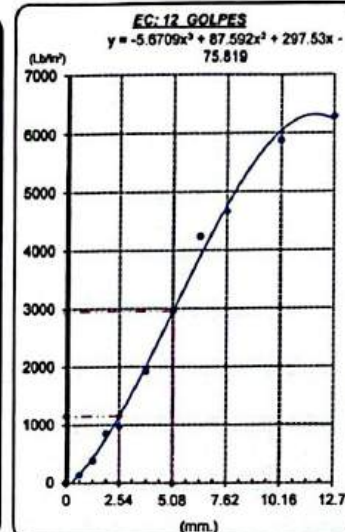
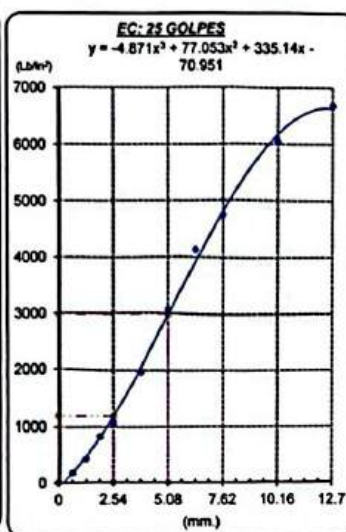
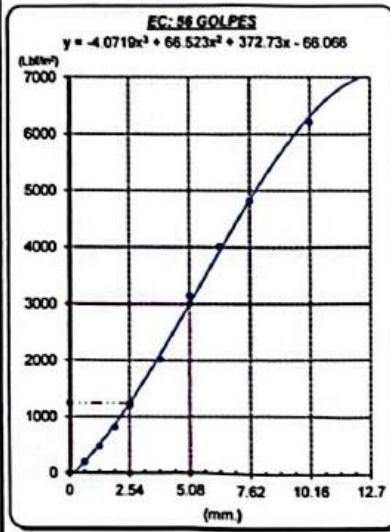


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100% 2.104 g/cm³
 DENSIDAD SECA AL 95% 1.999 g/cm³
 OPTIMO CONT. DE HUMED 7.19 %

VALOR DEL C.B.R.

2.54 cm. 5.08 cm.
 C.B.R. AL 100 % M.D.S 124 % 201 %
 C.B.R. AL 95 % M.D.S. 120 % 199 %



Henry Rivadeheyra
 Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO



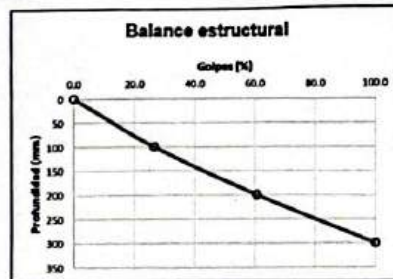
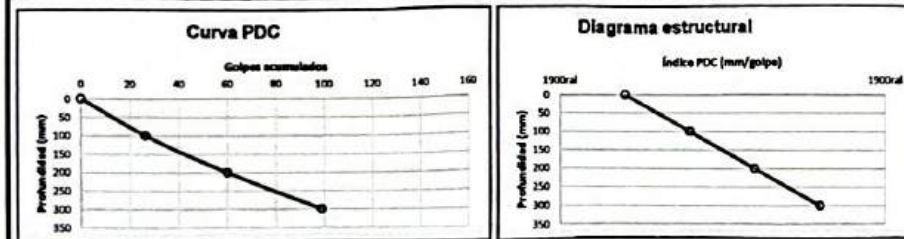
INFORME DE ENSAYO

Tesista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 10 de Setiembre de 2025
Cantera : Punto 5

PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO
ASTM D 6951

PUNTO:	Promedio	SM	Arena Límica con Grava
LOCALIZACIÓN			
PESO DEL MARTILLO:	8,0 kg		FECHA: 10/09/2025
FACTOR DEL MARTILLO:	1,0		
CLASIFICACIÓN DEL TERRENO:	SM		
ADICIÓN:	4% SBR		

Número de golpes acumulados	Número de golpes	% golpes	Penetración acumulada (mm)	Penetración por lectura (mm)	Índice PDC (mm/golpe)	CBR ⁽¹⁾ (%)
0	0	0,0	0	0		
26	26	26,6	100	100	3,8	65,52
60	34	60,6	200	100	3,0	88,27
99	39	100,0	300	100	2,6	101,71



CORRELACIONES:

1. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2000)

$$CBR = 292 / (PDC)^{1,179}$$



Henry Rivadeneyra
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO



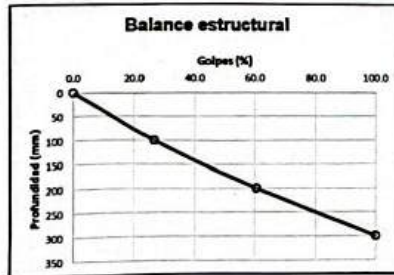
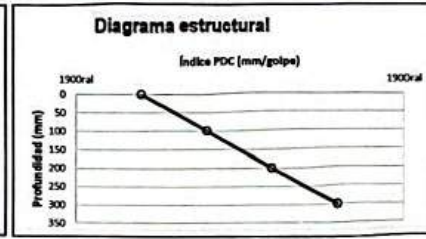
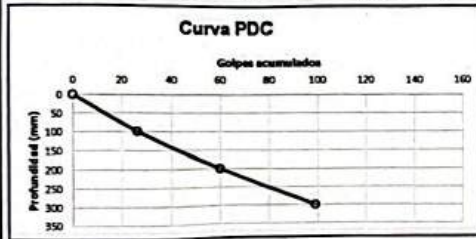
INFORME DE ENSAYO

