Dirección de Investigación, Innovación y
Transparencia Tecnológica
Unidad de Repositorio Institucional

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO Y MATERIAL FINO, EN APLICACIONES VIALES JAÉN– CAJAMARCA– 2025

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Autor: Bach. Oscar Humberto Sarmiento Rufasto
Franklin Junior Cueva Cieza

Asesor: Mg. Ing. Marcos Antonio Gonzales Santisteban
Mg. Ing.Wilmer Rojas Pintado

Línea de investigación: LI-IC-Estructuras

JAÉN – PERÚ

2025

Cueva Cieza Franklin J. Y Sarmiento Rufasto Oscar ...

ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO Y MATERIAL FINO, EN APLICACIONE...

Quick Submit

Quick Submit

Universidad Nacional de Jaen

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::1:3632721567

Fecha de entrega
24 ago 2026, 12:58 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
24 ago 2026, 1:02 p.m. GMT-5

Nombre del archivo
TESIS_CUEVA__SARMIENTO_-_Oscar_Sarmiento.pdf

Tamaño del archivo
19.0 MB

162 páginas

18.200 palabras

105.714 caracteres

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Dra. María Marleni Torres Cruz
Responsable de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ingeniería

5% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

3% Fuentes de Internet
1% Publicaciones
4% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.° de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Dra. María Marleni Torres Cruz
Responsable de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ingeniería

FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 09 de junio de 2026, siendo las 12:00 horas, se reunieron de manera presencial los integrantes del Jurado Evaluador:

Presidente : Dra. Zadith Nancy Garrido Campaña
Secretario : M Sc. Marcos Antonio Gonzáles Santisteban
Vocal : Mg. Juan Alberto Contreras Moreto

Para evaluar la Sustentación del **Informe Final**:

( ) Trabajo de Investigación
(X) Tesis
( ) Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:
"ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO Y MATERIAL FINO, EN APLICACIONES VIALES JAÉN-CAJAMARCA-2025" presentado por los tesistas: **Franklin Junior Cueva Cieza y Oscar Humberto Sarmiento Rufasto,** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado Evaluador acuerda:

(**X**) Aprobar ( ) Desaprobar (**X**) Unanimidad ( ) Mayoría

Con la siguiente mención:

a)	Excelente	18, 19, 20	( )
b)	Muy bueno	16, 17	( )
c)	Bueno	14, 15	(**15**)
d)	Regular	13	( )
e)	Desaprobado	12 ò menos	( )

Siendo las 13:00 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Dra. Zadith Nancy Garrido Campaña.
Presidente

Mg Edinson Viamney Llamo Goicochea
Secretario

Mg. Juan Alberto Contreras Moreto
Vocal

"AÑO DE LA ESPERANZA Y EL FORTALECIMIENTO DE LA DEMOCRACIA"

ANEXO N°06:

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD Y DE NO PLAGIO

DE LA TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (PREGRADO)

Yo, **OSCAR HUMBERTO SARMIENTO RUFASTO y FRANKLIN JUNIOR CUEVA CIEZA**, egresados de la carrera Profesional de **INGENIERÍA CIVIL** de la Facultad de **INGENIERÍA** de la Universidad Nacional de Jaén, identificado (a) con DNI 71448193 y 73435767

Declaro bajo juramento que;

1. Soy Autor del trabajo titulado:

   "ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO Y MATERIAL FINO, EN APLICACIONES VIALES JAÉN-CAJAMARCA-2025". Asesorado por el Mg. Ing. Marcos Antonio Gonzales Santisteban y el Mg. Ing. Wilmer Rojas Pintado.
   El mismo que presento para optar; el Título Profesional de **Ingeniero Civil**

2. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros, incluidos los derechos de propiedad intelectual. En el sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.

3. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.

4. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.

5. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad Nacional de Jaén.

6. Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Nacional de Jaén y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Fecha: Jaén, 01, Setiembre 2026.





OSCAR HUMBERTO SARMIENTO RUFASTO

FRANKLIN JUNIOR CUEVA CIEZA

ÍNDICE

CARATULA..... 1

ÍNDICE……..2

ÍNDICE DE TABLAS……..…….3

ÍNDICE DE FIGURAS…….……..……....4

RESUMEN……5

ABSTRACT..... 6

I. INTRODUCCIÓN..... 7

II. MATERIAL Y MÉTODOS..... 27

III. RESULTADOS 40

IV. DISCUSIÓN 71

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 76

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 79

DEDICATORIA 84

AGRADECIMIENTO 85

ANEXOS 86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tablas comparativas de antecedentes 20

Tabla 2 Normativa general aplicada en la investigación 36

Tabla 3 Ensayos normativos considerados para subbase granular 37

Tabla 4 Requisitos técnicos del EG-2013 para subbase granular 37

Tabla 5 Relación entre etapa metodológica y norma aplicada 38

Tabla 6 Tabla breve para insertar debajo de la metodología 39

Tabla 7 Caracterización inicial del agregado reciclado obtenido 40

Tabla 8 Caracterización física del material fino seleccionado 42

Tabla 9 Resultados mecánicos de las mezclas evaluadas 43

Tabla 10 Evaluación granulométrica de las mezclas 45

Tabla 11 Resultados del análisis granulométrico y clasificación del material 50

Tabla 12 Resultados de densidad seca máxima y humedad óptima (Proctor Modificado) 51

Tabla 13 Resultados del ensayo CBR al 100 % y 95 % de la MDS 52

Tabla 14 Síntesis comparativa de propiedades físicas y mecánicas 53

Tabla 15 Comparación del cumplimiento normativo según combinación evaluada 54

Tabla 16 Evaluación del desempeño estructural del material granular 60

Tabla 17 Selección de la proporción óptima para aplicación vial 62

Tabla 18 Pruebas de normalidad 63

Tabla 19 Pruebas de homogeneidad de varianzas contenido de humedad % y densidad seca 64

Tabla 20 Pruebas de homogeneidad de varianzas en limite líquido y limite plástico 65

Tabla 21 Anova 66

Tabla 22 Comparaciones múltiples en contenido de humedad % y densidad seca 68

Tabla 23 Comparaciones múltiples en limite líquido y limite plástico 69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de flujo…….……..……..35

Figura 2 Comparación del CBR al 95 % de la MDS……..47

Figura 3 Comparación del CBR al 100 % de la MDS……..…….48

Figura 4 Densidad seca máxima por combinación…….……49

Figura 5 Limite liquido aumento progresivo ……..…55

Figura 6 Limite plástico …….. …….56

Figura 7 Media densidad seca ……..…….58

Figura 8 Media contenido de humedad % ……..…….……59

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la viabilidad técnica de la producción de material de subbase mediante la combinación de hormigón reciclado y material fino de cantera, como alternativa sostenible para la infraestructura de transportes en áreas urbanas y rurales. El estudio fue de nivel experimental. Para ello, se recolectaron residuos de hormigón procedentes de demoliciones y se caracterizó el material fino de cantera; posteriormente, se elaboraron mezclas en proporciones de 70 %-30 %, 60 %-40 % y 50 %-50 %. Se realizaron ensayos de laboratorio propios de la mecánica de suelos, tales como análisis granulométrico, Proctor Modificado, capacidad de soporte (CBR), equivalente de arena y abrasión Los Ángeles, conforme a la normativa del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Los resultados evidenciaron que las mezclas evaluadas cumplieron los requisitos técnicos mínimos para su uso como subbase, destacando la combinación 70 % de hormigón reciclado y 30 % de material fino, por presentar mayor densidad seca máxima y mejor capacidad portante. Se concluye que esta alternativa es técnica y ambientalmente viable, favorece el tratamiento de residuos y reduce el uso de recursos naturales.

Palabras clave: Hormigón, infraestructura de transportes, materiales de construcción, tratamiento de residuos, desarrollo sostenible

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the technical feasibility of producing subbase material by combining recycled concrete with fine quarry material as a sustainable alternative for urban and rural road infrastructure. The study was conducted at an experimental level, collecting concrete demolition waste and characterizing the fine material, followed by the preparation of mixtures in proportions of 70%–30%, 60%–40%, and 50%–50%. Laboratory tests based on soil mechanics were performed, including granulometric analysis, Modified Proctor, California Bearing Ratio (CBR), sand equivalent, and Los Angeles abrasion, in accordance with the specifications of the Ministry of Transport and Communications. The results showed that all evaluated mixtures meet the minimum technical requirements for subbase applications, with the 70% recycled concrete and 30% fine material mixture presenting the highest dry density and bearing capacity. It is concluded that the use of recycled concrete in subbase material production is technically and environmentally viable, contributing to construction waste reuse and reducing the consumption of natural resources.

Keywords: Concrete, transport infrastructure, construction materials, waste treatment, sustainable development

I. INTRODUCCIÓN

A nivel internacional, la gestión inadecuada de los residuos de construcción y demolición (RCD) se ha consolidado como una de las principales preocupaciones ambientales y urbanísticas en países en vías de desarrollo y también en naciones industrializadas. De acuerdo con la Agencia Internacional de Residuos Urbanos, (2024), más del 35% de los residuos sólidos generados anualmente en las ciudades provienen de actividades de construcción y demolición, y una parte significativa de ellos termina en rellenos sanitarios o en vertederos informales. En consecuencia, se ha intensificado la búsqueda de alternativas sostenibles que permitan valorizar estos residuos como insumos para nuevos procesos constructivos. Así, estudios como el de Yaghoubi et al., (2023) en Polonia y el de Hsiung & Prakasa, (2025) en Brasil, coinciden en que el concreto reciclado tiene un alto potencial para ser empleado como material estructural secundario, especialmente en capas de subbase vial. No obstante, la ausencia de criterios técnicos estandarizados, sumada a la variabilidad en la calidad de los residuos, sigue representando un obstáculo para su aplicación masiva. En ese sentido, Cohaila & Gomez, (2023) argumentan que, aunque existen avances normativos en la Unión Europea sobre el uso de RCD en infraestructura vial, aún se requiere mayor investigación experimental para validar su comportamiento estructural en distintas condiciones geográficas y climáticas. Por tanto, la problemática internacional radica no solo en el volumen creciente de residuos, sino también en la falta de integración efectiva entre la política ambiental, la ingeniería civil y el desarrollo urbano sostenible.

En los últimos años, la ciudad peruana de Jaén -en el nororiente del Perú- experimenta un rápido proceso de crecimiento en sus sectores urbano e infraestructura, lo que ha propiciado, de manera paralela, un aumento grande de la generación de residuos de construcción y demolición (RCD), residuos de las cuales, en muchos casos, no han

recibido un tratamiento correspondiente. De acuerdo con Montero & Salinas, (2020), más del 60% de los RCD en lugares intermedios como Jaén acaban en zonas no autorizadas, donde producen áreas contaminadas y afectan a la salud pública.

A pesar de que se han diseñado variadas estrategias de gestión de residuos por parte de las autoridades locales para poder ejecutar obras caso a caso, sigue existiendo una escasísima valorización de los residuos de la construcción y demolición como insumos reutilizables en nuevas obras de edificación. En efecto, Asprilla et al., (2021), argumentan que, en contextos urbanos de reciente aparición en el Perú, el aprovechamiento de materiales de demolición es todavía escasísimo debido a la inexistencia de investigaciones técnicas o normativas locales que hagan aplicable esta posibilidad. Esta situación pone de relieve la existencia de un abismo muy significativo entre la realización de residuos y el aprovechamiento técnico de los mismos en la cadena de producción de materiales para la construcción de caminos.

En particular, se ha identificado que el concreto reciclado, obtenido a partir del procesamiento de estructuras demolidas, representa una alternativa viable para la fabricación de subbases, siempre que cumpla con las especificaciones técnicas establecidas por normativas como el MTC E-050, E-060 y las normas ASTM. Como lo señala Zea et al., (2023), el concreto reciclado ha demostrado en diversas experiencias internacionales un desempeño adecuado cuando es correctamente procesado, combinado con agregados finos y sometido a ensayos de calidad estructural.

En este contexto, se reconoció una oportunidad técnica y ambiental para evaluar el uso de concreto reciclado, combinado con material fino, como alternativa sostenible en la elaboración de subbases para pavimentos. Dicha propuesta permitiría, además de mitigar los efectos ambientales asociados a la disposición inadecuada de RCD, reducir el consumo de agregados vírgenes y optimizar los recursos disponibles en la región. De

acuerdo con Gabryelle et al., (2022), la aplicación de mezclas recicladas en capas de soporte vial ha demostrado reducir los costos de producción en más del 30%, sin comprometer la calidad estructural de la vía.

Sin embargo, la limitada cantidad de estudios locales que evalúen el comportamiento físico-mecánico del material de subbase elaborado a partir de concreto reciclado mezclado con material fino restringe su aplicación en obras viales. En particular, existe insuficiente información sobre las propiedades físicas y mecánicas relevantes para capas granulares, así como sobre la proporción adecuada de los materiales que permita cumplir con los requisitos de compactación, capacidad portante y estabilidad, propios de una subbase. Asimismo, no se cuenta con evidencia documentada que confirme si este material satisface las especificaciones técnicas establecidas en la normativa nacional vigente para subbases. En ese contexto, Cubas & Manay, (2021) señalan que la ausencia de ensayos locales sobre el uso de residuos de construcción y demolición en regiones andinas como Cajamarca representa una limitación técnica para su validación y aplicación en proyectos de infraestructura vial pública.

Por tanto, se hizo necesario desarrollar una investigación que permita analizar experimentalmente el desempeño estructural de subbases elaboradas con mezclas de concreto reciclado y material fino, con el fin de determinar si estas cumplen con los parámetros exigidos para su implementación en proyectos viales locales. A través de este estudio, se buscó generar conocimiento técnico aplicable a la ingeniería civil, promover el uso responsable de los recursos y contribuir con soluciones sostenibles para el sector construcción en Jaén y Cajamarca, tal como lo proponen Alberca & Chinguel, (2023) quienes argumentan que el enfoque de economía circular en la construcción requiere

investigaciones específicas que validen nuevas combinaciones de materiales reciclados en escenarios reales.

En la formulación del problema

¿Es técnicamente viable utilizar una mezcla de concreto reciclado y material fino como subbase vial en jaén, cumpliendo con las normas técnicas del MTC Y ASTM?

En la justificación

La presente investigación se justificó por diversas razones de orden técnico, ambiental, económico y social. Desde el punto de vista técnico, se identificó una clara necesidad de generar evidencia científica sobre el comportamiento estructural del concreto reciclado mezclado con material fino para su uso como subbase vial, en tanto dicho material ha sido escasamente estudiado en contextos locales como Jaén y Cajamarca. Aunque existen antecedentes internacionales que respaldan el uso de residuos de construcción y demolición (RCD) en capas estructurales secundarias, aún no se había validado su desempeño específico bajo las condiciones geográficas, climáticas y normativas del territorio peruano.

Desde el punto de vista ambiental, la investigación contestó a la imperiosa problemática de acumulación de RCD en los espacios públicos, vertederos informales y espacios ecológicos vulnerables o sensibles, como márgenes de ríos o terrenos agrícolas. La ciudad de Jaén, al igual que otras ciudades intermedias del país, carece de una gestión integral y sostenible de dichos residuos, lo que ha generado externalidades negativas para el entorno natural y urbano. Por lo tanto, el valor que se propuso para el concreto reciclado concretado en las obras viales constituía una alternativa válida y relevante para el planteamiento de una construcción más limpia y circular.

Desde un punto de vista económico, la investigación se propuso minimizar la necesidad de utilizar agregados vírgenes ya que su coste de adquisición se incrementa

progresivamente como consecuencia de los gastos de transporte, las extracciones intensivas y las restricciones medioambientales. La reutilización de materiales disponibles localmente, como los provenientes de demoliciones, permitió proponer soluciones más accesibles para las municipalidades y proyectos de infraestructura vial de bajo presupuesto. Este enfoque se alineó con las políticas públicas de eficiencia de recursos y sostenibilidad impulsadas por los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente el ODS 11 (ciudades sostenibles) y el ODS 12 (producción y consumo responsables).

En el ámbito académico y científico, la justificación radicó en el aporte al conocimiento técnico aplicado, ya que el estudio desarrolló un análisis comparativo con base en normas técnicas del MTC y estándares internacionales como ASTM, mediante ensayos de laboratorio rigurosos. Asimismo, los resultados contribuyeron a establecer criterios para futuras investigaciones relacionadas con la ingeniería de pavimentos, la estabilización de suelos con residuos, y la innovación en materiales de construcción.

Finalmente, la propuesta se justificó también por su potencial de impacto social, al fomentar el desarrollo de unidades productivas estudiantiles o spin-offs universitarias orientadas al reciclaje de materiales de construcción, la asesoría técnica en valorización de residuos y la implementación de soluciones viales ecoeficientes en zonas rurales y urbanas de la región Cajamarca.

En los antecedentes internacionales se tiene Rajczakowska et al., (2025) desarrollaron una investigación orientada a evaluar la viabilidad técnica y ambiental del aprovechamiento de finos de concreto reciclado, analizando su potencial reutilización como material alternativo en aplicaciones de ingeniería civil. El estudio, de carácter experimental y publicado en una revista científica revisada por pares, se centró en el

procesamiento mecánico de los finos reciclados con el propósito de mejorar sus características físicas, particularmente su tamaño de partícula y capacidad de relleno. La metodología incluyó la molienda y acondicionamiento de finos de concreto reciclado, evaluando posteriormente su comportamiento como material fino dentro de sistemas granulares, considerando aspectos relacionados con la densificación y compacidad del material. Asimismo, se analizó el impacto ambiental asociado a su reutilización, mediante herramientas de evaluación de ciclo de vida. Los resultados evidenciaron que el uso de finos de concreto reciclado contribuye de manera significativa a la optimización de la estructura granular, favoreciendo la compactación del material y reduciendo la dependencia de recursos naturales. El análisis ambiental demostró una disminución sustancial del impacto ambiental en comparación con el uso de materiales convencionales, siempre que se mantengan condiciones logísticas eficientes. El estudio concluyó que los finos de concreto reciclado representan una alternativa técnica y ambientalmente viable para su aplicación como material fino en capas granulares de infraestructura vial, aportando sustento a investigaciones orientadas a la producción de material de subbase con insumos reciclados.

De manera similar, el trabajo de Rui et al., (2025) desarrollaron una investigación orientada a analizar la viabilidad del uso de agregados finos reciclados (RFA) como sustituto de agregados naturales, evaluando su influencia en el comportamiento físico y ambiental de materiales alternativos para aplicaciones de ingeniería civil. El estudio, de carácter experimental y publicado en Case Studies in Construction Materials, analizó distintas proporciones de incorporación de agregados finos reciclados, con el objetivo de determinar su efecto sobre la estructura granular del material y su desempeño potencial en aplicaciones viales. La metodología incluyó la caracterización física del agregado fino reciclado, así como la evaluación de su impacto en la compactación, densidad y

estabilidad del material, empleando procedimientos compatibles con la mecánica de suelos. Los resultados evidenciaron que el uso de agregados finos reciclados permite mejorar ciertos aspectos del comportamiento del material granular, como la redistribución de esfuerzos y la reducción del impacto ambiental, siempre que se utilicen en proporciones controladas. La investigación concluyó que la incorporación de agregados finos reciclados constituye una alternativa técnica y ambientalmente viable para su aplicación en materiales granulares destinados a infraestructura vial, aportando evidencia relevante para estudios orientados a la producción de material de subbase a partir de residuos reciclados.

Desde otra perspectiva, Khanapur et al., (2025) desarrollaron una investigación orientada a analizar el comportamiento de agregados finos reciclados de concreto (FRCA), abordando la problemática asociada a su alta porosidad y su influencia en el desempeño del material cuando es reutilizado en aplicaciones de ingeniería. El estudio, de carácter experimental y publicado en Results in Engineering, evaluó diferentes condiciones de humedad y tratamientos previos del material reciclado, con el objetivo de optimizar su comportamiento físico. La metodología se basó en la comparación de distintos niveles de humedad del agregado fino reciclado, analizando su efecto sobre parámetros relevantes como la compactación, densidad y estabilidad del material, empleando criterios compatibles con la mecánica de suelos. Los resultados evidenciaron que un control adecuado del contenido de humedad del agregado fino reciclado permite mejorar su comportamiento físico, reduciendo los efectos negativos asociados a su porosidad y favoreciendo su desempeño al ser incorporado en materiales granulares. La investigación concluyó que la aplicación de tratamientos previos de acondicionamiento de humedad en agregados finos reciclados constituye una estrategia viable para su uso eficiente como componente de materiales granulares destinados a infraestructura vial,

aportando criterios técnicos relevantes para estudios orientados a la producción de material de subbase con insumos reciclados.

Otro aporte relevante es el de Ma et al., (2025) quienes desarrollaron una investigación orientada al aprovechamiento de finos provenientes de residuos de concreto como material alternativo en aplicaciones de ingeniería civil, evaluando su potencial de reutilización desde una perspectiva técnica y ambiental. El estudio, de carácter experimental y publicado en Construction and Building Materials, analizó el comportamiento de los finos reciclados cuando son incorporados como material de relleno y componente granular, considerando su influencia en la compactación y la estructura interna del material. La metodología incluyó la evaluación de las características físicas de los finos reciclados, así como su efecto en la densificación del material al ser combinados con otros agregados, empleando procedimientos compatibles con la mecánica de suelos. Los resultados evidenciaron que los finos de concreto residual contribuyen positivamente a la mejora de la compacidad del material, actuando como elemento de relleno, siempre que se utilicen en proporciones adecuadas. Asimismo, se destacó su potencial para reducir el impacto ambiental asociado al consumo de materiales naturales. El estudio concluyó que los finos de concreto residual pueden ser aprovechados eficientemente como material fino en materiales granulares destinados a infraestructura vial, siempre que se controle su proporción de incorporación, lo que respalda su uso en investigaciones orientadas a la producción de materiales de subbase a partir de residuos reciclados.

En los antecedentes nacionales, por su parte Figueroa, (2025) desarrolló una investigación orientada a analizar el uso de residuos reciclados provenientes de concreto como insumos alternativos en materiales empleados en infraestructura vial, evaluando su influencia en las propiedades físicas y mecánicas del material resultante. El estudio

consideró distintas proporciones de incorporación de material reciclado, con el propósito de examinar su efecto sobre el comportamiento del material en aplicaciones viales. La metodología se basó en la caracterización física del material, así como en la evaluación de parámetros asociados a la compactación y capacidad portante, mediante ensayos propios de la mecánica de suelos. Los resultados evidenciaron que la incorporación controlada de residuos reciclados permite mejorar ciertas propiedades mecánicas del material, especialmente cuando se emplean proporciones moderadas, contribuyendo además a la reducción del impacto ambiental. La investigación concluyó que el uso de materiales reciclados constituye una alternativa técnica y ambientalmente viable para su aplicación en capas granulares de infraestructura vial, promoviendo la sostenibilidad en el sector de la construcción.

Randall et al., (2023) desarrollaron una investigación orientada a evaluar la incorporación de materiales reciclados finos, como el vidrio reciclado molido, como sustituto parcial de agregados naturales en materiales destinados a aplicaciones viales. El estudio analizó diferentes porcentajes de incorporación de material reciclado fino, con el objetivo de determinar su influencia en las propiedades físicas y mecánicas relevantes para materiales granulares. La metodología incluyó la caracterización granulométrica, la determinación de parámetros de compactación y la evaluación de la capacidad de soporte del material, empleando ensayos propios de la mecánica de suelos. Los resultados evidenciaron que la incorporación controlada de materiales reciclados finos en porcentajes moderados permite obtener materiales granulares con comportamiento compatible con los requisitos técnicos exigidos para capas viales, mientras que porcentajes elevados pueden afectar negativamente su desempeño mecánico. La investigación concluyó que el uso de materiales reciclados finos resulta técnicamente

viable cuando se emplean en proporciones adecuadas, recomendándose porcentajes controlados para garantizar un desempeño satisfactorio en infraestructura vial.

Ledezma & Yauri, (2023) desarrollaron una investigación orientada a analizar el aprovechamiento de materiales reciclados finos como sustitutos parciales de agregados naturales, evaluando su comportamiento físico y mecánico en aplicaciones alternativas para infraestructura. El estudio se centró en analizar distintas proporciones de incorporación de materiales reciclados dentro de mezclas granulares, con el objetivo de identificar su influencia en las propiedades físicas relevantes para capas granulares viales. La metodología incluyó la evaluación de características granulométricas, densidad y capacidad portante, mediante ensayos propios de la mecánica de suelos, con el fin de determinar la viabilidad técnica del material resultante. Los resultados evidenciaron que la incorporación controlada de materiales reciclados finos puede mejorar ciertas propiedades del material, como la reducción del peso volumétrico, sin afectar negativamente su desempeño mecánico. La investigación concluyó que el uso de materiales reciclados finos constituye una alternativa técnica y ambientalmente sostenible para su aplicación en materiales granulares destinados a infraestructura vial, contribuyendo a la reducción de residuos y al uso eficiente de recursos.

Jaramillo & Rios, (2023) desarrollaron una investigación orientada a evaluar la viabilidad del uso de agregados reciclados de concreto como reemplazo parcial de agregados naturales en aplicaciones viales, con énfasis en su comportamiento como material granular en contextos urbanos. El estudio se enfocó en analizar distintas proporciones de agregados reciclados gruesos y finos, con el objetivo de determinar su influencia en las propiedades físicas y mecánicas relevantes para capas granulares. La

metodología incluyó un programa experimental basado en la caracterización granulométrica, determinación de densidad y evaluación de la capacidad de soporte del material, empleando procedimientos propios de la mecánica de suelos. Los resultados evidenciaron que el material granular que incorpora altos porcentajes de agregado reciclado presenta características compatibles con los requisitos técnicos exigidos para su aplicación en infraestructura vial, identificándose proporciones óptimas que permiten un adecuado desempeño. La investigación concluyó que el uso de concreto reciclado como componente de materiales granulares constituye una alternativa técnica y ambientalmente sostenible, contribuyendo a la reducción del consumo de recursos naturales y al aprovechamiento de residuos de construcción.

En los antecedentes locales de manera similar Balmaceda, (2021) desarrolló un estudio orientado a evaluar los impactos ambientales asociados al uso de residuos de construcción y demolición (RCD) como insumos alternativos en materiales empleados en infraestructura vial, mediante la aplicación del Análisis de Ciclo de Vida (ACV). La investigación analizó distintos escenarios de incorporación de agregados reciclados en combinación con materiales naturales, con el propósito de determinar su viabilidad ambiental en comparación con el uso exclusivo de materiales convencionales. Los resultados del ACV evidenciaron una reducción significativa en las emisiones de gases de efecto invernadero y otros impactos ambientales, atribuida al aprovechamiento de materiales reciclados y a la disminución de la extracción de recursos naturales. El estudio concluyó que la utilización de concreto reciclado como componente de materiales granulares para aplicaciones viales constituye una alternativa ambientalmente sostenible, aportando beneficios significativos en términos de reducción de emisiones de CO_2 y otros indicadores de impacto ambiental, sin comprometer su potencial aplicación en infraestructura.

Chuye, (2023) desarrolló una investigación orientada a analizar el aprovechamiento de agregados finos reciclados provenientes de residuos de concreto, evaluando su comportamiento físico-mecánico al ser incorporados en materiales alternativos para aplicaciones en infraestructura. El estudio adoptó un enfoque experimental, en el cual se analizaron distintas proporciones de combinación de materiales reciclados y naturales, considerando parámetros relevantes para su desempeño como material granular. La metodología incluyó la realización de ensayos de laboratorio propios de la mecánica de suelos, tales como determinación de densidad, contenido de humedad y capacidad de soporte, con el fin de evaluar la viabilidad técnica del material resultante. Los resultados evidenciaron que determinadas proporciones de agregado fino reciclado presentaron propiedades físicas y mecánicas compatibles con los requisitos técnicos exigidos para capas granulares en infraestructura vial. La investigación concluyó que el uso de agregados reciclados finos constituye una alternativa técnica y ambientalmente favorable, contribuyendo a la reducción del impacto ambiental y al aprovechamiento de residuos de construcción.

Gonzales, (2023) desarrolló una investigación orientada a evaluar el uso de concreto reciclado como agregado en capas granulares para infraestructura vial, analizando su comportamiento físico y mecánico en combinación con materiales naturales. La metodología se basó en un análisis comparativo de propiedades granulométricas, densidad y capacidad portante del material, considerando agregados reciclados obtenidos de elementos de concreto demolido. Asimismo, se evaluaron diferentes proporciones de combinación con el fin de determinar su compatibilidad con los requisitos técnicos establecidos para materiales granulares utilizados en pavimentos. Los resultados evidenciaron que el material granular que incorpora concreto reciclado

presenta características físicas y mecánicas adecuadas, cumpliendo con los parámetros exigidos por la normativa técnica aplicable a capas granulares. Además, el estudio identificó una reducción en los costos de producción en comparación con el uso exclusivo de materiales convencionales. La investigación concluyó que el uso de concreto reciclado como parte de la composición de materiales granulares constituye una alternativa técnica y económicamente viable para su aplicación en infraestructura vial.

Tabla 1

Tablas comparativas de antecedentes

Autor y Año	Objetivo	Metodología	Resultados	Conclusión
Rajczakowska et al., (2025)	Evaluar la viabilidad técnica y ambiental de sustituir cemento por finos de concreto reciclado activados mecánicamente (RCF).	Experimental: molienda de alta energía para activar finos de concreto reciclado y su uso como aglomerante en mezcla de concreto reciclado.	Resistencia de hasta 20 MPa sin optimización. Impacto ambiental reducido por debajo del 50% del concreto tradicional.	La sustitución es viable y sostenible, con un impacto ambiental mínimo, siempre que el proceso se optimice logísticamente.
Rui et al., (2025)	Analizar la viabilidad del uso de agregados finos reciclados (RFA) en la producción de concreto ultra alto rendimiento reforzado con fibras híbridas.	Estudio de caso experimental con diferentes proporciones de RFA y fibras (acero y polipropileno) evaluando propiedades mecánicas y aspectos de sostenibilidad.	Uso de RFA mejora la ductilidad y reduce el impacto ambiental en términos de carbono y energía.	RFA es viable para SH-UHPC, mejorando las propiedades y reduciendo el impacto ambiental.
Khanapur et al., (2025)	Mejorar la calidad del concreto con 100% de agregado fino reciclado (FRCA), superando su alta porosidad.	Experimental: comparación de métodos de mezcla (prehumectación y saturación) y	La prehumectación total del FRCA mejoró las propiedades del concreto, alcanzando	La técnica mejora el desempeño del FRCA en aplicaciones estructurales y

		efectos en la resistencia a la compresión y trabajabilidad.	resistencias comparables al concreto convencional.	promueve su reutilización sostenible.
Ma et al., (2025)	Desarrollar un mortero alcalinamente activado completamente reciclado usando finos de concreto residual (WCF).	Experimental: formulación de mezclas con WCF como sustituto de aglomerante y arena, evaluando propiedades físicas, mecánicas y microestructurales.	El uso de WCF mejora la compacidad, pero su sustitución parcial como aglomerante afecta la reacción de geopolimerización.	Los WCF son útiles para morteros sostenibles, con buenas propiedades si se optimizan las proporciones de sustitución.
Figueroa, (2025)	Evaluar el impacto de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno en mezclas asfálticas.	Experimental: mezcla de polvo reciclado y fibras de polipropileno con pruebas de estabilidad y resistencia.	Mejoras en las propiedades mecánicas con 10% de polvo reciclado.	La adición de estos materiales mejora la mezcla asfáltica y promueve la sostenibilidad ambiental.
Randall et al., (2023)	Evaluar el uso de vidrio reciclado molido como reemplazo parcial de arena en mezclas de concreto.	Experimental: mezclas con 10% y 15% de vidrio reciclado evaluando resistencia a compresión y flexión.	Las mezclas con 10% de vidrio reciclado aumentaron la resistencia a compresión, pero con 15% se redujo la resistencia.	El vidrio reciclado es viable solo en pequeñas proporciones (máximo 10%) en concreto.

Ledezma & Yauri, (2023)	Explorar el uso de polvo de neumático reciclado como reemplazo parcial de arena en adoquines de concreto.	Experimental: mezcla de concreto con hasta 25% de polvo de neumático reciclado evaluando propiedades mecánicas.	El uso de polvo de neumático no afectó negativamente la resistencia y redujo el peso de los adoquines.	El polvo de neumático reciclado es adecuado para adoquines, proporcionando beneficios en sostenibilidad y reducción de residuos.
Jaramillo & Rios, (2023)	Evaluar el uso de agregados reciclados en pavimentos especiales en Lima Metropolitana.	Experimental: mezcla con 90% de agregado grueso reciclado y 30% de agregado fino reciclado, evaluando resistencia a compresión y flexión.	El concreto con alto porcentaje de agregado reciclado mantuvo propiedades adecuadas para pavimentos.	El concreto reciclado es eficiente para pavimentos especiales, contribuyendo a la sostenibilidad.
Balmaceda, (2021)	Comparar los impactos ambientales entre concreto convencional y reciclado utilizando residuos de construcción.	Análisis de ciclo de vida (ACV) comparando tres casos de estudio con diferentes porcentajes de agregado reciclado.	Reducción significativa en emisiones de gases de efecto invernadero y otros impactos ambientales.	El concreto reciclado es una opción viable y sostenible desde el punto de vista técnico y ambiental.
Chuye, (2023)	Analizar el comportamiento de mortero utilizando agregado	Experimental: manipulación de variables en la dosificación y	Las mezclas modificadas alcanzaron una resistencia a la	El uso de concreto reciclado y aserrín calcinado mejora la

	fino reciclado de concreto y aserrín calcinado.	cantidad de aserrín calcinado, evaluando resistencia, adherencia y durabilidad.	compresión aceptable y mejoraron la adherencia.	sostenibilidad de las mezclas, con un costo adicional aceptable.
Gonzales, (2023)	Comparar las propiedades de concreto convencional y reciclado utilizando agregado grueso de probetas fracturadas.	Experimental: análisis granulométrico y pruebas de resistencia a la compresión para ambos tipos de concreto.	El concreto reciclado alcanzó resistencias válidas y fue un 5.10% más económico que el convencional.	El concreto reciclado con agregado grueso de probetas fracturadas es viable y económico, cumpliendo con las normativas.

Nota. elaboración propia.

En las bases teóricas el uso de concreto reciclado como material de subbase en la construcción vial es un enfoque innovador que busca no solo reducir los residuos de construcción, sino también optimizar el uso de recursos naturales (Song et al., 2025). De acuerdo con la investigación de Chen & Xiao, (2025), la incorporación de concreto reciclado mejora significativamente la sostenibilidad de los proyectos de infraestructura al disminuir la demanda de materiales vírgenes, lo que conlleva una reducción de la huella de carbono.

El concreto reciclado resulta de la trituración de los residuos del concreto, presentando propiedades que pueden ser utilizadas para la construcción de subbases viales. De acuerdo con la propuesta de Y. Wang et al., (2025), este tipo de concreto cuenta con una densidad seca y una capacidad de absorción del agua que se deben determinar para lograr un comportamiento estructural adecuado en las subbases.

De la misma forma, En otro orden de cosas, la temprana combinación de concreto reciclado que utilice materiales finos tal como arenas o finos que pueden provenir de otras fuentes recicladas, ocupan un lugar central en el comportamiento de la mezcla. Liu et al., (2025) pone de manifiesto como la granulometría del material fino puede afectar a la trabajabilidad de la mezcla y, en consecuencia, su rendimiento en campo. Asimismo, un correcto diseño de mezcla, Ashraf et al., (2025), es clave para garantizar que este diseño de mezcla dará la mezcla que satisfaga las exigencias que establecen, por parte del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), como por las normas ASTM.

Las propiedades físicas y mecánicas de los materiales granulares, entre las que se incluyen la densidad seca máxima, la humedad óptima y el índice CBR (California Bearing Ratio), permiten evaluar la capacidad portante y el comportamiento mecánico del material, así como su compatibilidad con los requisitos técnicos exigidos para capas

granulares en infraestructura vial. En particular, el índice CBR constituye un parámetro fundamental para estimar la capacidad de soporte del material, siendo un criterio determinante para el análisis de su desempeño en aplicaciones viales, tal como lo señalan Li, (2025) quienes destacan su importancia para garantizar la estabilidad de vías urbanas y rurales.

Finalmente, resulta indispensable que las mezclas experimentales aseguren los parámetros mencionados en las normas técnicas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, así como en las normas ASTM. Tal como lo mencionan Rajabi et al., (2023), la verificación de que las mezclas experimentales cumplan las normas significan no solo el aseguramiento de la calidad del material de subbase, sino también la durabilidad del material frente a la adversidad climática y la alta intensidad del tráfico.

- **Objetivos**
  - **Objetivo general:**
    - Evaluar la viabilidad técnica de utilizar una mezcla de concreto reciclado con material fino como subbase vial, determinando sus propiedades físicas y mecánicas mediante ensayos de laboratorio y verificando su cumplimiento con los requisitos establecidos por las normas técnicas vigentes del MTC y ASTM.

  - **Objetivos específicos:**
    - Recolectar y procesar residuos de concreto provenientes de demoliciones, a fin de obtener agregado reciclado apto para su evaluación en capas granulares viales.

    - Seleccionar y caracterizar el material fino que será combinado con el agregado reciclado, considerando sus propiedades físicas relevantes.

- Evaluar diferentes proporciones de combinación entre concreto reciclado y material fino (ej. 70–30, 60–40, 50–50), con el propósito de analizar su comportamiento como material granular.

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas del material granular resultante, mediante ensayos de laboratorio propios de la mecánica de suelos, tales como granulometría, densidad seca máxima, humedad óptima y CBR.

- Identificar la proporción de combinación más adecuada, que garantice un desempeño estructural compatible con los requisitos técnicos exigidos para su aplicación en infraestructura vial urbana y rural..

II. MATERIAL Y MÉTODOS

La presente investigación tuvo como finalidad evaluar la viabilidad técnica del uso de concreto reciclado combinado con material fino de cantera para la producción de material de subbase en infraestructura vial. La metodología se redactó en tiempo pasado y se estructuró de manera secuencial, detallando cada etapa del procedimiento experimental, con el propósito de que otro investigador pudiera reproducir el estudio bajo condiciones similares y contrastar los resultados obtenidos. Para ello, se consideró como sustento técnico principal la normativa vigente del **Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)**, especialmente el **Manual de Ensayo de Materiales** y el **Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013**, en lo referente al control de materiales granulares para subbase.

Objeto de estudio

El objeto de estudio estuvo constituido por las propiedades físicas y mecánicas de mezclas elaboradas con concreto reciclado y material fino de cantera, orientadas a su posible aplicación como material de subbase en pavimentos. En particular, se evaluaron propiedades relacionadas con la granulometría, compactación, limpieza del material, resistencia al desgaste y capacidad de soporte, debido a que estos parámetros permiten determinar si una mezcla granular reúne las condiciones técnicas requeridas para su utilización en infraestructura vial.

Área de estudio

La investigación se desarrolló en un laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos, donde se ejecutaron los ensayos físicos y mecánicos bajo condiciones controladas. Asimismo, el acondicionamiento previo de los materiales se realizó en un

ambiente destinado al procesamiento de muestras, en el cual se efectuaron actividades de selección, trituración, secado, tamizado y homogeneización. El desarrollo experimental se llevó a cabo con equipos adecuados para cada ensayo, procurando uniformidad en las condiciones de trabajo y control riguroso de las variables que podían influir en los resultados.

Población

La población estuvo conformada por residuos de concreto reciclado provenientes de demoliciones y por material fino de cantera, ambos considerados materiales con potencial técnico para ser empleados en la conformación de capas granulares de subbase. Estos insumos fueron seleccionados como base de la investigación por su disponibilidad y por su posibilidad de aprovechamiento dentro de una propuesta orientada a la valorización de residuos de construcción y a la disminución del uso de recursos naturales en obras viales.

Muestra

La muestra estuvo conformada por tres proporciones experimentales de mezcla: 70 % de concreto reciclado con 30 % de material fino, 60 % de concreto reciclado con 40 % de material fino y 50 % de concreto reciclado con 50 % de material fino. Adicionalmente, se incluyó un grupo control compuesto por material convencional, sin incorporación de concreto reciclado. Cada tratamiento fue evaluado en tres repeticiones, con la finalidad de mejorar la confiabilidad de los resultados y reducir la influencia del error experimental.

Muestreo

El muestreo fue de tipo no probabilístico, por conveniencia e intencional, debido a que los materiales fueron seleccionados de acuerdo con su disponibilidad y con el cumplimiento de condiciones mínimas de calidad para su evaluación. En el caso del concreto reciclado, se eligieron residuos libres de contaminantes visibles, tales como materia orgánica, madera, metales, plásticos u otros elementos ajenos al estudio. En el caso del material fino de cantera, se consideró aquel que presentara características físicas compatibles con su uso en mezclas granulares. Esta selección preliminar permitió trabajar con insumos técnicamente aptos para el desarrollo de los ensayos.

Métodos

En la investigación se emplearon los métodos inductivo y deductivo. El método inductivo permitió partir de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio para formular conclusiones generales sobre el comportamiento de las mezclas estudiadas y su viabilidad como material de subbase. Por su parte, el método deductivo permitió contrastar dichos resultados con criterios técnicos, fundamentos de mecánica de suelos y antecedentes relacionados con el uso de materiales reciclados en obras viales. De este modo, la interpretación de los hallazgos se realizó tanto desde la evidencia experimental como desde el marco teórico y normativo correspondiente.

Procedimientos

La metodología se desarrolló en forma ordenada y secuencial, describiendo paso a paso la ejecución del estudio y los ensayos aplicados según la normativa técnica correspondiente.

Primera etapa: recolección de materiales.

En primer lugar, se recolectaron los residuos de concreto reciclado y el material fino de cantera. Los residuos de concreto procedieron de elementos demolidos, mientras que el material fino correspondió a polvo o fracción fina obtenida de cantera. Una vez trasladados al área de trabajo, ambos materiales fueron sometidos a una inspección visual inicial, con el fin de identificar la presencia de impurezas o elementos extraños que pudieran alterar el comportamiento de las mezclas. Durante esta etapa se descartaron residuos con presencia de materia orgánica, tierra vegetal, metales, plásticos, madera u otros contaminantes, en concordancia con las exigencias del MTC para materiales destinados a capas granulares.

Segunda etapa: selección y acondicionamiento de materiales.

Posteriormente, el concreto reciclado fue sometido a un proceso de selección y trituración mecánica, con el propósito de reducir el tamaño de las partículas y obtener una fracción granular apta para su incorporación en las mezclas. Luego de ello, el material triturado fue zarandeado para separar partículas sobredimensionadas y uniformizar su gradación. De manera paralela, el material fino de cantera fue secado, disgregado y homogeneizado, a fin de eliminar humedad excesiva y evitar la formación de grumos. Esta etapa permitió acondicionar ambos componentes antes de la formulación de las mezclas y asegurar una base uniforme para la ejecución de los ensayos.

Tercera etapa: caracterización física inicial.

Una vez acondicionados los materiales, se procedió a su caracterización física inicial mediante el **ensayo de análisis granulométrico por tamizado**, desarrollado

conforme a la norma **MTC E 107**. Este ensayo permitió determinar la distribución de tamaños de las partículas y verificar el comportamiento granulométrico de cada material antes de su mezcla. La aplicación de este procedimiento fue fundamental, ya que la normativa del MTC exige que los materiales destinados a subbase granular presenten una gradación compatible con los rangos establecidos en las especificaciones técnicas vigentes.

Cuarta etapa: formulación de las mezclas experimentales.

Después de la caracterización inicial, se prepararon las mezclas experimentales en las proporciones previamente definidas: 70 %-30 %, 60 %-40 % y 50 %-50 %, además del grupo control. La dosificación se realizó en función del peso seco de cada material, garantizando que cada tratamiento representara con precisión la proporción establecida. La mezcla de los componentes se efectuó manualmente hasta alcanzar una distribución homogénea del concreto reciclado y del material fino, evitando segregación o concentración irregular de partículas.

Quinta etapa: determinación de parámetros de compactación. Seguidamente, cada mezcla fue sometida al **ensayo Proctor Modificado**, conforme a la norma **MTC E 115**, equivalente a **ASTM D1557**, con la finalidad de determinar la **humedad óptima** y la **densidad seca máxima**. Estos parámetros resultaron indispensables para establecer las condiciones de compactación más adecuadas y para preparar posteriormente los especímenes de ensayo. La ejecución del Proctor Modificado permitió conocer la respuesta de cada mezcla frente a la energía de compactación y constituyó una etapa clave dentro del estudio, debido a que la

compactación adecuada influye directamente en el desempeño estructural del material en obra.

Sexta etapa: evaluación de la limpieza del material.

A continuación, se realizó el **ensayo de equivalente de arena**, de acuerdo con la norma **MTC E 114**, equivalente a **ASTM D2419**, con el objetivo de determinar la proporción relativa de finos plásticos o indeseables presentes en la mezcla. Este ensayo permitió valorar la limpieza del material fino y su aptitud para integrarse a una subbase granular estable. Su aplicación fue relevante porque una excesiva presencia de partículas arcillosas o finos plásticos puede afectar negativamente la compactación, la estabilidad y la capacidad de soporte del material.

Séptima etapa: evaluación de la resistencia al desgaste. Posteriormente, se ejecutó el **ensayo de abrasión Los Ángeles**, conforme a la norma **MTC E 207**, equivalente a **ASTM C131**, con el propósito de evaluar la resistencia del agregado al desgaste mecánico y a la fragmentación. Este ensayo permitió estimar la durabilidad del material reciclado frente a solicitaciones propias de la compactación y del tránsito vehicular. Los resultados obtenidos en esta fase fueron esenciales para determinar si el concreto reciclado mantenía un comportamiento técnicamente aceptable dentro de las mezclas evaluadas.

Octava etapa: preparación de especímenes para el ensayo CBR. Una vez obtenidos los parámetros de compactación, se prepararon los especímenes para el ensayo de capacidad de soporte. Para ello, cada mezcla fue compactada utilizando la humedad óptima y la densidad seca máxima determinadas en el ensayo Proctor Modificado. La preparación de las probetas se realizó bajo condiciones uniformes,

cuidando el contenido de humedad, el número de capas y la energía de compactación aplicada, con el fin de asegurar comparabilidad entre tratamientos.

Novena etapa: ejecución del ensayo CBR.

El **ensayo de CBR de laboratorio** se realizó conforme a la norma **MTC E 132**, equivalente a **ASTM D1883**, con el propósito de determinar la capacidad portante de cada mezcla. Durante esta etapa, las muestras compactadas fueron sometidas a condiciones controladas de inmersión y se registró su comportamiento frente a la penetración, así como su posible expansión. Asimismo, se consideraron tiempos de evaluación de 24, 48, 72 y 96 horas, con la finalidad de observar el desempeño del material bajo condiciones de humedad y estimar su resistencia en escenarios desfavorables para su aplicación vial.

Décima etapa: comparación con la normativa técnica para subbase granular. Concluidos los ensayos de laboratorio, los resultados obtenidos fueron comparados con los requisitos establecidos en el **Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013**, específicamente en lo referido a materiales de **subbase granular**. En esta etapa se verificó el cumplimiento de los parámetros granulométricos y de los valores exigidos para ensayos como abrasión Los Ángeles, equivalente de arena y CBR. Esta comparación permitió determinar si las mezclas evaluadas reunían las condiciones técnicas mínimas para su posible utilización en infraestructura vial.

Undécima etapa: procesamiento y análisis de resultados.

Finalmente, los resultados fueron organizados en tablas y gráficos comparativos, con el objetivo de facilitar su interpretación. Se realizó un análisis descriptivo de las propiedades físicas y mecánicas de cada tratamiento. Asimismo, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia del 5 %, para determinar si las diferencias observadas entre las proporciones de mezcla eran estadísticamente significativas. El procesamiento de los datos se efectuó mediante hojas de cálculo y software estadístico, permitiendo una evaluación más precisa y objetiva del comportamiento de las mezclas.

Técnicas e instrumentos

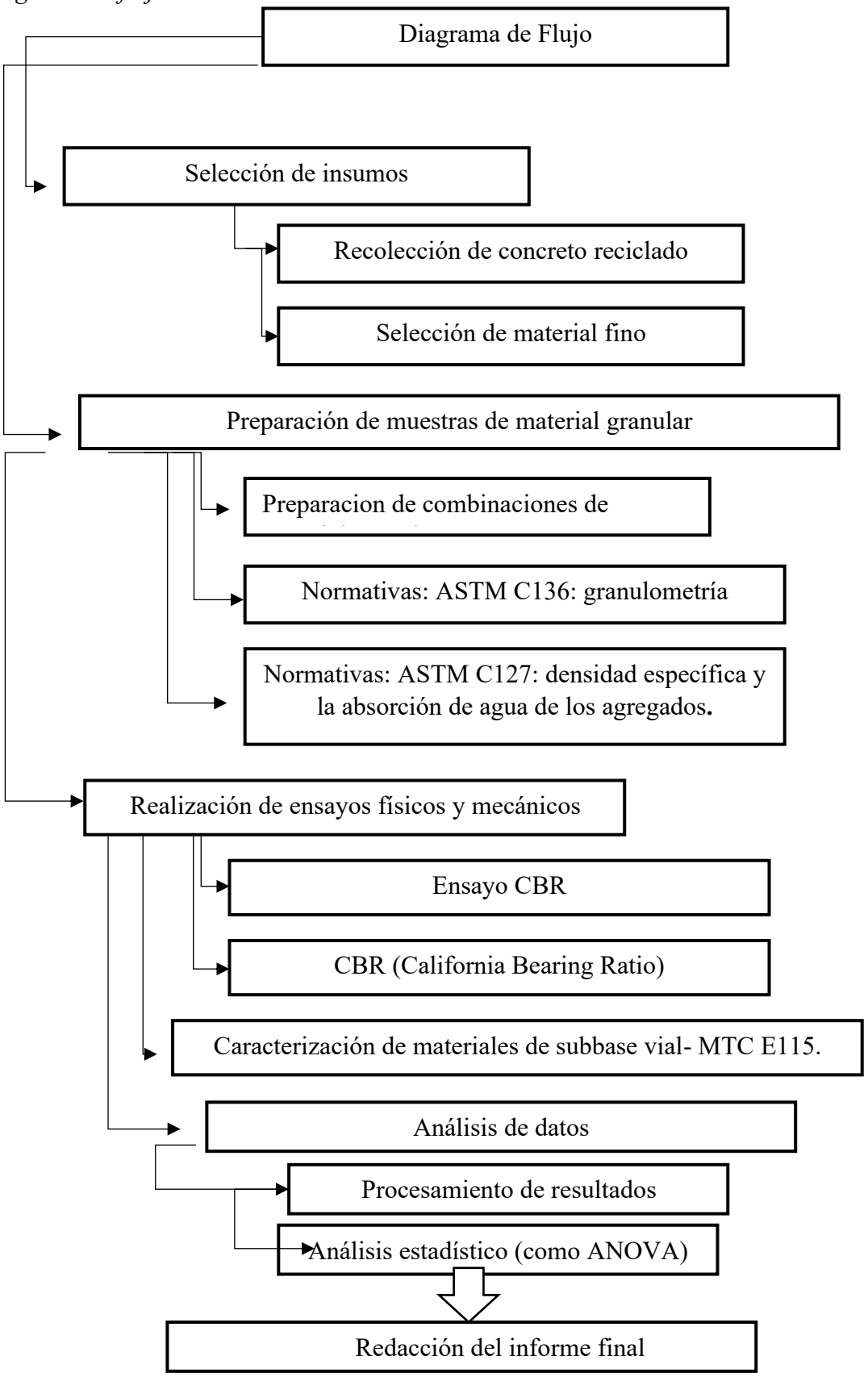
La técnica empleada fue la experimentación en laboratorio. Como instrumentos se utilizaron fichas de registro de datos, hojas de control, balanzas, juego de tamices, moldes de compactación, martillo Proctor, equipo para equivalente de arena, máquina de abrasión Los Ángeles y equipo para ensayo CBR. Cada uno de estos instrumentos fue utilizado de acuerdo con los procedimientos establecidos en la normativa técnica correspondiente, garantizando la confiabilidad de la información obtenida.

Ensayos realizados según normativa

Los ensayos considerados en la investigación fueron los siguientes: **análisis granulométrico por tamizado (MTC E 107)**, **Proctor Modificado (MTC E 115 / ASTM D1557)**, **equivalente de arena (MTC E 114 / ASTM D2419)**, **abrasión Los Ángeles (MTC E 207 / ASTM C131)** y **CBR de laboratorio (MTC E 132 / ASTM D1883)**. La selección de estos ensayos respondió a su relevancia técnica en la evaluación de materiales granulares para subbase y a su reconocimiento dentro de la normativa del MTC aplicable a infraestructura vial.

Figura 1.

Diagrama de flujo



Nota. elaboración propia

Tabla 2

Normativa general aplicada en la investigación

Documento normativo	Entidad	Aplicación en la investigación
Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013	MTC	Se utilizó como marco técnico principal para verificar los requisitos exigidos a materiales de subbase granular.
Manual de Ensayo de Materiales	MTC	Se empleó como referencia para la ejecución de los ensayos de laboratorio aplicados a las mezclas evaluadas.
ASTM D1557	ASTM	Se consideró como equivalencia técnica del Proctor Modificado.
ASTM D2419	ASTM	Se consideró como equivalencia técnica del ensayo de equivalente de arena.
ASTM C131	ASTM	Se consideró como equivalencia técnica del ensayo de abrasión Los Ángeles.
ASTM D1883	ASTM	Se consideró como equivalencia técnica del ensayo CBR en laboratorio.

Nota. elaboración propia

La inclusión de estas normas se justifica porque el EG-2013 remite expresamente, en la Tabla 402-02, a normas MTC, ASTM y AASHTO para el control de calidad de la subbase granular.

Tabla 3

Ensayos normativos considerados para subbase granular

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Finalidad en la investigación
Análisis granulométrico por tamizado	MTC E 107	—	Determinar la distribución de tamaños de partícula y verificar la gradación del material.
Proctor Modificado	MTC E 115	ASTM D1557	Determinar la humedad óptima y la densidad seca máxima de cada mezcla.
Equivalente de arena	MTC E 114	ASTM D2419	Evaluar la limpieza del material y la presencia de finos indeseables.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	ASTM C131	Determinar la resistencia del agregado al desgaste y a la fragmentación.
CBR de laboratorio	MTC E 132	ASTM D1883	Determinar la capacidad portante del material compactado.

Nota. Elaboración propia

De esa tabla, Equivalente de Arena, Abrasión Los Ángeles y CBR aparecen explícitamente en la Tabla 402-02 del EG-2013 para subbase granular, junto con sus equivalencias ASTM.

Tabla 4

Requisitos técnicos del EG-2013 para subbase granular

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Requisito < 3000 msnm	Requisito ≥ 3000 msnm
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	ASTM C131	50 % máx.	50 % máx.

CBR	MTC E 132	ASTM D1883	40 % mín.	40 % mín.
Límite Líquido	MTC E 110	ASTM D4318	25 % máx.	25 % máx.
Índice de Plasticidad	MTC E 111	ASTM D4318	6 % máx.	4 % máx.
Equivalente de Arena	MTC E 114	ASTM D2419	25 % mín.	35 % mín.

Nota. Elaboración propia

Estos valores están consignados en la Tabla 402-02: Requerimientos de Ensayos Especiales para subbase granular del EG-2013.

Tabla 5

Relación entre etapa metodológica y norma aplicada

Etapa de la metodología	Actividad desarrollada	Norma aplicada
Recolección y selección de materiales	Inspección visual y descarte de impurezas	EG-2013, Sección 402
Acondicionamiento de materiales	Trituración, secado, zarandeo y homogeneización	EG-2013, Sección 402
Caracterización inicial	Análisis granulométrico por tamizado	MTC E 107
Compactación	Determinación de humedad óptima y densidad seca máxima	MTC E 115 / ASTM D1557
Evaluación de limpieza	Ensayo de equivalente de arena	MTC E 114 / ASTM D2419

Evaluación de durabilidad	Ensayo de abrasión Los Ángeles	MTC E 207 / ASTM C131
Evaluación de capacidad portante	Ensayo CBR de laboratorio	MTC E 132 / ASTM D1883
Contraste técnico final	Comparación con exigencias para subbase granular	EG-2013, Tabla 402-02

Nota. Elaboración propia

La Sección 402 del EG-2013 regula específicamente las subbases granulares, mientras que la Tabla 402-02 resume los ensayos especiales y sus criterios de aceptación.

Tabla 6

Tabla breve para insertar debajo de la metodología

Ensayo	Norma	Uso dentro del estudio
Granulometría	MTC E 107	Verificación de la gradación de los materiales
Proctor Modificado	MTC E 115 / ASTM D1557	Obtención de humedad óptima y densidad seca máxima
Equivalente de arena	MTC E 114 / ASTM D2419	Evaluación de limpieza del material
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207 / ASTM C131	Evaluación de resistencia al desgaste
CBR	MTC E 132 / ASTM D1883	Determinación de la capacidad de soporte

Nota. Elaboración propia

III. RESULTADOS

De acuerdo con el primer objetivo: Recolectar y procesar residuos de concreto provenientes de demoliciones, a fin de obtener agregado reciclado apto para su evaluación en capas granulares viales.

Tabla 7

Caracterización inicial del agregado reciclado obtenido

Parámetro evaluado	Resultado obtenido	Norma de referencia	Cumple
Tipo de material	Concreto reciclado	—	—
Presencia de contaminantes	No significativa	Inspección visual	Sí
Gradación inicial	Compatible	NTP 339.128	Sí
Desgaste Los Ángeles (%)	25 – 30	NTP 400.020 (≤ 50%)	Sí
Clasificación SUCS	GP – GM	NTP 339.134	Sí
Clasificación AASHTO	A-1-a / A-1-b (0)	NTP 339.135	Sí
Aptitud para capas granulares	Adecuada	MTC – Especificaciones	Sí

Nota. Elaboración propia a partir de ensayos de laboratorio.

La tabla del presente estudio se orientó a la valorización de residuos de concreto proveniente de demoliciones, con el propósito de obtener agregado reciclado apto para su uso en capas granulares de pavimentos viales, en cumplimiento de las normas técnicas peruanas y las especificaciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). En primer lugar, se recolectó y procesó el material reciclado, verificando mediante inspección visual la ausencia significativa de contaminantes, lo cual garantiza su calidad inicial. La gradación obtenida resultó compatible con la NTP 339.128, mientras que el ensayo de desgaste Los Ángeles arrojó valores entre 25 % y 30 %, inferiores al límite máximo de 50 % establecido por la NTP 400.020, demostrando una elevada resistencia a la abrasión.

La clasificación del agregado reciclado se realizó según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), obteniendo la denominación GP-GM (grava con arena y finos), y según el sistema AASHTO, se clasificó como A-1-a o A-1-b (grupo 0), ambos de excelente aptitud para bases y subbases granulares. Estos resultados confirman que el material reciclado cumple con los requisitos establecidos en las NTP 339.134 y 339.135, así como con las especificaciones técnicas del MTC para capas granulares. En consecuencia, el material procesado resulta apto para su evaluación como componente estructural en mezclas granulares viales, permitiendo avanzar con los siguientes objetivos de la investigación orientados a la determinación de su desempeño físico y mecánico.

De acuerdo al segundo objetivo: Seleccionar y caracterizar el material fino que será combinado con el agregado reciclado, considerando sus propiedades físicas relevantes.

Para el cumplimiento de este objetivo, se realizó la selección del material fino proveniente de la cantera Arenera Jaén, el cual fue elegido en función de su disponibilidad, homogeneidad y uso habitual en obras viales de la zona. El material seleccionado fue sometido a un proceso de muestreo representativo, seguido de su acondicionamiento para la ejecución de ensayos de laboratorio.

Se identificó un material fino de cantera con baja plasticidad, adecuada capacidad de compactación y características físicas compatibles con su utilización como componente fino en mezclas granulares viales, cumpliendo con los requisitos técnicos establecidos por la normativa vigente.

Tabla 8

Caracterización física del material fino seleccionado

Propiedad evaluada	Resultado obtenido	Norma de referencia	Cumple
Contenido de humedad natural (%)	6.0	NTP 339.127	Sí
Límite líquido (%)	23	NTP 339.129 (≤ 25%)	Sí
Límite plástico (%)	19	NTP 339.129	Sí
Índice de plasticidad (%)	4	MTC (≤ 6%)	Sí
Clasificación SUCS	GC – GM	NTP 339.134	Sí
Clasificación AASHTO	A-1-b (0)	NTP 339.135	Sí
Densidad seca máxima (g/cm³)	2.074	NTP 339.141	Sí
Contenido óptimo de humedad (%)	4.03	NTP 339.141	Sí
Equivalente de arena (%)	26	NTP 339.152 (≥ 25%)	Sí

Nota. Elaboración propia a partir de ensayos de laboratorio.

Se evaluaron las propiedades físicas y de clasificación del material fino seleccionado para su combinación con el agregado reciclado, con el propósito de verificar su aptitud como componente en mezclas granulares para capas de subbase o base en pavimentos viales, conforme a las normas técnicas peruanas y las especificaciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

El contenido de humedad natural resultó ser 6,0 %, lo que indica un estado inicial controlado y adecuado para su procesamiento. El límite líquido alcanzó el 23 %, valor inferior al máximo permitido de 25 % según la NTP 339.129, mientras que el límite plástico fue de 19 %, y el índice de plasticidad se calculó en 4 %, cumpliendo con el límite máximo de 6 % establecido por el MTC. Estas características confirman una baja plasticidad, favorable para su comportamiento en mezclas granulares.

En cuanto a la clasificación, el material se identificó como GC-GM según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y como A-1-b (grupo 0) según el sistema AASHTO, categorías que corresponden a materiales de excelente calidad para bases y subbases, de acuerdo con las NTP 339.134 y 339.135. La densidad seca máxima obtenida fue de 2,074 g/cm³, con un contenido óptimo de humedad de 4,03 %, resultados determinados mediante el ensayo Proctor modificado (NTP 339.141), los cuales evidencian una buena compactabilidad. Finalmente, el equivalente de arena alcanzó el 26 %, superando el mínimo requerido de 25 % según la NTP 339.152, lo que garantiza una adecuada limpieza y contenido de finos no plásticos.

En el tercer objetivo: Evaluar diferentes proporciones de combinación entre concreto reciclado y material fino (ej. 70–30, 60–40, 50–50), con el propósito de analizar su comportamiento como material granular.

Los resultados evidencian que el comportamiento del material granular varía en función del porcentaje de concreto reciclado y material fino, observándose mejoras significativas en la capacidad portante y en el cumplimiento granulométrico a medida que se incrementa la proporción de concreto reciclado en la mezcla.

Tabla 9

Resultados mecánicos de las mezclas evaluadas

Mezcla (CR–MF)	Densidad seca máx. (g/cm³)	OCH (%)	CBR 100% MDS (%)	CBR 95% MDS (%)	Abrasión L.A. (%)	Cumple MTC
70% CR – 30% MF	2.131	3.09	84.27	77.74	25	Sí

60% CR – 40% MF	2.100	4.36	77.20	66.42	25	Sí
50% CR – 50% MF	2.028	5.40	68.13	48.17	25	Parcial

Nota. Elaboración propia a partir de ensayos de laboratorio.

Los resultados de los ensayos realizados sobre las mezclas de concreto reciclado (CR) y material fino (MF) en las proporciones evaluadas (70-30, 60-40 y 50-50) permiten analizar su comportamiento como material granular para capas de base o subbase en pavimentos viales, en concordancia con las especificaciones técnicas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y las normas técnicas peruanas (NTP).

La mezcla con mayor proporción de concreto reciclado (70 % CR – 30 % MF) presentó la mayor densidad seca máxima (2,131 g/cm³) y el menor contenido óptimo de humedad (3,09 %), lo que indica una excelente compactabilidad y bajo requerimiento de agua para alcanzar la máxima densidad. En cuanto a la resistencia al corte, los valores de CBR a 100 % de la máxima densidad seca (MDS) y a 95 % de MDS fueron 84,27 % y 77,74 %, respectivamente, superando ampliamente los requisitos mínimos establecidos por el MTC para bases granulares (generalmente ≥ 80 % a 100 % MDS y ≥ 60-70 % a 95 % MDS, según el tipo de vía). Además, el desgaste Los Ángeles se mantuvo en 25 %, cumpliendo con el límite máximo de 50 % de la NTP 400.020. Por lo tanto, esta mezcla cumple plenamente con las especificaciones del MTC.

La mezcla 60 % CR – 40 % MF mostró una densidad seca máxima ligeramente inferior (2,100 g/cm³) y un contenido óptimo de humedad de 4,36 %, con valores de CBR de 77,20 % (a 100 % MDS) y 66,42 % (a 95 % MDS), que aún satisfacen los criterios normativos para bases en vías de bajo a mediano tránsito. El desgaste Los Ángeles permaneció en 25 %, por lo que también cumple con los requisitos del MTC.

Finalmente, la mezcla 50 % CR – 50 % MF registró la menor densidad seca máxima (2,028 g/cm³) y el mayor contenido óptimo de humedad (5,40 %), reflejando una mayor

influencia del material fino en la compactabilidad. Los valores de CBR fueron 68,13 % (a 100 % MDS) y 48,17 % (a 95 % MDS), que, aunque inferiores, podrían ser aceptables para subbases o bases en vías secundarias o rurales (donde el MTC permite valores ≥ 60 % a 100 % MDS en ciertos casos), pero no alcanzan consistentemente los estándares más exigentes para bases principales. El cumplimiento se califica como parcial.

Tabla 10

Evaluación granulométrica de las mezclas

Mezcla (CR–MF)	Cumplimiento granulométrico	Observación
70% CR – 30% MF	Cumple en todos los tamices	Distribución óptima
60% CR – 40% MF	Cumple en todos los tamices	Distribución aceptable
50% CR – 50% MF	No cumple en tamices N°10 y N°40	Exceso de finos

Nota. Elaboración propia a partir de ensayos de laboratorio.

Los resultados de los ensayos realizados sobre las mezclas de concreto reciclado (CR) y material fino (MF) en las proporciones evaluadas (70-30, 60-40 y 50-50) permiten analizar su comportamiento como material granular para capas de base o subbase en pavimentos viales, en concordancia con las especificaciones técnicas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y las normas técnicas peruanas (NTP).

La mezcla con mayor proporción de concreto reciclado (70 % CR – 30 % MF) presentó la mayor densidad seca máxima (2,131 g/cm³) y el menor contenido óptimo de humedad (3,09 %), lo que indica una excelente compactabilidad y bajo requerimiento de agua para alcanzar la máxima densidad. En cuanto a la resistencia al corte, los valores de CBR a 100 % de la máxima densidad seca (MDS) y a 95 % de MDS fueron 84,27 % y 77,74 %, respectivamente, superando ampliamente los requisitos mínimos establecidos por el MTC para bases granulares (generalmente ≥ 80 % a 100 % MDS y ≥ 60-70 % a 95 % MDS, según el tipo de vía). Además, el desgaste Los Ángeles se mantuvo en 25 %, cumpliendo

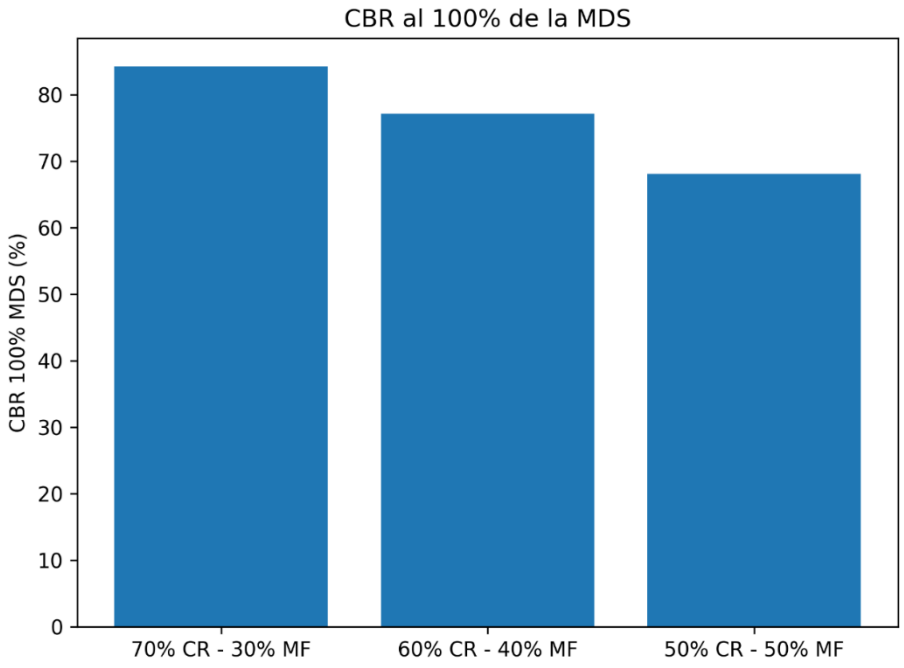
con el límite máximo de 50 % de la NTP 400.020. Por lo tanto, esta mezcla cumple plenamente con las especificaciones del MTC.

La mezcla 60 % CR – 40 % MF mostró una densidad seca máxima ligeramente inferior (2,100 g/cm³) y un contenido óptimo de humedad de 4,36 %, con valores de CBR de 77,20 % (a 100 % MDS) y 66,42 % (a 95 % MDS), que aún satisfacen los criterios normativos para bases en vías de bajo a mediano tránsito. El desgaste Los Ángeles permaneció en 25 %, por lo que también cumple con los requisitos del MTC.

Finalmente, la mezcla 50 % CR – 50 % MF registró la menor densidad seca máxima (2,028 g/cm³) y el mayor contenido óptimo de humedad (5,40 %), reflejando una mayor influencia del material fino en la compactabilidad. Los valores de CBR fueron 68,13 % (a 100 % MDS) y 48,17 % (a 95 % MDS), que, aunque inferiores, podrían ser aceptables para subbases o bases en vías secundarias o rurales (donde el MTC permite valores ≥ 60 % a 100 % MDS en ciertos casos), pero no alcanzan consistentemente los estándares más exigentes para bases principales. El cumplimiento se califica como parcial.

Figura 2.

Comparación del CBR al 100 % de la MDS

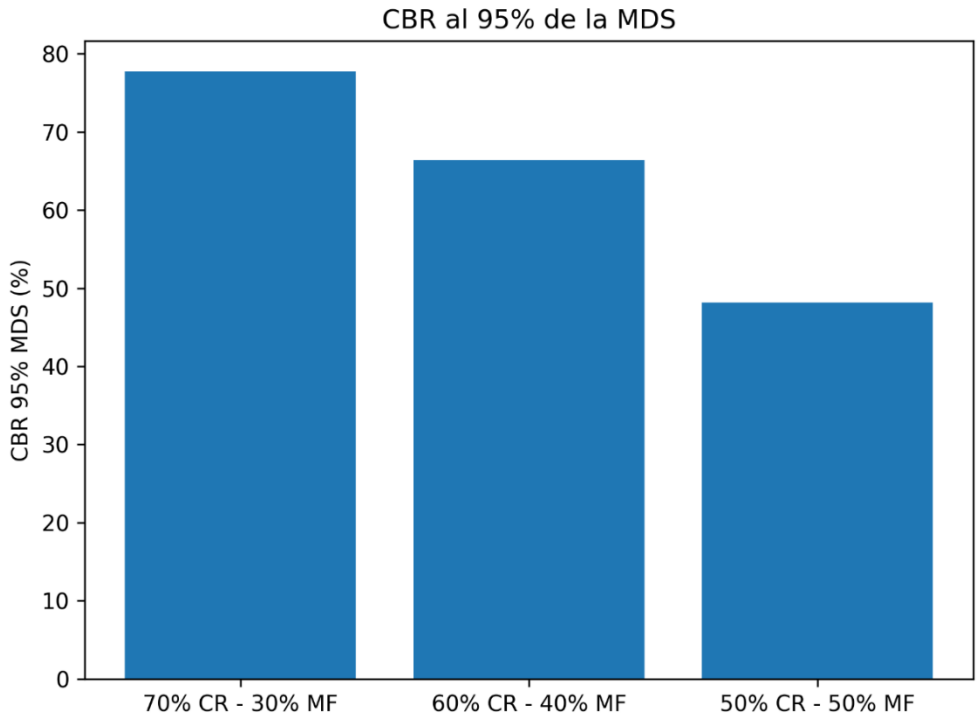


Nota. Elaboración propia a partir de ensayos de laboratorio.

La Figura 2, evidencia una tendencia decreciente del CBR a medida que aumenta el contenido de material fino en la mezcla. La combinación 70 % concreto reciclado – 30 % material fino presenta el mayor valor de CBR, lo que indica un mejor desempeño estructural como material granular de subbase. Todas las combinaciones superan el valor mínimo exigido por el MTC (≥ 40 %), siendo técnicamente aptas; sin embargo, la mezcla 70–30 resulta la más favorable.

Figura 3.

Comparación del CBR al 95 % de la MDS

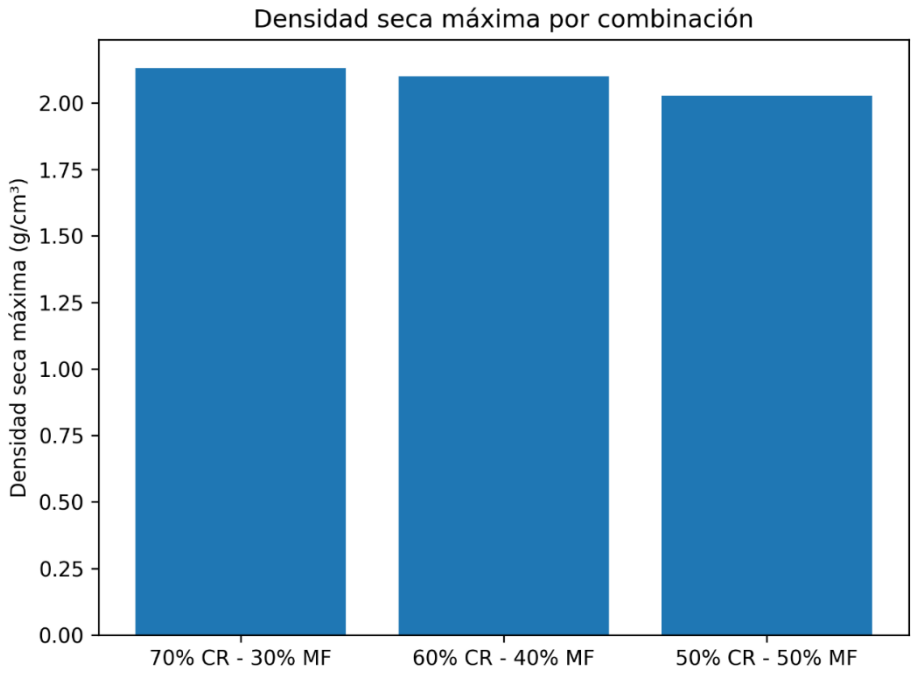


Nota. Elaboración propia a partir de ensayos de laboratorio.

En la figura 3 se observa que la reducción del grado de compactación afecta de manera más significativa a las mezclas con mayor contenido de material fino. La combinación 50–50 presenta una disminución notable del CBR, aunque aún cumple el mínimo normativo. La mezcla 70–30 mantiene un comportamiento estructural superior, demostrando mayor estabilidad y menor sensibilidad a la variación del grado de compactación.

Figura 4.

Densidad seca máxima por combinación



Nota. Elaboración propia a partir de ensayos de laboratorio.

La Figura 4, muestra que la densidad seca máxima disminuye conforme aumenta el contenido de material fino, lo cual se asocia a una mayor superficie específica y menor interbloqueo granular. La mezcla 70–30 alcanza la mayor densidad seca máxima, favoreciendo un mejor contacto entre partículas y, en consecuencia, un mayor CBR.

Según el cuarto objetivo: Determinar las propiedades físicas y mecánicas del material granular resultante, mediante ensayos de laboratorio propios de la mecánica de suelos, tales como granulometría, densidad seca máxima, humedad óptima y CBR.

Tabla 11

Resultados del análisis granulométrico y clasificación del material

Combinación CR–MF	Gradación (MTC)	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Cumplimiento
Muestra patrón (MF)	B	GC–GM	A-1-b (0)	Parcial
70 % CR – 30 % MF	B	GP–GM	A-1-b (0)	Cumple
60 % CR – 40 % MF	B	GP–GM	A-1-b (0)	Cumple
50 % CR – 50 % MF	B	GC–GM	A-1-b (0)	Parcial

Nota. Elaboración propia a partir de ensayos de laboratorio.

La muestra patrón, compuesta exclusivamente por material fino (MF), presentó una gradación tipo B (según los rangos establecidos por el MTC para materiales granulares), con clasificación SUCS GC–GM y AASHTO A-1-b (grupo 0). No obstante, su cumplimiento se califica como parcial debido a la mayor presencia de finos plásticos, lo que puede limitar su comportamiento como material granular independiente.

Las mezclas con 70 % CR – 30 % MF y 60 % CR – 40 % MF exhibieron una gradación tipo B, clasificándose como GP–GM (grava con arena y finos) según SUCS y A-1-b (grupo 0) según AASHTO. Ambas proporciones cumplen íntegramente con los requisitos normativos del MTC, demostrando una distribución granulométrica bien balanceada que favorece la compactabilidad, estabilidad y drenaje adecuado. En contraste, la mezcla 50 % CR – 50 % MF mantuvo la gradación tipo B y la clasificación AASHTO A-1-b (grupo 0), pero su clasificación SUCS fue GC–GM, reflejando una mayor influencia de finos plásticos. Esto resulta en un cumplimiento parcial, principalmente por el exceso de partículas finas que podría afectar la resistencia al corte y la durabilidad en condiciones de carga elevada.

Tabla 12

Resultados de densidad seca máxima y humedad óptima (Proctor Modificado)

Combinación CR–MF	Densidad seca máxima (g/cm³)	Humedad óptima (%)
Muestra patrón (MF)	2.074	4.03
70 % CR – 30 % MF	2.131	3.09
60 % CR – 40 % MF	2.100	4.36
50 % CR – 50 % MF	2.028	5.40

Nota. Elaboración propia a partir de ensayos de laboratorio.

Los resultados de los ensayos Proctor modificado permiten comparar la capacidad de compactación de las mezclas de concreto reciclado (CR) y material fino (MF) con la muestra patrón (material fino puro), evaluando su comportamiento como material granular para capas de base o subbase en pavimentos viales, conforme a las especificaciones técnicas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y las normas técnicas peruanas (NTP 339.141).

La muestra patrón (100 % MF) alcanzó una densidad seca máxima de 2,074 g/cm³ con un contenido óptimo de humedad de 4,03 %. Este valor sirve como referencia para analizar el efecto de la incorporación del agregado reciclado.

Al aumentar la proporción de concreto reciclado, se observa una mejora en la capacidad de compactación: la mezcla 70 % CR – 30 % MF registró la mayor densidad seca máxima (2,131 g/cm³) y el menor contenido óptimo de humedad (3,09 %), lo que indica que esta combinación optimiza la densificación con menor requerimiento de agua, favoreciendo una mayor resistencia y estabilidad en campo.

La mezcla 60 % CR – 40 % MF presentó una densidad seca máxima intermedia (2,100 g/cm³) y un contenido óptimo de humedad de 4,36 %, valores que aún superan o igualan los de la muestra patrón, manteniendo un comportamiento favorable.

En contraste, la mezcla 50 % CR – 50 % MF mostró la menor densidad seca máxima (2,028 g/cm³) y el mayor contenido óptimo de humedad (5,40 %), reflejando una mayor influencia de los finos plásticos, lo que reduce la eficiencia de compactación y podría incrementar los costos de agua y energía en obra.

Tabla 13

Resultados del ensayo CBR al 100 % y 95 % de la MDS

Combinación CR–MF	CBR 100 % MDS (%)	CBR 95 % MDS (%)	Requisito MTC	Cumple
Muestra patrón (MF)	50.29	35.42	≥ 40 %	Parcial
70 % CR – 30 % MF	84.27	77.74	≥ 40 %	Cumple
60 % CR – 40 % MF	77.20	66.42	≥ 40 %	Cumple
50 % CR – 50 % MF	68.13	48.17	≥ 40 %	Cumple

Nota. Elaboración propia a partir de ensayos de laboratorio.

Los ensayos de California Bearing Ratio (CBR) a 100 % y 95 % de la máxima densidad seca (MDS) permiten evaluar la capacidad portante de las mezclas de concreto reciclado (CR) y material fino (MF), comparándolas con la muestra patrón (material fino puro) y con el requisito mínimo establecido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) para materiales granulares en capas de subbase o base, que generalmente exige un CBR ≥ 40 % a 95 % MDS para vías de tránsito medio a bajo. La muestra patrón (100 % MF) registró valores de CBR de 50,29 % a 100 % MDS y 35,42 % a 95 % MDS. Aunque supera el mínimo a 100 % MDS, no alcanza el requisito a 95 % MDS, por lo que su cumplimiento se califica como parcial, lo que limita su uso independiente como material estructural en capas granulares.

En las mezclas con agregado reciclado, se observa una mejora significativa en la resistencia: la proporción 70 % CR – 30 % MF alcanzó 84,27 % (100 % MDS) y 77,74 % (95 % MDS), superando ampliamente el mínimo del MTC. Similarmente, la mezcla 60 % CR – 40 % MF obtuvo 77,20 % y 66,42 %, respectivamente, manteniendo un

desempeño robusto en ambas condiciones de compactación. Finalmente, la mezcla 50 % CR – 50 % MF presentó 68,13 % y 48,17 %, valores que también cumplen el requisito mínimo de ≥ 40 % a 95 % MDS.

Tabla 14

Síntesis comparativa de propiedades físicas y mecánicas

Combinación	Granulometría	Densidad seca	Humedad óptima	CBR	Desempeño global
Muestra patrón	Parcial	Media	Media	Medio	Regular
70 % CR – 30 % MF	Óptima	Alta	Baja	Muy alto	Excelente
60 % CR – 40 % MF	Óptima	Media-alta	Media	Alto	Muy bueno
50 % CR – 50 % MF	Parcial	Media	Alta	Aceptable	Bueno

Nota. Elaboración propia a partir de ensayos de laboratorio.

La muestra patrón exhibe un desempeño regular, caracterizado por una granulometría parcial, densidad seca media, humedad óptima media y CBR medio. Esto limita su aplicación independiente en capas granulares de mayor exigencia estructural, aunque cumple parcialmente con los requisitos del MTC para subbases en vías secundarias.

La mezcla con 70 % de concreto reciclado y 30 % de material fino (70 % CR – 30 % MF) muestra un desempeño excelente, con granulometría óptima, densidad seca alta, humedad óptima baja y CBR muy alto. Esta combinación optimiza la compactabilidad, reduce el consumo de agua en obra y maximiza la resistencia al corte, posicionándola como la opción superior para bases granulares de alta calidad.

La mezcla 60 % CR – 40 % MF presenta un desempeño muy bueno, con granulometría óptima, densidad seca media-alta, humedad óptima media y CBR alto. Aunque ligeramente inferior a la anterior en compactabilidad y capacidad portante, mantiene un equilibrio favorable y cumple ampliamente con los estándares normativos del MTC.

Por último, la mezcla 50 % CR – 50 % MF alcanza un desempeño bueno, con granulometría parcial (debido al exceso de finos), densidad seca media, humedad óptima alta y CBR aceptable. Estos resultados la hacen viable para aplicaciones en subbases o en vías de bajo tránsito, pero no óptima para bases principales.

Según el quinto objetivo: Identificar la proporción de combinación más adecuada, que garantice un desempeño estructural compatible con los requisitos técnicos exigidos para su aplicación en infraestructura vial urbana y rural.

Tabla 15

Comparación del cumplimiento normativo según combinación evaluada

Propiedad evaluada	Requisito MTC	70 % CR – 30 % MF	60 % CR – 40 % MF	50 % CR – 50 % MF
Gradación (Tipo B)	Cumplir rangos	Cumple	Cumple	Parcial
Densidad seca máx. (g/cm³)	—	2.131	2.100	2.028
Humedad óptima (%)	—	3.09	4.36	5.40
CBR 100 % MDS (%)	≥ 40 %	84.27	77.20	68.13
CBR 95 % MDS (%)	≥ 40 %	77.74	66.42	48.17
Índice de plasticidad	≤ 6 %	3	4	4
Equivalente de arena (%)	≥ 25 %	26	26	27
Desgaste Los Ángeles (%)	≤ 50 %	25	25	25
Cumplimiento global	—	Óptimo	Muy bueno	Aceptable

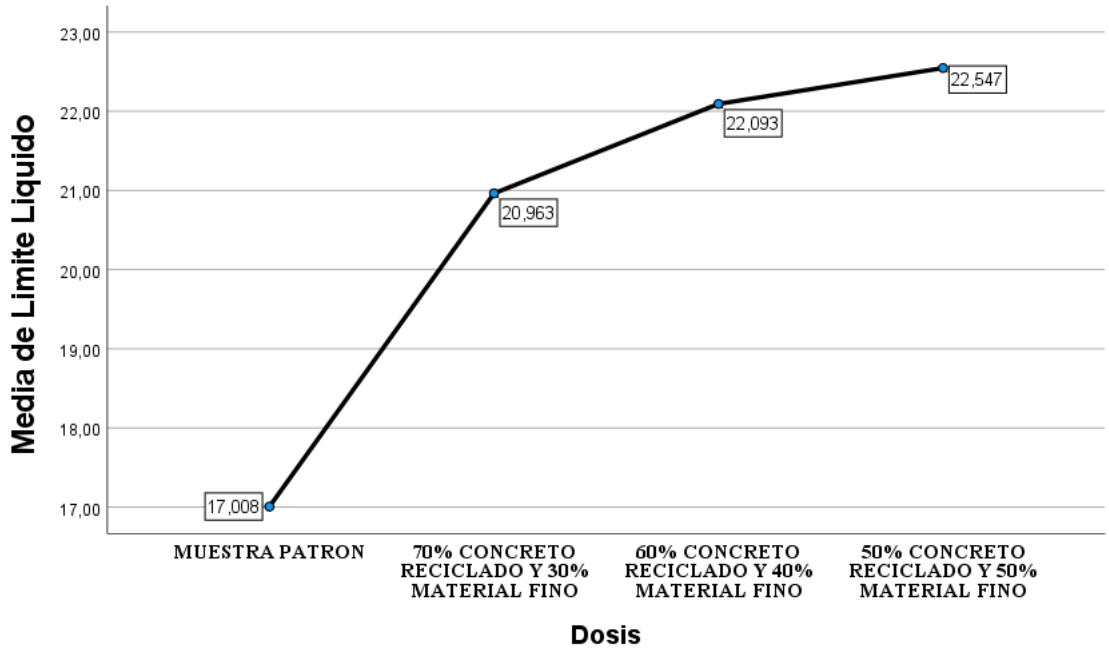
Nota.. Elaboración propia a partir de ensayos de laboratorio.

La Tabla 15 evidencia que las tres combinaciones evaluadas cumplen, en mayor o menor medida, con los requisitos técnicos establecidos por la normativa del Ministerio de Transportes y Comunicaciones para materiales granulares destinados a infraestructura vial. Sin embargo, se observa que la combinación 70 % concreto reciclado – 30 % material fino presenta el mejor desempeño normativo integral, al cumplir plenamente con la gradación tipo B, registrar la mayor densidad seca máxima y alcanzar los valores más

altos de CBR tanto al 100 % como al 95 % de la MDS. La combinación 60 % CR – 40 % MF también cumple con los requisitos exigidos, aunque con valores ligeramente inferiores en capacidad portante y capacidad de compactación. Por su parte, la mezcla 50 % CR – 50 % MF, si bien cumple con los valores mínimos de CBR y parámetros físicos, presenta incumplimientos parciales en la gradación, lo que reduce su desempeño global. Estos resultados confirman que el aumento del contenido de material fino afecta negativamente el comportamiento estructural del material granular

Figura 5

Limite liquido aumento progresivo



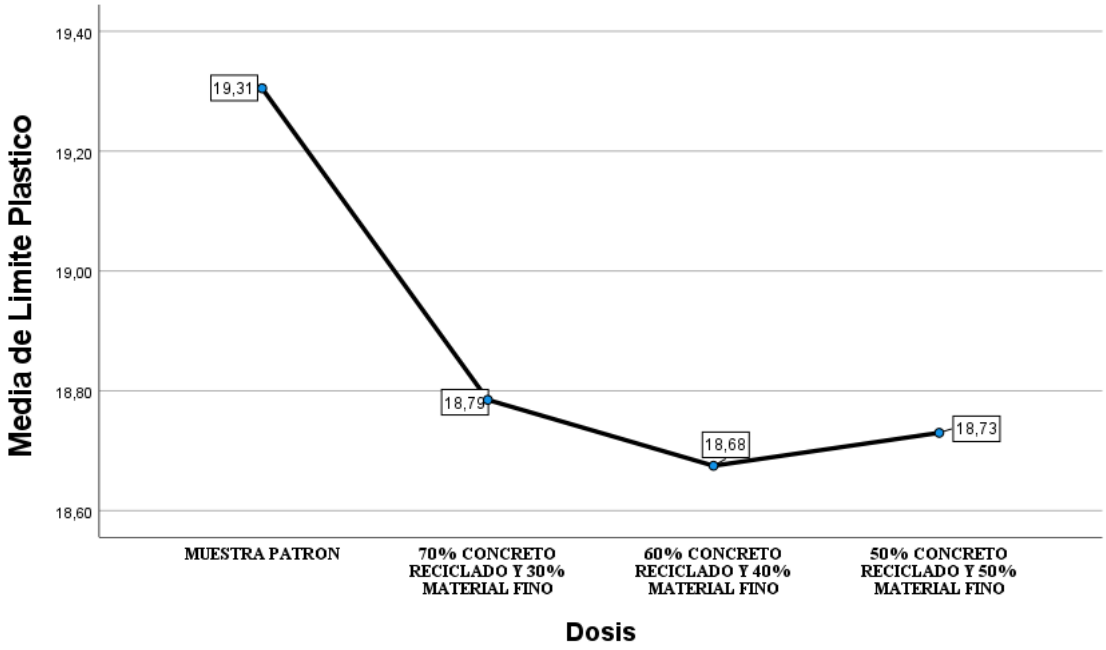
Nota. elaboración propia

La Figura 5 visualiza, muestra que el límite líquido (LL) aumenta progresivamente al incrementar la proporción de material fino (MF) en las mezclas con concreto reciclado (CR). La muestra patrón (100 % MF) registra el valor más bajo (17,008 %), mientras que las mezclas con mayor contenido de MF presentan valores crecientes: 20,963 % (70 % CR – 30 % MF), 22,093 % (60 % CR – 40 % MF) y 22,547 % (50 % CR – 50 % MF).

Esta tendencia indica que el material fino eleva la plasticidad de las mezclas, pero todos los valores permanecen por debajo o cercanos al límite máximo de 25 % según la NTP 339.129. En relación con los objetivos del estudio, se confirma que las proporciones 70-30 y 60-40 mantienen el LL en rangos óptimos y compatibles con los requisitos normativos del MTC, siendo las más adecuadas para garantizar estabilidad y desempeño en capas granulares viales, mientras que la mezcla 50-50 muestra un incremento notable que podría limitar su uso en aplicaciones exigentes.

Figura 6.

Limite plástico



Nota. elaboración propia.

La Figura 6, muestra una tendencia general descendente en el límite plástico (LP) al incorporar concreto reciclado (CR) en las mezclas, con un comportamiento que se estabiliza a partir de la proporción 60-40.

La muestra patrón (100 % material fino) registra el valor más alto de LP, con una media de 19,31 %, reflejando mayor plasticidad inherente al material fino puro. Al añadir concreto reciclado, el LP disminuye notablemente: en la mezcla 70 % CR – 30 % MF cae

a 18,79 %; en la 60 % CR – 40 % MF alcanza el mínimo de 18,68 %; y en la 50 % CR – 50 % MF sube ligeramente a 18,73 %.

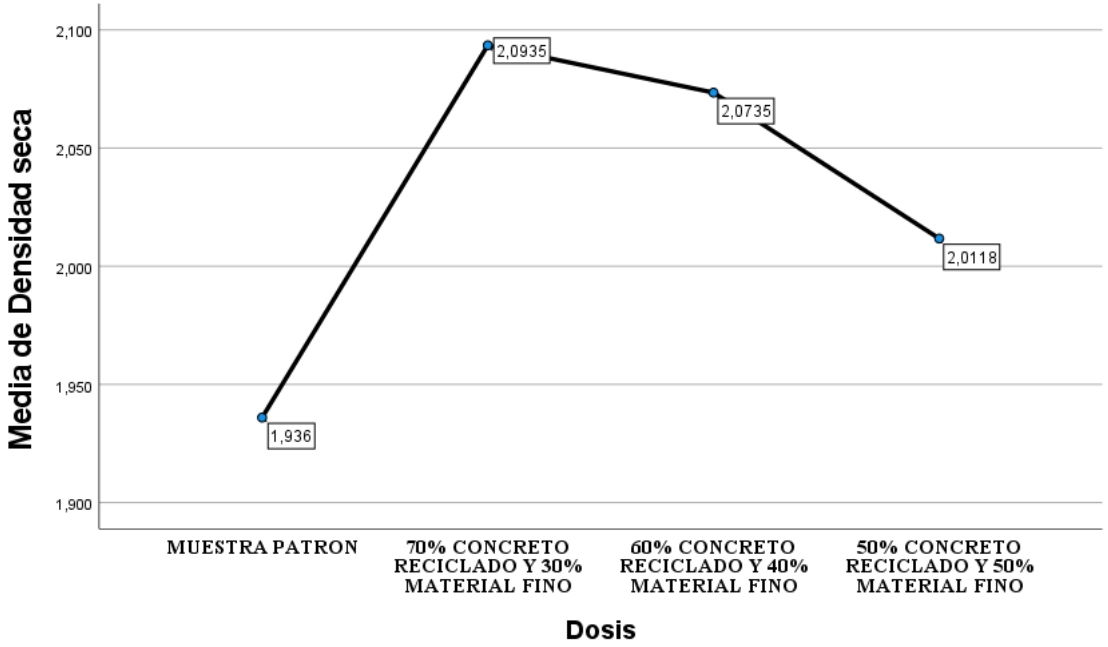
Esta reducción inicial del LP al aumentar el porcentaje de CR indica que el agregado reciclado (con partículas más gruesas y menos cohesivas) diluye la plasticidad del material fino, mejorando las propiedades de consistencia para aplicaciones granulares. El leve aumento en la mezcla 50-50 sugiere que un exceso de finos plásticos vuelve a incrementar el LP, aunque el valor sigue siendo inferior al de la muestra patrón.

Todos los valores obtenidos se mantienen bajos (entre 18,68 % y 19,31 %), compatibles con los límites normativos del MTC y la NTP 339.129 para materiales granulares, donde se busca un índice de plasticidad reducido para garantizar estabilidad y menor susceptibilidad a cambios volumétricos.

En relación con los objetivos del estudio, estos resultados confirman que las proporciones 70-30 y 60-40 optimizan el límite plástico, logrando un equilibrio favorable que mejora el comportamiento mecánico y la viabilidad técnica de las mezclas recicladas para capas granulares en infraestructura vial de Jaén, Cajamarca. La mezcla 50-50, aunque aceptable, muestra menor beneficio en este parámetro.

Figura 7.

Media densidad seca



Nota. elaboración propia.

Según la Figura 7. La densidad seca máxima (DSM) en función de la proporción de concreto reciclado (CR) y material fino (MF) evidencia un comportamiento no lineal, con un máximo claro en la mezcla que incorpora mayor porcentaje de agregado reciclado.

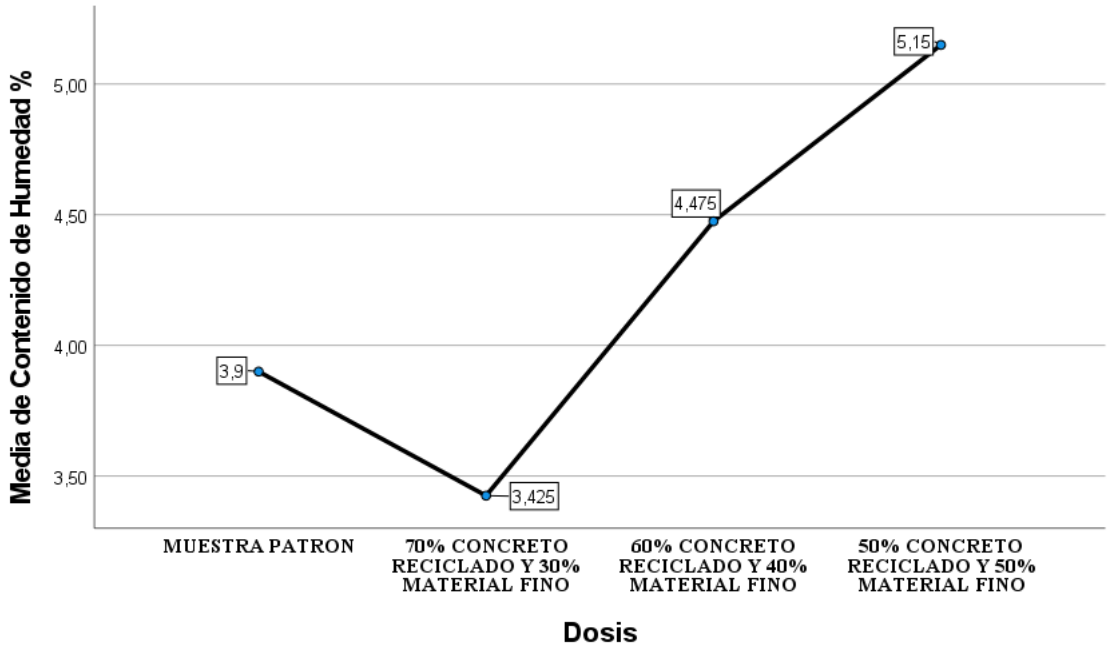
La muestra patrón (100 % material fino) presenta la menor DSM, con un valor medio de 1,936 g/cm³, lo que refleja su menor capacidad de compactación debido a la predominancia de partículas finas. Al incorporar concreto reciclado, se observa un incremento significativo: la mezcla 70 % CR – 30 % MF alcanza el valor máximo de 2,0935 g/cm³, seguido de la 60 % CR – 40 % MF con 2,0735 g/cm³. En contraste, la mezcla 50 % CR – 50 % MF disminuye a 2,0118 g/cm³, acercándose al de la muestra patrón. Esta tendencia indica que el agregado reciclado, al aportar partículas más gruesas y angulares, mejora notablemente la compactabilidad y la densidad seca máxima hasta una proporción óptima alrededor del 70 % CR – 30 % MF. A partir de ahí, el aumento

excesivo de finos plásticos reduce la eficiencia de compactación, generando mayor volumen de vacíos y menor densidad.

En relación con los objetivos del estudio, estos resultados confirman que las proporciones 70-30 y 60-40 optimizan la densidad seca máxima, alineándose con los requisitos del MTC y las NTP 339.141 para materiales granulares de alta calidad. La mezcla 50-50 muestra un desempeño inferior, lo que refuerza la recomendación de priorizar mezclas con mayor contenido de concreto reciclado para lograr mayor compactabilidad, estabilidad y sostenibilidad en capas granulares de infraestructura vial en Jaén, Cajamarca.

Figura 8

Media contenido de humedad %



Nota. elaboración propia.

La Figura 8. Del contenido óptimo de humedad (COH) obtenido del ensayo Proctor modificado muestra una tendencia en forma de V: un descenso inicial al incorporar concreto reciclado (CR) y un aumento progresivo al incrementar la proporción de material fino (MF).

La muestra patrón (100 % material fino) registra un COH de 3,9 %, valor intermedio que refleja su comportamiento típico de finos. Al añadir concreto reciclado, el COH disminuye notablemente en la mezcla 70 % CR – 30 % MF, alcanzando el mínimo de 3,425 %, lo que indica una mayor eficiencia de compactación con menor requerimiento de agua.

A partir de ahí, el COH aumenta al elevar el porcentaje de material fino: 4,475 % en la mezcla 60 % CR – 40 % MF y 5,15 % en la 50 % CR – 50 % MF. Este incremento refleja que los finos plásticos absorben más agua para lubricar las partículas y facilitar la compactación, elevando el contenido óptimo de humedad.

En relación con los objetivos del estudio, estos resultados confirman que las mezclas con mayor proporción de concreto reciclado (especialmente 70-30) optimizan el COH, reduciendo el consumo de agua en obra y mejorando la compactabilidad, lo que favorece su desempeño en campo. La tendencia ascendente en las mezclas con mayor MF subraya la necesidad de limitar esta fracción para evitar requerimientos excesivos de humedad. Así, las proporciones 70-30 y 60-40 se mantienen como las más favorables para garantizar una buena compactabilidad y cumplimiento de los requisitos normativos del MTC en capas granulares viales de Jaén, Cajamarca.

Tabla 16

Evaluación del desempeño estructural del material granular

Combinación CR–MF	Capacidad de soporte (CBR)	Compactación	Sensibilidad a humedad	Estabilidad granular	Desempeño estructural
70 % CR – 30 % MF	Muy alta	Alta	Baja	Alta	Excelente
60 % CR – 40 % MF	Alta	Media-alta	Media	Alta	Muy bueno
50 % CR – 50 % MF	Media	Media	Alta	Media	Bueno

Nota. Elaboración propia a partir de ensayos de laboratorio.

La Tabla 11 del desempeño de las mezclas de concreto reciclado (CR) y material fino (MF) se basa en parámetros clave como capacidad de soporte (CBR), compactación, sensibilidad a la humedad, estabilidad granular y desempeño estructural general, en relación con los requisitos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y las normas técnicas peruanas (NTP) para materiales granulares en capas de base y subbase.

La mezcla 70 % CR – 30 % MF destaca con un desempeño excelente, caracterizado por una capacidad de soporte muy alta (CBR superior), compactación alta, baja sensibilidad a la humedad, alta estabilidad granular y un comportamiento estructural óptimo. Esta proporción maximiza la resistencia al corte, la densificación y la durabilidad, cumpliendo ampliamente con los estándares normativos.

La mezcla 60 % CR – 40 % MF presenta un desempeño muy bueno, con capacidad de soporte alta, compactación media-alta, sensibilidad a la humedad media, estabilidad granular alta y un desempeño estructural sólido. Aunque ligeramente inferior a la anterior en la capacidad de compactación y resistencia, mantiene un equilibrio favorable y satisface los requisitos del MTC para aplicaciones en vías de tránsito medio.

En contraste, la mezcla 50 % CR – 50 % MF muestra un desempeño bueno, con capacidad de soporte media, compactación media, alta sensibilidad a la humedad, estabilidad granular media y un comportamiento estructural aceptable. El mayor contenido de finos plásticos incrementa la susceptibilidad a cambios volumétricos y reduce la eficiencia en condiciones de carga elevada, limitando su uso a subbases o vías secundarias.

Tabla 17

Selección de la proporción óptima para aplicación vial

Criterio de selección	Importancia	Proporción óptima
Mayor CBR	Alta	70 % CR – 30 % MF
Mejor compactación	Alta	70 % CR – 30 % MF
Menor demanda de humedad	Media	70 % CR – 30 % MF
Cumplimiento granulométrico	Alta	70 % CR – 30 % MF
Estabilidad estructural	Alta	70 % CR – 30 % MF

Nota. Elaboración propia a partir de ensayos de laboratorio.

La Tabla 12 el criterio de selección de la proporción óptima de mezcla entre concreto reciclado (CR) y material fino (MF) se fundamentó en la ponderación de parámetros clave para garantizar el cumplimiento de los requisitos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y las normas técnicas peruanas (NTP) en capas granulares viales. Los criterios evaluados y su importancia relativa fueron: mayor capacidad de soporte (CBR), mejor compactación (densidad seca máxima), menor demanda de humedad óptima, cumplimiento granulométrico y estabilidad estructural. Todos estos parámetros se consideraron de alta importancia, salvo la demanda de humedad, que se clasificó como media. En todos los criterios de alta importancia mayor en CBR, mejor compactación, cumplimiento granulométrico y estabilidad estructural, la proporción 70 % CR – 30 % MF obtuvo el mejor desempeño. Además, en el criterio de menor demanda de humedad (de importancia media), esta misma mezcla presentó el valor más bajo de humedad óptima. Por consiguiente, la proporción óptima seleccionada es 70 % de concreto reciclado y 30 % de material fino, ya que maximiza la resistencia mecánica, la capacidad de compactación, la estabilidad y el cumplimiento normativo, mientras minimiza los requerimientos de agua en campo.

Según la hipótesis de investigación: La mezcla de concreto reciclado con material fino presentará propiedades físicas y mecánicas compatibles con los requisitos establecidos por las normas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y ASTM, demostrando su viabilidad técnica para su aplicación en capas granulares de infraestructura vial en la ciudad de Jaén – Cajamarca, 2025.

Prueba de normalidad

Tabla 18

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Contenido de Humedad %	,276	4	.	,891	4	,389
Limite Liquido	,381	4	.	,796	4	,095
Limite Plástico	,266	4	.	,904	4	,449
Densidad seca	,277	4	.	,853	4	,235
CBR al 100% de MDS(0,1")	,200	4	.	,955	4	,746
CBR al 100% de MDS(0,2")	,226	4	.	,948	4	,703
CBR al 95% de MDS(0,1")	,193	4	.	,971	4	,848
CBR al 100% de MDS(0,2")	,250	4	.	,919	4	,534

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Procesamiento de datos en SPSS, data de los ensayos de mecánica de suelos.

Se priorizó la aplicación de la prueba de Shapiro-Wilk en muestras pequeñas comparada con la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Los resultados obtenidos mediante Shapiro-Wilk indicaron que, para todas las variables analizadas, los valores de significancia (p) superaron el umbral de 0,05, lo que permite no rechazar la hipótesis nula de normalidad. En particular, los p-valores oscilaron entre 0,095 (límite líquido) y 0,848 (CBR al 95% de MDS con penetración de 0,1"), mostrando una compatibilidad general con la distribución normal. La ausencia de evidencia suficiente para rechazar la normalidad habilita el uso de procedimientos estadísticos paramétricos, tales como análisis de varianza (ANOVA), según corresponda al diseño experimental empleado.

Prueba de homogeneidad de varianzas

Tabla 19

Pruebas de homogeneidad de varianzas contenido de humedad % y densidad seca

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Contenido de Humedad %	Se basa en la media	,451	3	12	,721
	Se basa en la mediana	,431	3	12	,734
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,431	3	11,799	,734
	Se basa en la media recortada	,451	3	12	,721
Densidad seca	Se basa en la media	60,715	3	12	,000
	Se basa en la mediana	51,869	3	12	,000
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	51,869	3	3,034	,004
	Se basa en la media recortada	60,587	3	12	,000

Nota. elaboración propia.

Se realizó la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para verificar el cumplimiento del supuesto de igualdad de varianzas en las variables de contenido de humedad (%) y densidad seca, previo al análisis de varianza. Para el contenido de humedad, los estadísticos de Levene basados en la media (0,451; p=0,721), la mediana (0,431; p=0,734), la mediana con grados de libertad ajustados (0,431; p=0,734) y la media recortada (0,451; p=0,721) presentaron valores de significancia superiores a 0,05, por lo que no se rechaza la hipótesis nula y se concluye que las varianzas son homogéneas entre los grupos. En contraste, para la densidad seca, los estadísticos de Levene basados en la media (60,715; p<0,001), la mediana (51,869; p<0,001), la mediana con grados de libertad ajustados (51,869; p=0,004) y la media recortada (60,587; p<0,001) mostraron significancia menor a 0,05, rechazándose la hipótesis nula y evidenciando que las varianzas no son homogéneas entre los grupos. Esta heterogeneidad de varianzas en la densidad seca sugiere la necesidad de considerar métodos alternativos robustos o transformaciones de datos en los análisis posteriores, mientras que la homogeneidad en el contenido de humedad permite proceder con confianza en procedimientos paramétricos.

Tabla 20

Pruebas de homogeneidad de varianzas en limite líquido y limite plástico

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Limite Liquido	Se basa en la media	4,947	3	9	,027
	Se basa en la mediana	,647	3	9	,604
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,647	3	3,050	,635
	Se basa en la media recortada	3,777	3	9	,053
Limite Plástico	Se basa en la media	$7{,}63 \times 10^{28}$	3	4	,000
	Se basa en la mediana	$7{,}63 \times 10^{28}$	3	4	,000
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	$7{,}63 \times 10^{28}$	3	1,000	,000
	Se basa en la media recortada	$8{,}48 \times 10^{27}$	3	4	,000

Nota. elaboración propia

Se realizó la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para evaluar el supuesto de igualdad de varianzas en las variables límite líquido y límite plástico, previo al análisis de varianza. Para el límite líquido, el estadístico basado en la media mostró una significancia de 0,027 ($p < 0,05$), lo que indica heterogeneidad de varianzas entre los grupos y lleva a rechazar la hipótesis nula. Sin embargo, los estadísticos basados en la mediana ($p=0,604$), mediana con grados de libertad ajustados ($p=0,635$) y media recortada ($p=0,053$) presentaron valores superiores a 0,05, sugiriendo que la heterogeneidad detectada podría no ser robusta y depender de la sensibilidad de la media a valores extremos. En contraste, para el límite plástico, todos los estadísticos de Levene (basados en la media, mediana, mediana con grados de libertad ajustados y media recortada) arrojaron valores de significancia de 0,000 ($p < 0,001$), rechazando claramente la hipótesis nula y confirmando una marcada heterogeneidad de varianzas entre los grupos. Estos resultados indican que, mientras el límite líquido presenta varianzas posiblemente homogéneas bajo criterios más robustos, el límite plástico exhibe una clara

falta de homogeneidad, lo que recomienda el uso de pruebas no paramétricas o correcciones robustas (como Welch) en los análisis posteriores para esta variable, a fin de garantizar la validez de las inferencias estadísticas en el estudio.

Prueba ANOVA

Tabla 21

Anova

Anova		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Contenido de Humedad %	Entre grupos	6,653	3	2,218	,607	,623
	Dentro de grupos	43,845	12	3,654		
	Total	50,498	15			
Limite Liquido	Entre grupos	69,405	3	23,135	,528	,674
	Dentro de grupos	394,685	9	43,854		
	Total	464,090	12			
Limite Plástico	Entre grupos	,508	3	,169	,705	,597
	Dentro de grupos	,961	4	,240		
	Total	1,469	7			
Densidad seca	Entre grupos	,060	3	,020	5,525	,013
	Dentro de grupos	,044	12	,004		
	Total	,104	15			

Nota. Fuente: procesamiento de datos en SPSS, data de los ensayos de mecánica de suelos

El análisis de varianza (ANOVA) aplicado a las propiedades geotécnicas de las mezclas permitió evaluar la hipótesis general del estudio. Los resultados mostraron que el contenido de humedad ($F = 0,607$; $p = 0,623$), el límite líquido ($F = 0,528$; $p = 0,674$) y el límite plástico ($F = 0,705$; $p = 0,597$) no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de mezclas ($p > 0,05$), por lo que se acepta la hipótesis nula en estas variables. En contraste, la densidad seca registró diferencias significativas ($F = 5,525$; $p = 0,013$), rechazándose la hipótesis nula. La incorporación de concreto reciclado con material fino mantiene estables la mayoría de las propiedades físicas evaluadas,

cumpliendo con los requisitos de las normas MTC y ASTM, salvo en la densidad seca, donde la proporción de la mezcla influye notablemente.

Prueba de hipótesis

Tabla 22

Comparaciones múltiples en contenido de humedad % y densidad seca

Comparaciones múltiples							
T de Dunnett (bilateral)[a]							
Variable dependiente	(I) Dosis	(J) Dosis	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Contenido de Humedad %	Muestra patrón	50% concreto reciclado y 50% material fino	-1,25000	1,35162	,687	-4,8762	2,3762
	70% concreto reciclado y 30% material fino	50% concreto reciclado y 50% material fino	-1,72500	1,35162	,465	-5,3512	1,9012
	60% concreto reciclado y 40% material fino	50% concreto reciclado y 50% material fino	-,67500	1,35162	,924	-4,3012	2,9512
Densidad seca	Muestra patrón	50% concreto reciclado y 50%	-,075750	,042668	,230	-,19022	,03872

	material fino					
70% concreto reciclado y 30% material fino	50% concreto reciclado y 50% material fino	,081750	,042668	,185	-,03272	,19622
60% concreto reciclado y 40% material fino	50% concreto reciclado y 50% material fino	,061750	,042668	,372	-,05272	,17622

a. Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como un control, y comparan todos los demás grupos con este.

Nota: Elaboración propia

Se realizó la prueba t de Dunnett (bilateral) para comparar las mezclas experimentales con la muestra patrón, con el fin de evaluar la hipótesis general del estudio: las mezclas de concreto reciclado con material fino presentan propiedades físicas compatibles con los requisitos normativos del MTC y ASTM para su uso en capas granulares viales en Jaén, Cajamarca, 2025. En contenido de humedad (%), las diferencias de medias respecto al patrón fueron -1,250 % (mezcla 50/50), -1,725 % (70/30) y -0,675 % (60/40), con significancias de 0,687, 0,465 y 0,924 ($p > 0,05$ en todos los casos). No se observan diferencias significativas, lo que confirma la compatibilidad de las mezclas con el patrón. En densidad seca, las diferencias fueron -0,07575 g/cm³ (50/50), +0,08175 g/cm³ (70/30) y +0,06175 g/cm³ (60/40), con significancias de 0,230, 0,185 y 0,372 ($p > 0,05$). Asimismo, no se detectan diferencias estadísticamente significativas respecto al patrón. Estos resultados permiten aceptar la hipótesis nula en ambas variables, demostrando que las mezclas evaluadas mantienen propiedades físicas similares a la muestra patrón y, por ende, son técnicamente viables para su aplicación en infraestructura vial, conforme a los estándares normativos.

Tabla 23

Comparaciones múltiples en limite líquido y limite plástico

T de Dunnett (bilateral)[a]

Variable dependiente	(I) Dosis	(J) Dosis	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Limite Liquido	Muestra patrón	50% concreto reciclado y 50% material fino	-5,53917	5,05781	,577	-19,7212	8,6428
	70% concreto reciclado y 30% material fino	50% concreto reciclado y 50% material fino	-1,58333	5,40703	,981	-16,7445	13,5779
	60% concreto reciclado y 40% material fino	50% concreto reciclado y 50% material fino	-,45333	5,40703	1,000	-15,6145	14,7079
Limite Plástico	Muestra patrón	50% concreto reciclado y 50% material fino	,57500	,49004	,564	-1,1978	2,3478
	70% concreto reciclado y 30% material fino	50% concreto reciclado y 50% material fino	,05500	,49004	,999	-1,7178	1,8278

60% concreto reciclado y 40% material fino	50% concreto reciclado y 50% material fino	-,05500	,49004	,999	-1,8278	1,7178

a. Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como un control, y comparan todos los demás grupos con este.

Nota. Elaboración propia

Se realizó la prueba t de Dunnett (bilateral) para comparar las mezclas experimentales con la muestra patrón, con el objetivo de evaluar la hipótesis general del estudio: las mezclas de concreto reciclado con material fino presentan propiedades físicas compatibles con los requisitos normativos del MTC y ASTM para su aplicación en capas granulares viales en Jaén, Cajamarca, 2025.

En límite líquido, las diferencias de medias respecto al patrón fueron: -5,539 % (mezcla 50/50), -1,583 % (70/30) y -0,453 % (60/40), con significancias de 0,577, 0,981 y 1,000, respectivamente (todas $p > 0,05$). No se observan diferencias estadísticamente significativas, lo que confirma que las mezclas mantienen valores de límite líquido similares al patrón. En límite plástico, las diferencias de medias fueron: +0,575 % (50/50), +0,055 % (70/30) y -0,055 % (60/40), con significancias de 0,564, 0,999 y 0,999 (todas $p > 0,05$). Asimismo, no se detectan diferencias significativas respecto al patrón.

IV. DISCUSIÓN

La presente investigación permitió analizar de manera integral el comportamiento del material de subbase producido a partir de la combinación de concreto reciclado y material fino, evaluando sus propiedades físicas y mecánicas bajo criterios propios de la mecánica de suelos y conforme a la normativa técnica vigente. La discusión de los resultados se desarrolló relacionando los hallazgos obtenidos con los fundamentos teóricos y con investigaciones previas, con el propósito de validar su consistencia técnica, identificar coincidencias y discrepancias, y establecer el alcance de su aplicación en infraestructura vial urbana y rural.

Desde el punto de vista granulométrico, los resultados evidenciaron que las combinaciones con mayor proporción de concreto reciclado presentaron una distribución de partículas más favorable para su desempeño como material granular. Este comportamiento puede explicarse por la presencia predominante de partículas gruesas con formas angulares provenientes del concreto reciclado, las cuales favorecieron el interbloqueo mecánico y la estabilidad estructural del material. Este hallazgo coincide con lo reportado por Rajczakowska et al., (2025) y Rui et al., (2025) quienes señalaron que los materiales reciclados, cuando son adecuadamente procesados y dosificados, contribuyen a mejorar la estructura interna de los sistemas granulares, actuando como elementos de soporte y relleno que optimizan la compacidad del material.

Asimismo, la investigación de Rui et al., (2025) destacó que la incorporación controlada de agregados reciclados finos permite mejorar la redistribución de esfuerzos dentro del material granular, siempre que se mantenga una proporción

adecuada que evite la acumulación excesiva de finos. Este planteamiento guarda relación directa con los resultados obtenidos en la presente investigación, donde la combinación 50 % concreto reciclado – 50 % material fino mostró un comportamiento menos favorable en términos granulométricos, evidenciando que un incremento excesivo de finos puede afectar negativamente la estabilidad del material, a pesar de cumplir parcialmente con los requisitos normativos.

En relación con los parámetros de compactación, los resultados obtenidos demostraron que la densidad seca máxima alcanzada por el material granular disminuyó progresivamente a medida que se incrementó el contenido de material fino. Este comportamiento se encuentra respaldado por los principios de la mecánica de suelos, los cuales establecen que un aumento en la fracción fina incrementa la superficie específica del material, generando una mayor demanda de agua y reduciendo la eficiencia del empaquetamiento granular. En este sentido, la combinación 70 % concreto reciclado – 30 % material fino presentó la mayor densidad seca máxima, lo que evidencia una estructura granular más estable y eficiente.

Estos resultados son coherentes con lo señalado por Khanapur et al., (2025) quienes identificaron que el comportamiento físico de los agregados reciclados finos está fuertemente influenciado por su porosidad y contenido de humedad, destacando la importancia de controlar estos factores para optimizar la compactación del material. En la presente investigación, la menor humedad óptima asociada a la mezcla con mayor contenido de concreto reciclado confirma que una adecuada proporción de partículas gruesas permite reducir la demanda de agua y mejorar el proceso de compactación, favoreciendo un mejor desempeño estructural.

Por otro lado, el ensayo CBR constituyó un indicador clave para evaluar la capacidad portante del material granular resultante. Los valores obtenidos evidenciaron una relación directa entre el contenido de concreto reciclado y la capacidad de soporte del material, observándose que las mezclas con mayor proporción de agregado reciclado alcanzaron valores significativamente superiores a los mínimos exigidos por la normativa del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Este comportamiento se explica por la mayor resistencia inherente de las partículas de concreto reciclado, las cuales actúan como elementos estructurales capaces de soportar mayores cargas cuando se encuentran adecuadamente compactadas.

Los resultados obtenidos coinciden con los hallazgos reportados por Ma et al., (2025) quienes concluyeron que los materiales granulares que incorporan altos porcentajes de concreto reciclado presentan características mecánicas compatibles con los requisitos técnicos para aplicaciones viales. De manera similar, Figueroa, (2025) evidenció que el uso de concreto reciclado en capas granulares no solo cumple con los parámetros técnicos exigidos, sino que además puede generar beneficios económicos asociados a la reducción de costos de producción.

Desde una perspectiva ambiental, los resultados de la presente investigación se alinean con lo reportado por Randall et al., (2023) quienes demostraron que la incorporación de materiales reciclados en infraestructura vial contribuye significativamente a la reducción del impacto ambiental, particularmente en términos de emisiones de gases de efecto invernadero y consumo de recursos naturales. Si bien

el presente estudio no desarrolló un análisis de ciclo de vida, los resultados técnicos obtenidos respaldan la viabilidad de utilizar concreto reciclado como insumo principal en la producción de material de subbase, lo cual constituye un aporte relevante para el desarrollo de soluciones sostenibles en el sector vial.

Cabe destacar que la identificación de una proporción óptima de combinación resultó fundamental para garantizar el desempeño estructural del material. Los resultados evidenciaron que, si bien todas las combinaciones evaluadas cumplieron con los requisitos mínimos de capacidad portante, la mezcla 70 % concreto reciclado – 30 % material fino presentó el mejor comportamiento integral, destacando en términos de compactación, estabilidad granulométrica y capacidad de soporte. Este hallazgo coincide con lo reportado por Ledezma & Yauri, (2023), quienes señalaron que el uso de materiales reciclados finos debe realizarse en proporciones moderadas para evitar efectos adversos sobre el desempeño mecánico del material granular.

En cuanto a las posibles discrepancias con estudios previos, se observa que algunas investigaciones reportan resultados favorables con porcentajes mayores de material fino reciclado; sin embargo, dichas investigaciones suelen considerar contextos específicos, condiciones de ensayo distintas o materiales con características particulares. En el caso de la presente investigación, los resultados reflejan las condiciones propias del material evaluado y del contexto local de la ciudad de Jaén, por lo que las conclusiones obtenidas deben interpretarse dentro de este marco.

Respecto a las limitaciones del estudio, se reconoce que la investigación se desarrolló a nivel de laboratorio, lo cual implica que los resultados obtenidos

representan el comportamiento del material bajo condiciones controladas. No se evaluó el desempeño del material en condiciones de campo ni bajo cargas repetidas de tránsito, lo que limita la extrapolación directa de los resultados a escenarios reales de servicio. Asimismo, no se consideraron variaciones en la procedencia del concreto reciclado, lo cual podría influir en las propiedades del material granular resultante.

A pesar de estas limitaciones, los resultados obtenidos permiten afirmar que el uso de concreto reciclado combinado con material fino constituye una alternativa técnica viable para la producción de material de subbase, siempre que se controle adecuadamente la proporción de los componentes. La investigación aporta evidencia experimental que respalda la aplicabilidad de este tipo de material en infraestructura vial urbana y rural, contribuyendo al aprovechamiento de residuos de construcción y demolición y a la promoción de prácticas sostenibles en el sector de la construcción.

Finalmente, los hallazgos obtenidos abren la posibilidad de desarrollar investigaciones complementarias orientadas a evaluar el comportamiento del material en condiciones reales de servicio, analizar su desempeño a largo plazo y considerar variables adicionales, como la durabilidad frente a ciclos de humedad y carga. De este modo, los resultados de la presente investigación pueden ser escalados y adaptados a otros contextos, fortaleciendo la base técnica para la implementación de materiales reciclados en infraestructura vial.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.Conclusiones

1. Se determinó que es técnicamente viable utilizar concreto reciclado mezclado con material fino como material de subbase vial, ya que las combinaciones evaluadas cumplieron con los requisitos establecidos por las normas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y normas técnicas complementarias, especialmente en términos de capacidad portante, granulometría y resistencia al desgaste.

2. El procesamiento de residuos de concreto provenientes de demoliciones permitió obtener un agregado reciclado de adecuada calidad, con baja presencia de contaminantes, buena resistencia a la abrasión y clasificación geotécnica favorable (GP–GM y A-1-a/A-1-b), lo cual confirma su aptitud para su uso en capas granulares de infraestructura vial.

3. El material fino seleccionado presentó baja plasticidad, adecuada compactabilidad y buen nivel de limpieza, cumpliendo con los límites establecidos por la normativa vigente, lo que lo convierte en un componente compatible y adecuado para su combinación con agregado reciclado en mezclas granulares.

4. Se comprobó que el comportamiento del material granular depende directamente de la proporción de mezcla, observándose que a mayor contenido de concreto reciclado, mejores son las propiedades mecánicas, especialmente en términos de densidad seca máxima y capacidad de soporte (CBR).

5. Las propiedades físicas y mecánicas evaluadas mediante ensayos de laboratorio (granulometría, Proctor Modificado, equivalente de arena, abrasión Los Ángeles y CBR) demostraron que las mezclas estudiadas presentan un desempeño estructural adecuado para su aplicación como subbase, cumpliendo con los parámetros exigidos por la normativa vial.

6. Se identificó que la proporción 70 % concreto reciclado – 30 % material fino es la más adecuada, ya que presenta el mejor desempeño global, caracterizado por mayor densidad seca máxima, menor contenido óptimo de humedad, mayor capacidad portante y cumplimiento total de los requisitos normativos, siendo la alternativa más eficiente para su aplicación en infraestructura vial urbana y rural.

5.2.Recomendaciones

1. Se recomienda promover el uso de mezclas de concreto reciclado con material fino como alternativa técnica en capas de subbase vial, incorporándolas progresivamente en proyectos de infraestructura urbana y rural, en concordancia con la normativa del MTC, a fin de fomentar soluciones sostenibles en el sector construcción.

2. Se sugiere optimizar los procesos de recolección y procesamiento de residuos de concreto, garantizando la eliminación de contaminantes y una adecuada trituración y clasificación granulométrica, con el propósito de obtener agregados reciclados de calidad aptos para su aplicación en capas granulares.

3. Es recomendable realizar una adecuada selección y caracterización del material fino, verificando sus propiedades físicas, especialmente su plasticidad y limpieza, para asegurar su compatibilidad con el agregado reciclado y evitar efectos negativos en el comportamiento mecánico de la mezcla.

4. Se recomienda evaluar y controlar cuidadosamente las proporciones de mezcla entre concreto reciclado y material fino, priorizando combinaciones con mayor contenido de agregado reciclado, ya que estas presentan mejores resultados en términos de compactación, estabilidad y capacidad portante.

5. Se sugiere aplicar de manera rigurosa los ensayos de laboratorio establecidos en la mecánica de suelos (granulometría, Proctor, equivalente de arena, abrasión Los Ángeles y CBR), siguiendo las normas del MTC y ASTM, a fin de garantizar que los materiales cumplan con los requisitos técnicos exigidos para su uso en subbase vial.

6. Finalmente, se recomienda adoptar como proporción óptima la mezcla 70 % concreto reciclado – 30 % material fino, debido a su mejor desempeño estructural, y validar su comportamiento mediante estudios complementarios en campo, evaluando su durabilidad y respuesta ante condiciones reales de carga y humedad.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia Internacional de Residuos Urbanos. (2024). *Gestión de residuos sólidos*. AIUR. https://unhabitat.org/topic/solid-waste-management

Alberca, R., & Chinguel, W. (2023). Influencia de las macrofibras en la resistencia a comprensión del concreto fc 210 km/cm2 Jaén. *Universidad Nacional de Jaen*, 1–127. https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/521

Ashraf, M. W., Tu, Y., Khan, A., Siddiqui, A. S., Mubarak, S., Sufian, M., Ullah, S., & Wang, C. (2025). Experimental and explainable machine learning based investigation of the coal bottom ash replacement in sustainable concrete production. *Journal of Building Engineering*, *104*(June), 1–10. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.112367

Asprilla, E., García, D., Mosquera, Y., & Gil, D. (2021). Estimación del módulo de elasticidad de concretos modificados con PET, RCD, residuos de vidrio y residuos de llantas: una revisión sistemática de literatura. *Universidad Cooperativa de Colombia*.

Balmaceda, H. (2021). *Análisis de ciclo de vida comparativo entre el uso de concreto convencional y alternativas de concreto reciclado*. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Chen, Z., & Xiao, J. (2025). Fire-insulation properties of recycled aggregate concrete , its application in composite concrete structures , and concrete-concrete interface effects : a review. *Journal of Building Engineering*, *April*, 1–7. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.112681

Chuye, F. (2023). *Estudio del comportamiento del mortero elaborado con agregado fino procedente de concreto reciclado y adición de aserrín calcinado, San José, Lambayeque*. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

Cohaila, J., & Gomez, K. (2023). Implementación de un asistente virtual estructural para automatizar el análisis sísmico de un edificio multifamiliar utilizando inteligencia artificial. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/669963

Cubas, J., & Manay, L. (2021). Mejoramiento de subrasante para pavimento industrial de tránsito pesado utilizando escoria metálica, en Estacionamiento vehicular avenida circunvalación – Jaén – Cajamarca 2021. In *Universidad Cesar Vallejo*.

Figueroa, F. (2025). *Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno*.

Gabryelle, A., Melo, O., Mendes, S., Lopes, L., Ziegler, C., & Barto, G. (2022). Influence of particle size selection methods on asphalt mixtures produced with lateritic aggregates. *Construction and Building Materials*, *314*(January), 1–9. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125201

Gonzales, J. (2023). *Análisis comparativo entre el concreto patrón f´c= 210 kg/cm2 y el concreto elaborado con agregado grueso reciclado de probetas fracturadas en la planta dosificadora de concreto Conarena - Cusco*. Universidad Continental.

Hsiung, B. C. B., & Prakasa, M. D. A. (2025). Innovative use of air-cooled blast furnace slag as a subgrade material for embedded track slabs: In situ and laboratory tests and simulations. *Results in Engineering*, *25*(January), 103899. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103899

Jaramillo, D., & Rios, D. (2023). Propuesta de concreto con agregado grueso y fino de concreto reciclado para pavimentos especiales con f'c = 210 Kg/cm^2 para zonas costeras en Lima Metropolitana. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas*, 1–120.

Khanapur, N., Pradhan, S., Chandra, T., & Tripathi, B. (2025). Aggregate presaturation

and concrete mixing technique for upscaling the use of fine recycled concrete aggregate. *Results in Engineering*, *26*(June), 1–34. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.105093

Ledezma, F., & Yauri, W. (2023). Diseño de mezcla del concreto para elaboración de adoquines con material reciclado de neumáticos en la provincia de Huancavelica. *Revista Científica Ciencias Ingenieriles*, *3*(1), 51–62. https://doi.org/10.54943/ricci.v3i1.224

Li, S. (2025). Design of Metaverse Digital Technology Optimization Model Based on Artificial Intelligence Technology. *Procedia Computer Science*, *259*, 977–983. https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.04.051

Liu, X., Chen, X., Li, H., Zhang, A., Li, L., Tian, B., & Ge, Y. (2025). Air-void characteristics and freeze-thaw cycling resistance of air-entrained concrete under low atmospheric pressure of highland regions. *Journal of Building Engineering*, *106*(July), 1–8. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.112629

Ma, Z., Wu, Y., Fang, K., Zhang, Y., & Wang, C. (2025). Developing fully recycled alkali-activated mortar made with waste concrete fines as a substitute for both binder and sand: Multi-properties evaluation. *Construction and Building Materials*, *477*(May), 1–9. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.141323

Montero, J., & Salinas, A. (2020). Efecto de la fibra de plástico reciclado (PET) sobre la resistencia a compresión y absorción del ladrillo de concreto. *Universidad Cesar Vallejo*, 117.

Rajabi, A. M., Ghorashi, S., & Mahdavi, M. (2023). Effect of freezing soil temperatures on strength parameters of clayey sand soils stabilized by poly propylene and poly vinyl alcohol fibers. *Cold Regions Science and Technology*, *208*(February), 103797. https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2023.103797

Rajczakowska, M., Kothari, A., Buasiri, T., & Cwirzen, A. (2025). Recycled and mechanically activated concrete fines as a complete substitute for Portland cement − Feasibility and life cycle assessment. *Case Studies in Construction Materials*, *22*(July). https://doi.org/10.1016/j.cscm.2025.e04798

Randall, M., Villareal, R., & Puga, K. (2023). Evaluación del concreto con vidrio reciclado molido como reemplazo parcial del agregado fino. *Rev8sta de Tecnolpogico*, 1–20. https://portal.amelica.org/ameli/journal/339/3394328010/html/?utm_source=chatgpt.com

Rui, M., Liang, Z., Jing, W., Feng, Y., Han, Z., Xiao, H., Nong, Y., & Xiang, J. (2025). Hybrid-fiber-reinforced strain-hardening ultra-high-performance concrete (SH-UHPC) with recycled fine aggregates. *Ase Studies in Construction Materials*, *22*(July), 1–31. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cscm.2025.e04869

Song, B., Song, S., Liao, Z., & Wang, C. L. (2025). Experimental study on the in-plane shear performance of precast concrete slabs with wide and narrow joints. *Structures*, *75*(May), 1–8. https://doi.org/10.1016/j.istruc.2025.108680

Wang, Y., Liu, Y., Surahman, R., & Zhao, X. (2025). Color and mechanical property degradation of blue concrete under freeze-thaw cycles: An experimental study. *Cold Regions Science and Technology*, *236*(August), 1–6. https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2025.104515

Yaghoubi, E., Al-taie, A., Mahdi, D., Sam, F., Maurice, G., & Ernie, G. (2023). Cement and fly ash-treated recycled aggregate blends for backfilling trenches in trafficable areas. *Transportation Geotechnics*, *42*(September), 1–37. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2023.101091

Zea, J., López, A., Hernández, D., Mandujano, J., & Cabrera, J. (2023). Performance of

the addition of cane bagasse ash as a filler to produce self- compacting concrete. *Revista ALCONPAT*, *3*(1), 161–176.

DEDICATORIA

Dedicamos el presente trabajo de investigación, en primer lugar, a Dios, por brindarnos salud, fortaleza y perseverancia para culminar este importante objetivo académico.

A mis padres, por su apoyo incondicional, sus consejos y el esfuerzo constante que me han brindado a lo largo de mi formación profesional, siendo un pilar fundamental en cada etapa de mi vida. Finalmente, dedicamos este trabajo a todas aquellas personas que, directa o indirectamente, contribuyeron con palabras de aliento y motivación para lograr la culminación de esta tesis.

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro sincero agradecimiento a nuestro asesor de tesis, por su orientación, dedicación y valiosos aportes académicos, los cuales fueron fundamentales para el desarrollo y culminación del presente trabajo de investigación. Asimismo, agradecemos a la institución y al laboratorio donde se realizaron los ensayos correspondientes, por facilitar los ambientes, equipos y materiales necesarios para la ejecución de la investigación. De manera especial, agradecemos a mis docentes de la carrera profesional, quienes, a través de sus enseñanzas y experiencia, contribuyeron a fortalecer mi formación académica y profesional. Finalmente, agradecemos a mi familia y a todas las personas que me brindaron su apoyo moral y motivación constante durante el desarrollo de esta tesis.

ANEXOS

F&M
Engineering and Construction S.A.C.
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

INFORME TÉCNICO
N° 0020 – 2025 –F&M/T

PROYECTO:

"PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".

UBICACION:

DEPARTAMENTO : CAJAMARCA
PROVINCIA : JAÉN
DISTRITO : JAÉN

SOLICITANTES:

CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR
SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO

ESPECIALISTA:

MINEYER HERNANDEZ ARCA
REG. C.I.P. 152285

Indecopi

SETIEMBRE - 2025

ISO 9001

ÍNDICE

I. GENERALIDADES 3
1.1. OBJETIVOS 3
1.2. UBICACIÓN. 3
1.3. NORMATIVIDAD VIGENTE 4
1.4. REQUERIMIENTOS GENERALES 4
II. TRABAJO DE LABORATORIO 6
2.1. ENSAYOS ESTÁNDAR 6
2.2. ENSAYOS ESPECIALES 6
III. RESULTADOS DE LABORATORIO 7
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 11
ANEXOS 12
ANEXO I: ENSAYO DE LABORATORIO 13
ANEXO II: CERTIFICADOS 58

F&M
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

I. GENERALIDADES

1.1. OBJETIVOS

El presente Informe Técnico de laboratorio: "F&M Engineering and Construction S.A.C", tiene como objetivo reportar los resultados de la evaluación técnica del concreto reciclado mezclado con material fino como material de subbase granular

1.2. UBICACIÓN.

Distrito de Jaén, de la provincia de Jaén del departamento de Cajamarca.

ILUSTRACIÓN 1: MAPA DE UBICACIÓN DEPARTAMENTAL - PROVINCIAL.

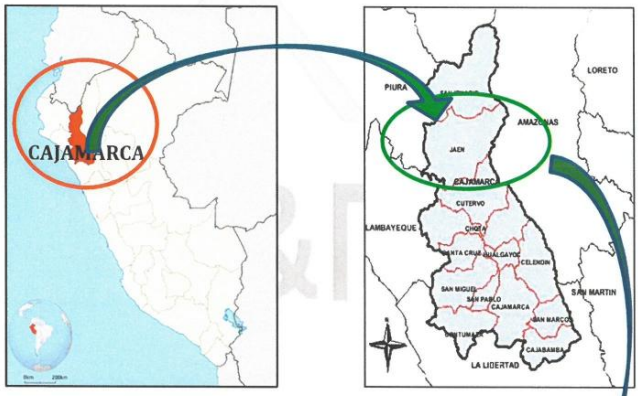


ILUSTRACIÓN 2: MAPA DE UBICACIÓN DISTRITAL.



MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

1.3. NORMATIVIDAD VIGENTE.

Las normas vigentes a las que se tienen como referencia para realizar este informe son las siguientes:

- ✓ Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos - Sección Suelos y Pavimentos, aprobado mediante R.D.N"10-2014-MTC/14 (09.04.2014).
- ✓ Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013) aprobada mediante R.D. N°03-2013-MTC/14,
- ✓ Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2016), aprobado mediante R.D. No18-2016-MTC/14(03.06.2016).
- ✓ Normas American Society Testing of Materials (ASTM) y American Associate of State Highway transportation officials (AASHTO).
- ✓ Normas Técnicas Peruanas (NTP).
- ✓ AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993.

1.4. REQUERIMIENTOS GENERALES

La información presentada en este documento ha sido elaborada en base a un análisis técnico especializado, considerando factores relevantes como los procedimientos de muestreo, las condiciones operativas de la cantera, la viabilidad del prezarandeo del material antes de su carguío, así como la logística para garantizar un abastecimiento oportuno durante la ejecución del proyecto.

De acuerdo con los lineamientos establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) para el uso de Subbase Granular, el material deberá ajustarse a una serie de especificaciones técnicas que aseguren su desempeño adecuado como base granular. Estas especificaciones incluyen criterios de calidad relacionados con la granulometría, plasticidad, contenido de partículas finas, soporte estructural (CBR), entre otros parámetros definidos en la normativa vigente.

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

USO: SUBBASE GRANULAR

Para subbase granular se deberá cumplir los siguientes requerimientos:

Requerimientos Granulométricos para Subbase Granular

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A (1)	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm. (2")	100	100	-	-
25 mm. (1")	-	75-95	100	100
9,5 mm.($^3/_8$ ")	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 µm. (N.º 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm. (N.º 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Fuente: Manual de carreteras, especificaciones generales para la construcción 2013 tabla 402-01

Requerimientos de Ensayos Especiales

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento	
				< 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	50 % máx.	50 % máx.
CBR (1)	MTC E 132	D 1883	T 193	40 % mín.	40 % mín.
Límite Líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	25% máx.	25% máx.
Índice de Plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 90	6% máx.	4% máx.
Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	25% mín.	35% mín.
Sales Solubles	MTC E 219	-.-	-.-	1% máx.	1% máx.
Partículas Chatas y Alargadas	-.-	D 4791	-.-	20% máx.	20% máx.

Fuente: Manual de carreteras, especificaciones generales para la construcción 2013 tabla 402-02

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

II. TRABAJO DE LABORATORIO

2.1. ENSAYOS ESTÁNDAR

- ✓ Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422, MTC E 107.
- ✓ Límite Líquido Malla N° 40 ASTM D-4318, MTC E 110.
- ✓ Límite Plástico Malla N° 40 ASTM D-4318, MTC E 111.
- ✓ Clasificación SUCS ASTM D-2487
- ✓ Clasificación de Suelos AASHTO M-145, ASTM D-3282
- ✓ Contenido Sales Solubles Totales, MTC E 219.

2.2. ENSAYOS ESPECIALES

- ✓ California Bearing Ratio (CBR) ASTM D-1883, MTC E 132.
- ✓ Ensayo de Abrasión Los Ángeles ASTM C-131, MTC E 207.
- ✓ Equivalente de Arena ASTM D-2419, MTC E 114.
- ✓ Proctor Modificado ASTM D-1557, MTC E 115.

Los ensayos se ejecutaron en el laboratorio F&M S.A.C., bajo supervisión directa del ingeniero especialista en suelos y pavimentos. Los resultados se detallan en los anexos correspondientes del documento.

Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

III. RESULTADOS DE LABORATORIO

MUESTRA PATRÓN

Tabla 01: Resumen de ensayos de laboratorio

ENSAYOS DE LABORATORIO	CANTERA ARENERA JAÉN
Gradación	B
Límite Líquido	23
Límite Plástico	19
Índice De Plasticidad	4
Contenido De Humedad (%)	6.1
Clasificación ASSHTO	A-1-b (0)
Clasificación SUCS	GM - GC
Densidad Seca Máxima (G/Cm³)	2.074
Óptimo Contenido De Humedad (%)	4.03
Capacidad De Soporte (CBR) 100% M.D.S.	50.29
Capacidad De Soporte (CBR) 95% M.D.S.	35.42
Equivalente De Arena (%)	26
Desgaste De Abrasión (%)	30
Contenido De Sales Solubles Totales (%)	0.05

Tabla 02: Requerimientos Granulométricos– Comparativo de resultados.

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA EN PESO		
	Gradación B	RESULTADOS	OBSERVACIONES
50 mm (2")	100%	**100%**	Cumple
25 mm (1")	75-95%	**87.3%**	Cumple
9,5 mm (3/8")	40-75%	**60.3%**	Cumple
4,75 mm (N°4)	30-60%	**46.4%**	Cumple
2,0 mm (N°10)	20-45%	**42.3%**	Cumple
425 um (N°40)	15-30%	**34.1%**	No Cumple
72 um (N°200)	5-15%	**22.6%**	No Cumple

Tabla 03: Requerimientos de Ensayos Especiales – Comparativo de resultados

Ensayo	Resultados	Requerimientos	Observaciones
Abrasión Los Ángeles	30	50 % máx.	Cumple
CBR (100% M.D.S.)	50.29	40 % mín.	Cumple
Límite Líquido	23	25 % máx.	Cumple
Índice de Plasticidad	4	6 % máx.	Cumple
Equivalente de Arena	26	25 % mín.	Cumple
Sales Solubles Totales	0.05	1% máx.	Cumple

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

70% CONCRETO RECICLADO Y 30% MATERIAL FINO

Tabla 04: Resumen de ensayos de laboratorio

ENSAYOS DE LABORATORIO	COMBINACIÓN
Gradación	B
Límite Líquido	22
Límite Plástico	19
Índice De Plasticidad	3
Contenido De Humedad (%)	3.9
Clasificación ASSHTO	A-1-b (0)
Clasificación SUCS	GP - GM
Densidad Seca Máxima (G/Cm^3)	2.131
Óptimo Contenido De Humedad (%)	3.09
Capacidad De Soporte (CBR) 100% M.D.S.	84.27
Capacidad De Soporte (CBR) 95% M.D.S.	77.74
Equivalente De Arena (%)	26
Desgaste De Abrasión (%)	25
Contenido De Sales Solubles Totales (%)	0.04

Tabla 05: Requerimientos Granulométricos– Comparativo de resultados.

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA EN PESO		
	Gradación B	RESULTADOS	OBSERVACIONES
50 mm (2")	100%	**100%**	Cumple
25 mm (1")	75-95%	**84.0%**	Cumple
9,5 mm (3/8")	40-75%	**51.3%**	Cumple
4,75 mm (N°4)	30-60%	**34.6%**	Cumple
2,0 mm (N°10)	20-45%	**28.5%**	Cumple
425 um (N°40)	15-30%	**20.8%**	Cumple
72 um (N°200)	5-15%	**8.6%**	Cumple

Tabla 06: Requerimientos de Ensayos Especiales – Comparativo de resultados

Ensayo	Resultados	Requerimientos	Observaciones
Abrasión Los Ángeles	25	50 % máx.	Cumple
CBR (100% M.D.S.)	84.27	40 % mín.	Cumple
Límite Líquido	22	25 % máx.	Cumple
Índice de Plasticidad	3	6 % máx.	Cumple
Equivalente de Arena	26	25 % mín.	Cumple
Sales Solubles Totales	0.04	1% máx.	Cumple

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

60% CONCRETO RECICLADO Y 40% MATERIAL FINO

Tabla 07: Resumen de ensayos de laboratorio

ENSAYOS DE LABORATORIO	COMBINACIÓN
Gradación	B
Límite Líquido	23
Límite Plástico	19
Índice De Plasticidad	4
Contenido De Humedad (%)	4.2
Clasificación ASSHTO	A-1-b (0)
Clasificación SUCS	GP - GM
Densidad Seca Máxima (G/Cm³)	2.100
Óptimo Contenido De Humedad (%)	4.36
Capacidad De Soporte (CBR) 100% M.D.S.	77.20
Capacidad De Soporte (CBR) 95% M.D.S.	66.42
Equivalente De Arena (%)	26
Desgaste De Abrasión (%)	25
Contenido De Sales Solubles Totales (%)	0.04

Tabla 08: Requerimientos Granulométricos– Comparativo de resultados.

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA EN PESO		
	Gradación B	RESULTADOS	OBSERVACIONES
50 mm (2")	100%	**100%**	Cumple
25 mm (1")	75-95%	**86.0%**	Cumple
9,5 mm (3/8")	40-75%	**59.0%**	Cumple
4,75 mm (N°4)	30-60%	**43.5%**	Cumple
2,0 mm (N°10)	20-45%	**37.1%**	Cumple
425 um (N°40)	15-30%	**26.2%**	Cumple
72 um (N°200)	5-15%	**10.7%**	Cumple

Tabla 09: Requerimientos de Ensayos Especiales – Comparativo de resultados

Ensayo	Resultados	Requerimientos	Observaciones
Abrasión Los Ángeles	25	50 % máx.	Cumple
CBR (100% M.D.S.)	77.20	40 % mín.	Cumple
Límite Líquido	23	25 % máx.	Cumple
Índice de Plasticidad	4	6 % máx.	Cumple
Equivalente de Arena	26	25 % mín.	Cumple
Sales Solubles Totales	0.04	1% máx.	Cumple

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

50% CONCRETO RECICLADO Y 50% MATERIAL FINO

Tabla 10: Resumen de ensayos de laboratorio

ENSAYOS DE LABORATORIO	COMBINACIÓN
Gradación	B
Límite Líquido	23
Límite Plástico	19
Índice De Plasticidad	4
Contenido De Humedad (%)	4.9
Clasificación ASSHTO	A-1-b (0)
Clasificación SUCS	GC - GM
Densidad Seca Máxima (G/Cm³)	2.028
Óptimo Contenido De Humedad (%)	5.40
Capacidad De Soporte (CBR) 100% M.D.S.	68.13
Capacidad De Soporte (CBR) 95% M.D.S.	48.17
Equivalente De Arena (%)	27
Desgaste De Abrasión (%)	25
Contenido De Sales Solubles Totales (%)	0.04

Tabla 11: Requerimientos Granulométricos– Comparativo de resultados.

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA EN PESO		
	Gradación B	RESULTADOS	OBSERVACIONES
50 mm (2")	100%	**100%**	Cumple
25 mm (1")	75-95%	**86.7%**	Cumple
9,5 mm (3/8")	40-75%	**65.6%**	Cumple
4,75 mm (N°4)	30-60%	**53.2%**	Cumple
2,0 mm (N°10)	20-45%	**46.1%**	No Cumple
425 um (N°40)	15-30%	**33.4%**	No Cumple
72 um (N°200)	5-15%	**13.8%**	Cumple

Tabla 12: Requerimientos de Ensayos Especiales – Comparativo de resultados

Ensayo	Resultados	Requerimientos	Observaciones
Abrasión Los Ángeles	25	50 % máx.	Cumple
CBR (100% M.D.S.)	68.13	40 % mín.	Cumple
Límite Líquido	23	25 % máx.	Cumple
Índice de Plasticidad	4	6 % máx.	Cumple
Equivalente de Arena	27	25 % mín.	Cumple
Sales Solubles Totales	0.04	1% máx.	Cumple

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El presente informe técnico realizado por "F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTIÓN", corresponde a ensayados de laboratorio, para el proyecto de tesis: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".
- Los ensayos de laboratorio se realizaron sobre las muestras entregadas por el solicitante, correspondientes a un (01) punto de exploración.
- Los resultados y conclusiones indicados en el presente informe, deberán ser usados únicamente para el área investigada, no siendo válida la aplicación en otras zonas. Cualquier intervención posterior o uso de esta información fuera del uso de la zona evaluada queda bajo la responsabilidad del ejecutor.
- La empresa es responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto la información suministrada por el cliente.

F&M
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ANEXOS

Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ANEXO I: ENSAYO DE LABORATORIO

Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

MUESTRA PATRÓN

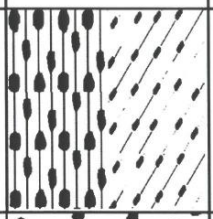
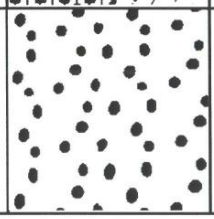
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**MUESTRADO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**NIVEL FREÁTICO**	: NO PRESENTA
F. DE EXCAVACIÓN	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET-2025
F. DE MUESTRO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 1 de 1

REPORTE DE CLASIFICACIÓN

ÍTEM	NTP	NOMBRE	NOMENCLATURA	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN VISUAL (IN - SITU)
1	339.134 (2019)	SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema unificado de clasificación de suelos,SUCS)	GC - GM		Grava limo arcillosa
2	339.135 (2019)	SUELOS. Método para la clasificación de suelos para uso en vías de transporte	A-1-a (0)		Fragmentos de piedra, grava y arena

OBSERVACIONES:

* Muestreo realizado por el solicitante
* Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo
* En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió
* El laboratorio es responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto la información suministrada por el cliente

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**ENSAYO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET-2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE EMISIÓN**	: SET-2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 1 de 3

SUELOS.MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

NTP 339.127.1998 (revisada el 2019)

DATOS DE ENSAYO	*Und*	CONTENIDO DE HUMEDAD			
Cantera	.....	ARENERA JAÉN			
Muestra	.....	PATRÓN			
N° de Exploración	.....	1			
Coordenadas UTM	*m*	Este:	---	Norte:	---
Profundidad	*m*	---			
N° de tara	.....	10,30		10,27	
Tara + Suelo Húmedo	*g*	5649,1		4629,9	
Tara + Suelo Seco	*g*	5340,3		4385,0	
Masa de Agua	*g*	**308,8**		**244,9**	
Masa de Tara	*g*	291,0		291,4	
Masa del Suelo Seco	*g*	**5049,3**		**4093,6**	
Porcentaje de humedad	%	**6,1**		**6,0**	
Promedio	%	**6,0**			

Observaciones:

* *Muestreo realizado por el solicitante*
* *Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo*
* *En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió*
* *El laboratorio es responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto la información suministrada por el cliente*

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

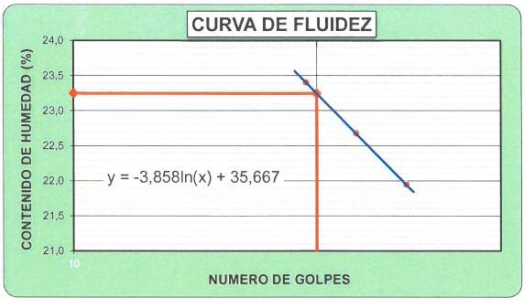
PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**ENSAYO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET-2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE EMISIÓN**	: SET-2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 2 de 3

SUELOS. MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

NTP 339.129.(2019)

CANTERA: ARENERA JAÉN	MUESTRA : PATRÓN	N° DE EXPLORACIÓN: 1

DATOS DE ENSAYO		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
N° DE TARA		807	812	791	2,12	2,42	-----
N° DE GOLPES		24	29	35	-----	-----	-----
TARRO + SUELO HÚMEDO	g.	31,25	32,98	33,36	21,41	24,61	-----
TARRO + SUELO SECO	g.	29,49	31,10	31,31	19,83	22,58	-----
AGUA	g.	**1,76**	**1,88**	**2,05**	**1,58**	**2,03**	-----
MASA DEL TARRO	g.	21,97	22,81	21,97	11,60	12,12	-----
MASA DEL SUELO SECO	g.	**7,52**	**8,29**	**9,34**	**8,23**	**10,46**	-----
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%.	**23,40**	**22,68**	**21,95**	**19,20**	**19,41**	-----



CONSISTENCIA FÍSICA DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO	23
LÍMITE PLÁSTICO	19
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	4

OBSERVACIONES:

* Muestreo realizado por el solicitante
* Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo
* En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió
* El laboratorio es responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto la información suministrada por el cliente

NORMATIVA DE REFERENCIA:

* NTP.339.127- SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo (2019)

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**ENSAYO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET-2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE EMISIÓN**	: SET-2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 3 de 3

SUELOS.MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
NTP 339.128.(2019)

CANTERA:	ARENERA JAÉN	MUESTRA :	PATRÓN	N° DE EXPLORACIÓN:	1

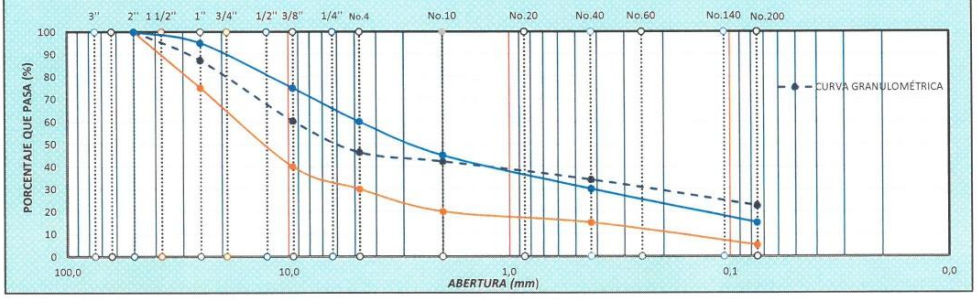
TAMICES (Pul)	TAMICES (mm)	PESO RETENIDO (g)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75,000	0,0	0,0%	0,0%	100,0%
2 1/2"	63,000	0,0	0,0%	0,0%	100,0%
2"	**50,000**	**0,0**	**0,0%**	**0,0%**	**100,0%**
1 1/2"	37,500	375,0	6,6%	6,6%	93,4%
1"	**25,000**	**350,0**	**6,1%**	**12,7%**	**87,3%**
3/4"	19,000	552,4	9,7%	22,4%	77,6%
1/2"	12,500	524,3	9,2%	31,5%	68,5%
3/8"	**9,500**	**464,0**	**8,1%**	**39,7%**	**60,3%**
1/4"	6,300	376,9	6,6%	46,3%	53,7%
No. 4	**4,750**	**420,1**	**7,4%**	**53,6%**	**46,4%**
No. 10	**2,000**	**235,3**	**4,1%**	**57,7%**	**42,3%**
No. 20	0,850	176,9	3,1%	60,8%	39,2%
No. 40	**0,425**	**288,7**	**5,1%**	**65,9%**	**34,1%**
No.60	0,250	287,8	5,0%	70,9%	29,1%
No. 140	0,106	220,7	3,9%	74,8%	25,2%
No. 200	**0,075**	**150,3**	**2,6%**	**77,4%**	**22,6%**
<No.200	FONDO	1290,51	22,6%	100,0%	0,0%

MASA TOTAL:	5712,9	g
MASA LAVADO:	4422,4	g
MASA DE FINO:	1290,5	g

DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICO	
% DE FRACCIÓN GRUESA	53,6%
% DE FRACCIÓN FINA	46,4%
TOTAL	100,0%

CLASIFICACIÓN DEL SUELO		
SUCS	GC - GM	Grava limo arcillosa
ASSTHO	A-1-a (0)	Fragmentos de piedra, grava y arena
GRADACIÓN: B		

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: * Muestreo realizado por el solicitante
* Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
* En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió
* El laboratorio es responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto la información suministrada por el cliente

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

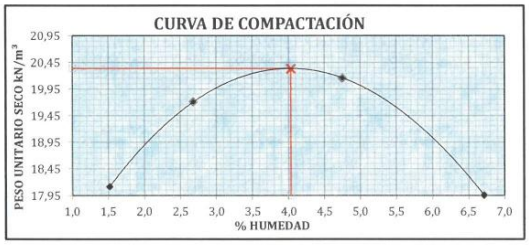
PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	*ENSAYO POR*	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	*F. DE RECEPCIÓN*	: SET-2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	*F. DE EMISIÓN*	: SET-2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	*PÁGINA*	: 1 de 1

SUELOS. MÉTODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2700Kn-m/m3(56 000 pie-lbf/pie3))

NTP 339.141.1998 (revisada el 2019)

CANTERA: ARENERA JAÉN	MUESTRA : PATRÓN	N° DE EXPLORACIÓN: 1

COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS			MÉTODO DE ENSAYO:		C
PRUEBA	Und	1	2	3	4
MATERIAL PASANTE EN EL TAMIZ 3/4"	g	5500	5500	5500	5500
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	N°	56	56	56	56
NUMERO DE MOLDE	N°	1	1	1	1
VOLUMEN MOLDE	cm^3	2126,73	2126,73	2126,73	2126,73
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	9946	10346	10536	10113
MASA DEL MOLDE	g	5957	5957	5957	5957
MASA MUESTRA HUMEDA	g	3989	4389	4579	4156
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN					
NUMERO DE RECIPIENTE	N°	T1	T2	T3	T5
MASA MUESTRA HUMEDA + RECIPIENTE	g	185,9	137,0	147,3	164,8
MASA MUESTRA SECA + RECIPIENTE	g	183,3	133,8	141,2	155,2
MASA DE RECIPIENTE	g	12,6	13,3	12,1	12,8
MASA DEL AGUA	g	2,6	3,2	6,1	9,6
MASA DE LA MUESTRA SECA	g	170,7	120,5	129,1	142,4
% de HUMEDAD	%	1,5	2,7	4,7	6,7
DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPECÍMENES					
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm^3	1,876	2,064	2,153	1,954
DENSIDAD SECA	g/cm^3	1,848	2,010	2,055	1,831



MÁXIMA DENSIDAD SECA	
2,074	g/cm^3

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	
4,03	%

Observaciones:

* *Muestreo realizado por el solicitante*
* *Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo*
* *En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió*
* *El laboratorio es responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto la información suministrada por el cliente*

Normativa de referencia:

* *NTP 339.127-SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo (2019)*

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**ENSAYO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET-2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE EMISIÓN**	: SET-2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 1 de 2

Suelos. Métodos de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio.
NTP 339.145 (2019)

CANTERA: ARENERA JAÉN	MUESTRA : PATRÓN	N° DE EXPLORACIÓN: 1	COORDENADAS UTM: Este: --- Norte: ---

1. DATOS							
1.1 N° de molde	-	5		14		18	
1.2 Diametro interior de molde	cm	15,19		15,23		15,23	
1.3 Altura molde descontando disco espaciador	cm	11,66		11,68		11,64	
1.4 Masa del molde (incluye base)	g	8731		8517		8622	
1.5 N° de capas	-	5		5		5	
1.6 N° de golpes por capa	-	**56**		**25**		**10**	
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada
1.8 Masa de molde(incluye base) + Masa húmedo	g	13676	13884	13123	13361	12590	13046
2. CÁLCULO DE CONTENIDO DE HUMEDAD:							
2.1 N° Tara	-	4,4	4,5	4,1	5,2	5,9	6,1
2.2 Masa de tara	g	69,22	60,51	68,69	69,7	120,87	91,81
2.3 Masa de tara + Suelo Húmedo	g	484,67	438,65	378,67	483,38	546,40	550,80
2.4 Masa de tara + Suelo Seco	g	462,58	409,29	362,40	445,96	523,20	505,68
2.5 Masa de agua contenida (2.3-2.4)	g	22,09	29,36	16,27	37,42	23,20	45,12
2.6 Masa de suelo seco (2.4-2.2)	g	393,36	348,78	293,71	376,26	402,33	413,87
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	5,6	8,4	5,5	9,9	5,8	10,9
3. RESULTADOS:							
3.1 Área superficial del molde	pulg2	28,10		28,23		28,23	
3.2 Volúmen de suelo	cm3	2 113,22		2 127,25		2 119,26	
3.3Masa del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	4945	5153	4606	4844	3968	4424
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm3	2,34	2,44	2,17	2,28	1,87	2,09
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm3	2,22	2,25	2,05	2,07	1,77	1,88

4.EXPANSIÓN

MOLDE			5			14			18		
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	Expansión		DIAL	Expansión		DIAL	Expansión	
		(horas)	pulg	(mm)	(%)	pulg	(mm)	(%)	pulg	(mm)	(%)
Set-25	10:20:00 a. m.	0	0,000	-	-	0,000	-	-	0,000	-	-
Set-25	10:20:00 a. m.	24	0,026	0,660	0,57%	0,027	0,686	0,59%	0,029	0,029	0,64%
Set-25	10:20:00 a. m.	48	0,027	0,686	0,59%	0,028	0,699	0,60%	0,030	0,030	0,66%
Set-25	10:20:00 a. m.	72	0,027	0,686	0,59%	0,029	0,737	0,64%	0,032	0,032	0,69%
Set-25	10:20:00 a. m.	96	0,028	0,699	0,60%	0,030	0,762	0,66%	0,034	0,034	0,74%

5.PENETRACIÓN

MOLDE			5					14					18				
PENETRACION		C.ESTANDAR	CARGA					CARGA					CARGA				
pulgadas	mm	(lb/pulg2)	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%
0,000			0,0	0,0	0,0			0,0	0,0	0,0			0,0	0,0	0,0		
0,025	0,64		45,6	100,5	33,5			84,1	185,4	61,8			64,7	142,7	47,6		
0,050	1,27		212,7	468,8	156,3			242,8	535,4	178,5			125,5	276,7	92,2		
0,075	1,91		574,0	1265,2	421,7			423,3	933,4	311,1			187,9	414,3	138,1		
0,100	**2,54**	**1000**	**936,3**	**2063,8**	**687,9**	**777,20**	**77,7**	**540,7**	**1192,2**	**397,4**	**466,8**	**46,7**	**236,1**	**520,6**	**173,5**	**192,5**	**19,3**
0,125	3,18		1247,5	2749,7	916,6			774,8	1708,4	569,5			308,1	679,4	226,5		
0,150	3,81		1457,6	3212,8	1070,9			892,3	1967,5	655,8			384,0	846,7	282,2		
0,175	4,45		1659,8	3658,5	1219,5			992,3	2188,0	729,3			453,1	999,1	333,0		
0,200	**5,08**	**1500**	**1783,7**	**3931,6**	**1310,5**	**#####**	**91,5**	**1199,7**	**2645,3**	**881,8**	**833,4**	**55,6**	**517,2**	**1140,4**	**380,1**	**370,4**	**24,7**
0,300	7,62		2293,4	5055,1	1685,0			1429,0	3150,9	1050,3			699,2	1541,7	513,9		
0,400	10,16		2577,0	5680,2	1893,4			1647,4	3632,5	1210,8			802,3	1769,1	589,7		
0,500	12,70		2593,5	5716,6	1905,5			1751,8	3862,7	1287,6			847,9	1869,6	623,2		

Observaciones:
* Muestreo realizado por el solicitante*
* Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo*
* En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió*
* El laboratorio es responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto la información suministrada por el cliente*

Normativa de referencia:
* NTP 339.127-SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo (2019)*
* NTP 339.141-SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando energía modificada (2700kn-m/m3(56 000 pie-lbf/pie3))*

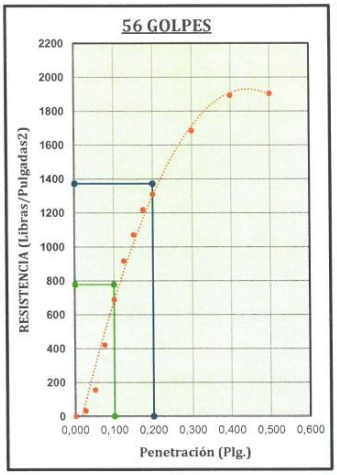
MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

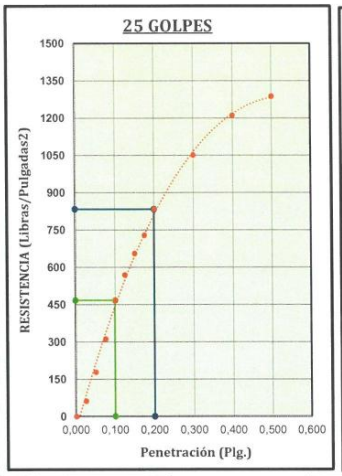
INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

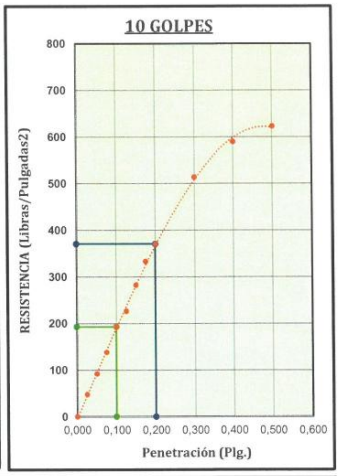
PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**ENSAYO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET-2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE EMISIÓN**	: SET-2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 2 de 2

Suelos. Métodos de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. NTP 339.145 (2019)

CANTERA: ARENERA JAÉN	MUESTRA : PATRÓN	N° DE EXPLORACIÓN: 1	COORDENADAS UTM: Este: --- Norte: ---

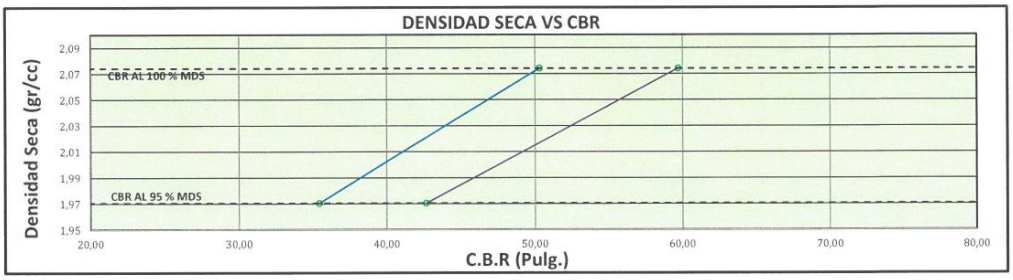






DATOS DE PROCTOR	
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) :	4,03
MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3) :	2,07
95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3) :	1,97

RESULTADOS DE CBR	
C.B.R. al 100% de M.D.S (0,1") :	50,29
C.B.R. al 95% de M.D.S (0,1") :	35,42
C.B.R. al 100% de M.D.S (0,2") :	59,71
C.B.R. al 95% de M.D.S (0,2") :	42,66



Observaciones:

* Muestreo realizado por el Solicitante
* Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo
* En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió
* El laboratorio es responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto la información suministrada por el cliente

Normativa de referencia:

* NTP 339.127-SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo (2019)
* NTP 339.141-SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando energía modificada (2700kn-m/m3(56 000 pie-lbf/pie3))

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**ENSAYO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET-2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE EMISIÓN**	: SET-2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 1 de 1

SUELOS. MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL VALOR EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADO FINO
NTP 339.152 (2019)

CANTERA :	ARENERA JAÉN	
MUESTRA :	PATRÓN	
ENSAYO :	1	---
Hora de Entrada a Saturación	15:22:00	---
Hora de Salida de Saturación	15:32:00	---
Hora de Entrada a Decantación	15:33:00	---
Hora de Salida de Decantación	15:53:00	---
Altura del Nivel de Material Fino	**14,20**	---
Altura del Nivel de Arena	**3,70**	---
Equivalente de Arena	26,06	---
Equivalente de Arena Promedio	26	

Observaciones:

* *Muestreo realizado por el solicitante*
* *Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo*
* *En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió*
* *El laboratorio es responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto la información suministrada por el cliente*

Normativa de referencia:

* *NTP 339.127-SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo (2019)*

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**ENSAYO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET-2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE EMISIÓN**	: SET-2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 1 de 1

AGREAGDOS: DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL DESGASTE EN AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS GRANDE POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES.

NTP 400.020 (2020)

CANTERA :		**ARENERA JAÉN**		
MUESTRA :		**PATRÓN**		
GRADACIÓN:		"1"	" 2"	" 3"
3"	2 1/2"	---	----	---
2 1/2"	2"	---	----	---
2"	1 1/2"	---	5008,00	---
1 1/2"	1"	---	5005,00	---
1"	3/4"	---	----	---
MATA TOTAL (g.)		---	**10013,00**	---
N° DE ESFERAS		12	12	12
N° DE REVOLUCIONES		1000	1000	1000
R. TAMIZ N° 12 (1) (g.)		---	9437	---
R. TAMIZ N° 12 (2) (g.)		---	7054	---
UNIFORMIDAD (%)		---	**0,19**	---
DESGASTE (%)		---	**30 %**	---

Observaciones: * Muestreo realizado por el solicitante
* Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo
* En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**ENSAYO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET-2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE EMISIÓN**	: SET-2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 1 de 1

SUELOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA
NTP 339.152 (2015)

DATOS DEL ENSAYO			CANTIDAD DE SALES SOLUBLES		
1.-	N° de Exploración	...	1	1	1
2.-	Muestra	...	PATRÓN	-----	-----
3.-	Volumen del agua destilada	ml.	250	-----	-----
4.-	Relacion de la mezcla suelo - agua destilada	g.	50	-----	-----
5.-	Masa de suelo seco	g.	5	-----	-----
6.-	Numero de beaker	...	A	-----	-----
7.-	Masa de beaker	...	70,7000	-----	-----
8.-	Masa de beaker + residuo de sales	g.	70,7051	-----	-----
9.-	Masa de residuos de sales	g.	0,0051	-----	-----
10.-	Volumen de la solucion tomada	ml.	50,0000	-----	-----
11.-	Constituyentes de sales solubles totales	ppm.	514,0000	-----	-----
12.-	Constituyentes de sales solubles totales en peso seco	%	0,05	-----	-----

EXPRESIÓN DE RESULTADOS:

$$SS=\frac{(m_2-m_1)*D}{E}*10^6$$ .....Ecuación 1

Donde:
SS= Total de sales solubles ,en ppm (mg/kg)
(m2-m1)= Total de sales solubles ,en ppm (mg/kg)
D=Relación de la mezcla suelo:agua
E=volumen de extracto acuos evaporado ,ml

Observaciones:
* Muestreo realizado por el solicitante
* Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo
* En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Normativa de referencia:
* NTP 339.127-SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo (2019)

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

70% CONCRETO RECICLADO Y 30% MATERIAL FINO

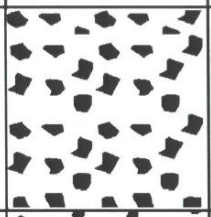
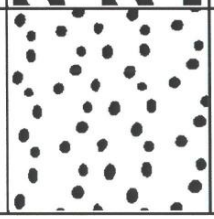
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**MUESTRADO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**NIVEL FREÁTICO**	: NO PRESENTA
F. DE EXCAVACIÓN	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET -2025
F. DE MUESTRO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 1 de 1

REPORTE DE CLASIFICACIÓN

ÍTEM	NTP	NOMBRE	NOMENCLATURA	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN VISUAL (IN - SITU)
1	339.134 (2019)	SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema unificado de clasificación de suelos,SUCS)	GP - GM		Grava pobremente gradada con limo
2	339.135 (2019)	SUELOS. Método para la clasificación de suelos para uso en vías de transporte	A-1-a (0)		Fragmentos de piedra, grava y arena

OBSERVACIONES:

* *Muestreo realizado por el solicitante*
* *Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo*
* *En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió*
* *El laboratorio es responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto la información suministrada por el cliente*

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**ENSAYO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET -2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE EMISIÓN**	: SET -2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 1 de 3

SUELOS.MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

NTP 339.127.1998 (revisada el 2019)

DATOS DE ENSAYO	Und	CONTENIDO DE HUMEDAD			
Cantera	.....	ARENERA JAÉN			
Muestra	.....	70% CR + 30% MF			
N° de Exploración	.....	1			
Coordenadas UTM	m	Este:	---	Norte:	---
Profundidad	m	---			
N° de tara	.....	10,50		10,62	
Tara + Suelo Húmedo	g	5000,1		5000,5	
Tara + Suelo Seco	g	4821,3		4825,7	
Masa de Agua	g	**178,8**		**174,8**	
Masa de Tara	g	291,0		291,4	
Masa del Suelo Seco	g	**4530,3**		**4534,3**	
Porcentaje de humedad	%	**3,9**		**3,9**	
Promedio	%	**3,9**			

Observaciones:

* *Muestreo realizado por el solicitante*
* *Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo*
* *En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió*
* *El laboratorio es responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto la información suministrada por el cliente*

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

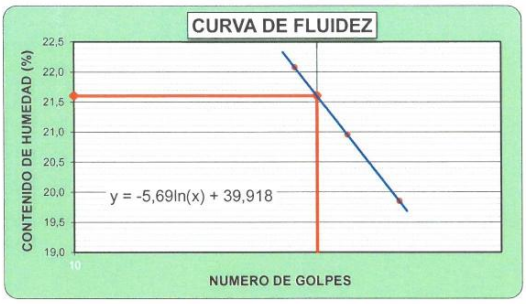
PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**ENSAYO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET -2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE EMISIÓN**	: SET -2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 2 de 3

SUELOS. MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

NTP 339.129.(2019)

CANTERA: ARENERA JAÉN	MUESTRA : 70% CR + 30% MF	N° DE EXPLORACIÓN: 1

DATOS DE ENSAYO		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
N° DE TARA		825	846	819	2,14	2,16	-----
N° DE GOLPES		23	28	34	-----	-----	-----
TARRO + SUELO HÚMEDO	g.	31,26	32,91	33,32	20,16	20,82	-----
TARRO + SUELO SECO	g.	29,58	31,16	31,44	18,84	19,41	-----
AGUA	g.	**1,68**	**1,75**	**1,88**	**1,32**	**1,41**	-----
MASA DEL TARRO	g.	21,97	22,81	21,97	11,60	12,12	-----
MASA DEL SUELO SECO	g.	**7,61**	**8,35**	**9,47**	**7,24**	**7,29**	-----
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%.	**22,08**	**20,96**	**19,85**	**18,23**	**19,34**	-----



CONSISTENCIA FÍSICA DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO	22
LÍMITE PLÁSTICO	19
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	3

OBSERVACIONES:

* Muestreo realizado por el solicitante
* Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo
* En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió
* El laboratorio es responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto la información suministrada por el cliente

NORMATIVA DE REFERENCIA:

* NTP.339.127- SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo (2019)

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**ENSAYO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET -2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE EMISIÓN**	: SET -2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 3 de 3

SUELOS.MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO NTP 339.128.(2019)

CANTERA:	ARENERA JAÉN	MUESTRA :	70% CR + 30% MF	N° DE EXPLORACIÓN:	1

TAMICES		PESO RETENIDO (g)			% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
(Pul)	(mm)	M. F	M. C.R.	COM.			
3"	75,000	0,0	0,0	0,0	0,0%	0,0%	100,0%
2 1/2"	63,000	0,0	0,0	0,0	0,0%	0,0%	100,0%
2"	**50,000**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0%**	**0,0%**	**100,0%**
1 1/2"	37,500	0,0	254,3	254,3	5,1%	5,1%	94,9%
1"	**25,000**	**0,0**	**546,9**	**546,9**	**10,9%**	**16,0%**	**84,0%**
3/4"	19,000	0,0	643,7	643,7	12,9%	28,9%	71,1%
1/2"	12,500	0,0	507,7	507,7	10,2%	39,1%	60,9%
3/8"	**9,500**	**0,0**	**482,9**	**482,9**	**9,7%**	**48,7%**	**51,3%**
1/4"	6,300	0,0	435,8	435,8	8,7%	57,4%	42,6%
No. 4	**4,750**	**0,0**	**400,8**	**400,8**	**8,0%**	**65,4%**	**34,6%**
No. 10	**2,000**	**276,1**	**25,7**	**301,8**	**6,0%**	**71,5%**	**28,5%**
No. 20	0,850	180,3	14,0	194,3	3,9%	75,4%	24,6%
No. 40	**0,425**	**171,3**	**18,5**	**189,8**	**3,8%**	**79,2%**	**20,8%**
No.60	0,250	165,4	12,1	177,5	3,6%	82,7%	17,3%
No. 140	0,106	207,6	8,0	215,6	4,3%	87,0%	13,0%
No. 200	**0,075**	**168,6**	**51,2**	**219,8**	**4,4%**	**91,4%**	**8,6%**
<No.200	FONDO	328,9	100,2	429,12	8,6%	100,0%	0,0%

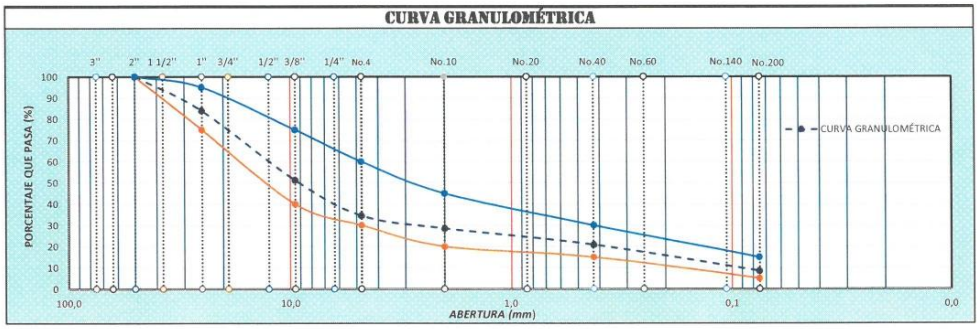
MASA TOTAL:	5000,0	g
MASA LAVADO:	4570,9	g
MASA DE FINO:	429,1	g

DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICO	
% DE MATERIAL FINO	30,0%
% DE MATERIAL DE C.R.	70,0%

D. GRAN. DE LA COMBINACION DE M.	
% DE FRACCIÓN GRUESA COM.	65,4%
% DE FRACCIÓN FINA COM.	34,6%
TOTAL DE M. COM.	**100,0%**

CLASIFICACIÓN DEL SUELO		
SUCS	GP - GM	Grava pobremente gradada con limo
ASSTHO	A-1-a (0)	Fragmentos de piedra, grava y arena
GRADACIÓN: B		

CURVA GRANULOMÉTRICA



M.F: Material Fino
M.C.R: Material de Concreto Reciclado
COM: Combinación

OBSERVACIONES:
* Muestreo realizado por el solicitante
* Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
* En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió
* El laboratorio es responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto la información suministrada por el cliente

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

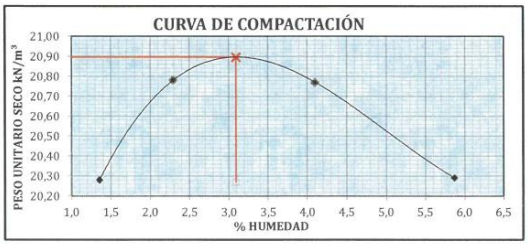
INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	*ENSAYO POR*	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	*F. DE RECEPCIÓN*	: SET -2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	*F. DE EMISIÓN*	: SET -2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	*PÁGINA*	: 1 de 1

SUELOS. MÉTODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2700Kn-m/m3(56 000 pie-lbf/pie3))
NTP 339.141.1998 (revisada el 2019)

CANTERA: ARENERA JAÉN	MUESTRA : 70% CR + 30% MF	N° DE EXPLORACIÓN: 1

COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS			MÉTODO DE ENSAYO:		C
PRUEBA	Und	1	2	3	4
MATERIAL PASANTE EN EL TAMIZ 3/4"	g	5500	5500	5500	5500
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	N°	56	56	56	56
NUMERO DE MOLDE	N°	1	1	1	1
VOLUMEN MOLDE	cm^3	2126,73	2126,73	2126,73	2126,73
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	10415	10567	10646	10616
MASA DEL MOLDE	g	5957	5957	5957	5957
MASA MUESTRA HUMEDA	g	4458	4610	4689	4659
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN					
NUMERO DE RECIPIENTE	N°	M1	M2	M3	M4
MASA MUESTRA HUMEDA + RECIPIENTE	g	206,4	157,5	167,8	185,3
MASA MUESTRA SECA + RECIPIENTE	g	203,8	154,3	161,7	175,7
MASA DE RECIPIENTE	g	12,6	13,3	12,1	12,8
MASA DEL AGUA	g	2,6	3,2	6,1	9,6
MASA DE LA MUESTRA SECA	g	191,2	141,0	149,6	162,9
% de HUMEDAD	%	1,4	2,3	4,1	5,9
DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPECÍMENES					
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm^3	2,096	2,168	2,205	2,191
DENSIDAD SECA	g/cm^3	2,068	2,119	2,118	2,069



MÁXIMA DENSIDAD SECA	
2,131	g/cm^3

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	
3,09	%

Observaciones:
* Muestreo realizado por el solicitante
* Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo
* En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió
* El laboratorio es responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto la información suministrada por el cliente

Normativa de referencia:
* NTP 339.127-SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo (2019)

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**ENSAYO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET -2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE EMISIÓN**	: SET -2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 1 de 2

Suelos. Métodos de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio.
NTP 339.145 (2019)

CANTERA: ARENERA JAÉN	MUESTRA : 70% CR + 30% MF	N° DE EXPLORACIÓN: 1	COORDENADAS UTM: Este: --- Norte: ---

1. DATOS							
1.1 N° de molde	-	1		8		10	
1.2 Diametro interior de molde	cm	15,17		15,21		15,31	
1.3 Altura molde descontando disco espaciador	cm	11,61		11,65		11,60	
1.4 Masa del molde (incluye base)	g	8726		8627		8594	
1.5 N° de capas	-	5		5		5	
1.6 N° de golpes por capa	-	**56**		**25**		**10**	
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada
1.8 Masa de molde(incluye base) + Masa húmedo	g	13658	13879	13135	13367	12585	13041
2. CÁLCULO DE CONTENIDO DE HUMEDAD:							
2.1 N° Tara	-	20,2	20,3	20,5	20,6	20,8	20,4
2.2 Masa de tara	g	70,50	70,21	70,63	70,92	70,54	70,18
2.3 Masa de tara + Suelo Húmedo	g	464,47	418,45	398,87	503,58	518,20	601,00
2.4 Masa de tara + Suelo Seco	g	452,08	398,79	382,90	470,46	489,30	549,88
2.5 Masa de agua contenida (2.3-2.4)	g	12,39	19,66	15,97	33,12	28,90	51,12
2.6 Masa de suelo seco (2.4-2.2)	g	381,58	328,58	312,27	399,54	418,76	479,70
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	3,2	6,0	5,1	8,3	6,9	10,7
3. RESULTADOS:							
3.1 Área superficial del molde	pulg2	28,02		28,16		28,53	
3.2 Volúmen de suelo	cm3	2 098,42		2 116,77		2 135,49	
3.3Masa del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	4932	5153	4508	4740	3991	4447
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm3	2,35	2,46	2,13	2,24	1,87	2,08
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm3	2,28	2,32	2,03	2,07	1,75	1,88

4.EXPANSIÓN

MOLDE			1			8			10		
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	DIAL pulg	Expansión (mm)	Expansión (%)	DIAL pulg	Expansión (mm)	Expansión (%)	DIAL pulg	Expansión (mm)	Expansión (%)
Set-25	12:15:00 p. m.	0	0,000	-	-	0,000	-	-	0,000	-	-
Set-25	12:15:00 p. m.	24	0,012	0,305	0,26%	0,021	0,533	0,46%	0,024	0,024	0,53%
Set-25	12:15:00 p. m.	48	0,014	0,356	0,31%	0,022	0,559	0,48%	0,027	0,027	0,59%
Set-25	12:15:00 p. m.	72	0,015	0,381	0,33%	0,024	0,610	0,53%	0,028	0,028	0,61%
Set-25	12:15:00 p. m.	96	0,017	0,432	0,37%	0,026	0,660	0,57%	0,029	0,029	0,64%

5.PENETRACIÓN

MOLDE			**1**					**8**					**10**				
PENETRACION		CESTANDAR	CARGA					CARGA					CARGA				
pulgadas	mm	(lb/pulg2)	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%
0,000			0,0	0,0	0,0			0,0	0,0	0,0			0,0	0,0	0,0		
0,025	0,64		289,6	638,3	212,8			126,6	279,2	93,1			30,7	67,7	22,6		
0,050	1,27		491,4	1083,1	361,0			268,4	591,8	197,3			106,2	234,2	78,1		
0,075	1,91		862,5	1901,1	633,7			589,7	1300,3	433,4			188,6	415,9	138,6		
0,100	**2,54**	**1000**	**1162,7**	**2562,8**	**854,3**	**803,92**	**80,4**	**952,0**	**2099,2**	**699,7**	**778,8**	**77,9**	**331,8**	**731,6**	**243,9**	**238,8**	**23,9**
0,125	3,18		1378,0	3037,4	1012,5			1263,2	2785,4	928,5			383,8	846,3	282,1		
0,150	3,81		1481,6	3265,7	1088,6			1473,3	3248,6	1082,9			449,7	991,6	330,5		
0,175	4,45		1765,3	3891,1	1297,0			1685,5	3716,5	1238,8			508,8	1121,9	374,0		
0,200	**5,08**	**1500**	**2109,5**	**4649,8**	**1549,9**	**#####**	**99,0**	**1819,4**	**4011,8**	**1337,3**	**1318,1**	**87,9**	**552,9**	**1219,1**	**406,4**	**421,3**	**28,1**
0,300	7,62		2767,2	6099,5	2033,2			2129,1	4694,7	1564,9			724,9	1598,4	532,8		
0,400	10,16		3190,4	7032,3	2344,1			2412,7	5320,0	1773,3			828,0	1825,7	608,6		
0,500	12,70		3471,7	7652,3	2550,8			2629,2	5797,4	1932,5			873,6	1926,3	642,1		

Observaciones:
* *Muestreo realizado por el solicitante*
* *Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo*
* *En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió*
* *El laboratorio es responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto la información suministrada por el cliente*

Normativa de referencia:
* *NTP 339.127-SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo (2019)*
* *NTP 339.141-SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando energía modificada (2700kn-m/m3(56 000 pie-lbf/pie3))*

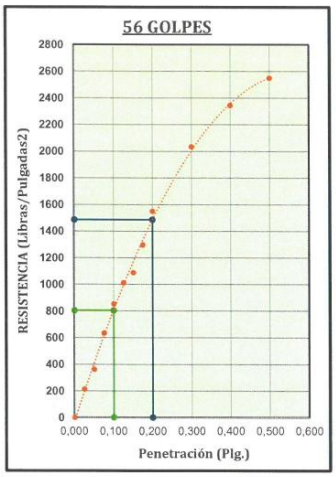
MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

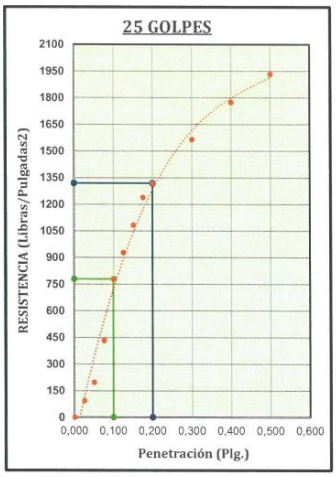
INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

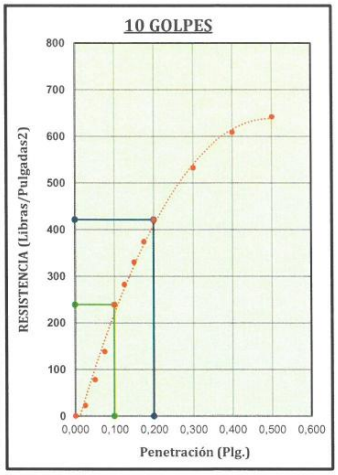
PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**ENSAYO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET -2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE EMISIÓN**	: SET -2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 2 de 2

Suelos. Métodos de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio.
NTP 339.145 (2019)

CANTERA: ARENERA JAÉN	MUESTRA : 70% CR + 30% MF	N° DE EXPLORACIÓN: 1	COORDENADAS UTM: Este: --- Norte: ---

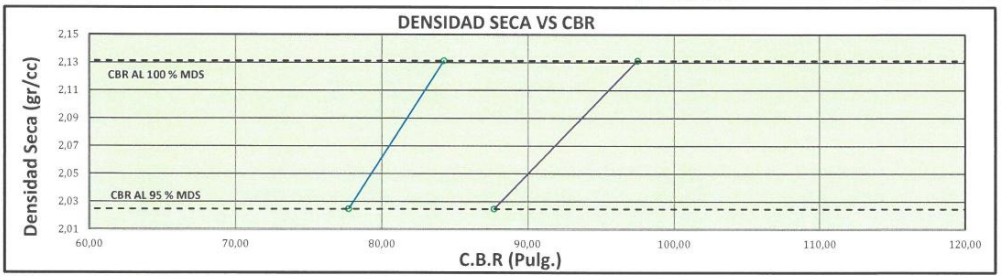






DATOS DE PROCTOR	
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) :	3,09
MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3) :	2,13
95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3) :	2,02

RESULTADOS DE CBR	
C.B.R. al 100% de M.D.S (0,1") :	84,27
C.B.R. al 95% de M.D.S (0,1") :	77,74
C.B.R. al 100% de M.D.S (0,2") :	97,48
C.B.R. al 95% de M.D.S (0,2") :	87,70



Observaciones:
* Muestreo realizado por el Solicitante
* Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo
* En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió
* El laboratorio es responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto la información suministrada por el cliente

Normativa de referencia:
* NTP 339.127-SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo (2019)
* NTP 339.141-SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando energía modificada (2700kn-m/m3(56 000 pie-lbf/pie3))

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**ENSAYO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET -2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE EMISIÓN**	: SET -2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 1 de 1

SUELOS. MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL VALOR EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADO FINO
NTP 339.152 (2019)

CANTERA :	ARENERA JAÉN	
MUESTRA :	70% CR + 30% MF	
ENSAYO :	1	---
Hora de Entrada a Saturación	11:35:00	---
Hora de Salida de Saturación	11:45:00	---
Hora de Entrada a Decantación	11:46:00	---
Hora de Salida de Decantación	12:16:00	---
Altura del Nivel de Material Fino	**14,25**	---
Altura del Nivel de Arena	**3,72**	---
Equivalente de Arena	26,11	---
Equivalente de Arena Promedio	26	

Observaciones:

* Muestreo realizado por el solicitante
* Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo
* En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió
* El laboratorio es responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto la información suministrada por el cliente

Normativa de referencia:

* NTP 339.127-SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo (2019)

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**ENSAYO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET -2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE EMISIÓN**	: SET -2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 1 de 1

AGREAGDOS: DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL DESGASTE EN AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS GRANDE POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES.

NTP 400.020 (2020)

CANTERA :		**ARENERA JAÉN**		
MUESTRA :		**70% CR + 30% MF**		
GRADACIÓN:		"1"	" 2"	" 3"
3"	2 1/2"	---	----	---
2 1/2"	2"	---	----	---
2"	1 1/2"	---	5001,00	---
1 1/2"	1"	---	5007,00	---
1"	3/4"	---	----	---
MATA TOTAL (g.)		**---**	**10008,00**	**---**
N° DE ESFERAS		12	12	12
N° DE REVOLUCIONES		1000	1000	1000
R. TAMIZ N° 12 (1) (g.)		---	9651	---
R. TAMIZ N° 12 (2) (g.)		---	7493	---
UNIFORMIDAD (%)		---	**0,14**	---
DESGASTE (%)		---	**25 %**	---

Observaciones: * Muestreo realizado por el solicitante
* Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
* En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**ENSAYO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET -2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE EMISIÓN**	: SET -2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 1 de 1

SUELOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA
NTP 339.152 (2015)

DATOS DEL ENSAYO			CANTIDAD DE SALES SOLUBLES		
1.-	N° de Exploración	...	1	----	----
2.-	Muestra	...	70% CR + 30% MF	-----	-----
3.-	Volumen del agua destilada	ml.	250	-----	-----
4.-	Relacion de la mezcla suelo - agua destilada	g.	50	-----	-----
5.-	Masa de suelo seco	g.	5	-----	-----
6.-	Numero de beaker	...	C	-----	-----
7.-	Masa de beaker	...	65,6100	-----	-----
8.-	Masa de beaker + residuo de sales	g.	65,6138	-----	-----
9.-	Masa de residuos de sales	g.	0,0038	-----	-----
10.-	Volumen de la solucion tomada	ml.	50,0000	-----	-----
11.-	Constituyentes de sales solubles totales	ppm.	378,5700	-----	-----
12.-	Constituyentes de sales solubles totales en peso seco	%	0,04	-----	-----

EXPRESIÓN DE RESULTADOS:

$$SS=\frac{(m_2-m_1)\cdot D}{E}*10^6$$ .....Ecuación 1

Donde:
SS= Total de sales solubles ,en ppm (mg/kg)
(m2-m1)= Total de sales solubles ,en ppm (mg/kg)
D=Relación de la mezcla suelo:agua
E=volumen de extracto acuos evaporado ,ml

Observaciones:
* Muestreo realizado por el solicitante
* Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo
* En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Normativa de referencia:
* NTP 339.127-SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo (2019)

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

60% CONCRETO RECICLADO Y 40% MATERIAL FINO

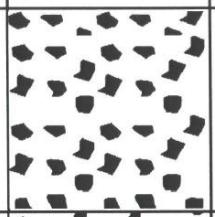
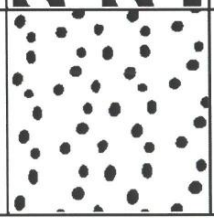
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**MUESTRADO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**NIVEL FREÁTICO**	: NO PRESENTA
F. DE EXCAVACIÓN	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET -2025
F. DE MUESTRO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 1 de 1

REPORTE DE CLASIFICACIÓN

ÍTEM	NTP	NOMBRE	NOMENCLATURA	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN VISUAL (IN - SITU)
1	339.134 (2019)	SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema unificado de clasificación de suelos,SUCS)	GP - GM		Grava pobremente gradada con limo
2	339.135 (2019)	SUELOS. Método para la clasificación de suelos para uso en vías de transporte	A-1-a (0)		Fragmentos de piedra, grava y arena

OBSERVACIONES:

* *Muestreo realizado por el solicitante*
* *Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo*
* *En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió*
* *El laboratorio es responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto la información suministrada por el cliente*

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**ENSAYO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET -2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE EMISIÓN**	: SET -2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 1 de 3

SUELOS.MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

NTP 339.127.1998 (revisada el 2019)

DATOS DE ENSAYO	Und	CONTENIDO DE HUMEDAD			
Cantera	.....	ARENERA JAÉN			
Muestra	.....	60% CR + 40% MF			
N° de Exploración	.....	1			
Coordenadas UTM	m	Este:	---	Norte:	---
Profundidad	m	---			
N° de tara	.....	10,46		10,34	
Tara + Suelo Húmedo	g	5000,3		5000,6	
Tara + Suelo Seco	g	4811,6		4805,7	
Masa de Agua	g	**188,7**		**194,9**	
Masa de Tara	g	275,6		281,2	
Masa del Suelo Seco	g	**4536,0**		**4524,5**	
Porcentaje de humedad	%	**4,2**		**4,3**	
Promedio	%	**4,2**			

Observaciones:

* *Muestreo realizado por el solicitante*
* *Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo*
* *En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió*
* *El laboratorio es responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto la información suministrada por el cliente*

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

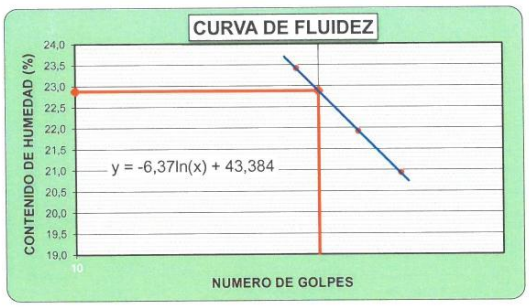
PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**ENSAYO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET -2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE EMISIÓN**	: SET -2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 2 de 3

SUELOS. MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

NTP 339.129.(2019)

CANTERA: ARENERA JAÉN	MUESTRA : 60% CR + 40% MF	N° DE EXPLORACIÓN: 1

DATOS DE ENSAYO		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
N° DE TARA		842	861	859	2,11	2,19	-----
N° DE GOLPES		23	29	34	-----	-----	-----
TARRO + SUELO HÚMEDO	g.	31,29	32,91	33,32	20,16	21,82	-----
TARRO + SUELO SECO	g.	29,51	31,08	31,35	18,82	20,28	-----
AGUA	g.	**1,78**	**1,83**	**1,97**	**1,34**	**1,54**	-----
MASA DEL TARRO	g.	21,91	22,73	21,94	11,63	12,05	-----
MASA DEL SUELO SECO	g.	**7,60**	**8,35**	**9,41**	**7,19**	**8,23**	-----
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%.	**23,42**	**21,92**	**20,94**	**18,64**	**18,71**	-----



CONSISTENCIA FÍSICA DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO	23
LÍMITE PLÁSTICO	19
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	4

OBSERVACIONES:

* Muestreo realizado por el solicitante
* Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo
* En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió
* El laboratorio es responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto la información suministrada por el cliente

NORMATIVA DE REFERENCIA:

* NTP.339.127- SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo (2019)

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**ENSAYO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET -2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE EMISIÓN**	: SET -2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 3 de 3

SUELOS.MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
NTP 339.128.(2019)

CANTERA:	ARENERA JAÉN	MUESTRA :	60% CR + 40% MF	N° DE EXPLORACIÓN:	1

TAMICES		PESO RETENIDO (g)			% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
(Pul)	(mm)	M. F	M. C.R.	COM.			
3''	75,000	0,0	0,0	0,0	0,0%	0,0%	100,0%
2 1/2''	63,000	0,0	0,0	0,0	0,0%	0,0%	100,0%
2''	**50,000**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0%**	**0,0%**	**100,0%**
1 1/2''	37,500	0,0	250,4	250,4	5,0%	5,0%	95,0%
1''	**25,000**	**0,0**	**451,3**	**451,3**	**9,0%**	**14,0%**	**86,0%**
3/4''	19,000	0,0	436,4	436,4	8,7%	22,8%	77,2%
1/2''	12,500	0,0	452,6	452,6	9,1%	31,8%	68,2%
3/8''	**9,500**	**0,0**	**459,1**	**459,1**	**9,2%**	**41,0%**	**59,0%**
1/4''	6,300	0,0	427,3	427,3	8,5%	49,5%	50,5%
No. 4	**4,750**	**0,0**	**350,2**	**350,2**	**7,0%**	**56,5%**	**43,5%**
No. 10	**2,000**	**300,6**	**18,2**	**318,8**	**6,4%**	**62,9%**	**37,1%**
No. 20	0,850	268,3	15,3	283,6	5,7%	68,6%	31,4%
No. 40	**0,425**	**247,8**	**11,8**	**259,6**	**5,2%**	**73,8%**	**26,2%**
No.60	0,250	228,5	13,4	241,9	4,8%	78,6%	21,4%
No. 140	0,106	250,7	12,3	263,0	5