Testista : Calle García, Diego Alejandro
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha : Chiclayo, 10 de Setiembre de 2025
 Cantera : Punto 5

PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO
ASTM D 6951

PUNTO:	Promedio	SM	Arena Llimosa con Grava
LOCALIZACIÓN			
PESO DEL MARTILLO:	8,0 kg		FECHA: 10/09/2025
FACTOR DEL MARTILLO:	1,0		
CLASIFICACIÓN DEL TERRENO:	SM		
ADICIÓN:	4% SBR		

Número de golpes acumulado	Número de golpes	% golpes	Penetración acumulada (mm)	Penetración por lectura (mm)	Índice PDC (mm/golpe)	CBR ⁽¹⁾ (%)
0	0	0,0	0	0		
26	26	26,6	100	100	3,8	65,52
60	34	60,6	200	100	3,0	86,27
99	39	100,0	300	100	2,6	101,71



CORRELACIONES:

1. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2000)

$$CBR = 292 / ((PDC)^{1,178})$$



Henry Rivadeneyra
Oblitos
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO





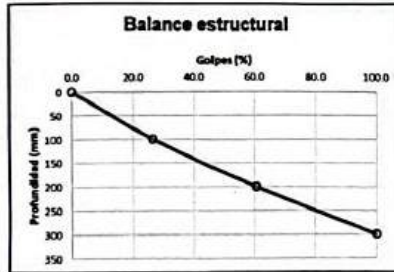
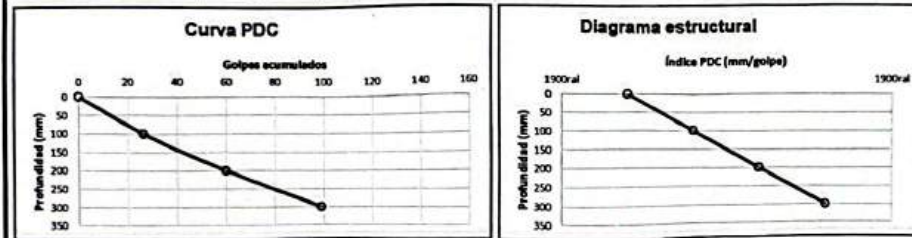
INFORME DE ENSAYO

Testista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 10 de Setiembre de 2025
Cantera : Punto 5

PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO
ASTM D 6951

PUNTO:	Promedio	SM	Arena Limosa con Grava
LOCALIZACIÓN			
PESO DEL MARTILLO:	8,0 kg		FECHA: 10/09/2025
FACTOR DEL MARTILLO:	1,0		
CLASIFICACIÓN DEL TERRENO:	SM		
ADICIÓN:	4% SBR		

Número de golpes acumulado	Número de golpes	% golpes	Penetración acumulada (mm)	Penetración por lectura (mm)	Índice PDC (mm/golpe)	CBR ⁽¹⁾ (%)
0	0	0.0	0			
26	26	26.6	100	100	3.8	65.52
60	34	60.6	200	100	3.0	86.27
99	39	100.0	300	100	2.6	101.71



CORRELACIONES:

1. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2000)

$$CBR = 292 / ((PDC)^{1.172})$$


Henry Rivadeneira
 Obispo
 Tec. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica
 Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT

 TÉCNICO DE LABORATORIO



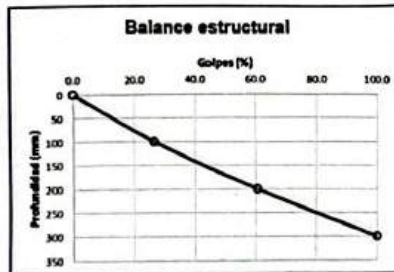
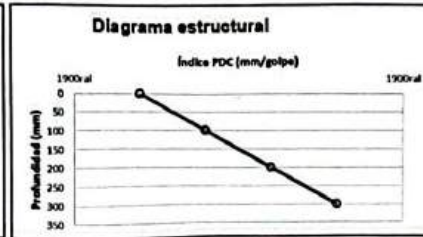
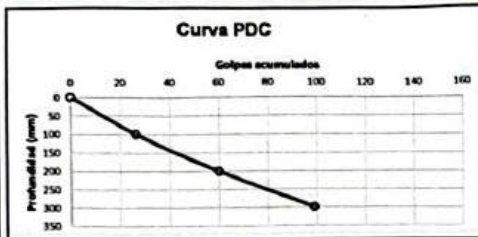
INFORME DE ENSAYO

Testista : Calle García, Diego Alejandro
Escuela : Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de bases granulares con la adición del polímero SBR para pavimento flexible.
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 10 de Setiembre de 2025
Cantera : Punto 5

PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO
ASTM D 6951

PUNTO:	Promedio	SM	Arena Límica con Grava
LOCALIZACIÓN			
PESO DEL MARTILLO:	8,0 kg		FECHA: 10/09/2025
FACTOR DEL MARTILLO:	1,0		
CLASIFICACIÓN DEL TERRENO:	SM		
ADICIÓN:	4% SBR		

Número de golpes acumulado	Número de golpes	% golpes	Penetración acumulada (mm)	Penetración por lectura (mm)	Índice PDC (mm/golpe)	CBR ⁽¹⁾ (%)
0	0	0,0	0			
26	26	26,6	100	100	3,8	65,52
60	34	60,6	200	100	3,0	88,27
99	39	100,0	300	100	2,6	101,71



CORRELACIONES:

1. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2000)

$$CBR = 292 / ((PDC)^{1,17})$$



Henry Rivas
Obtinas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santa Teresita de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO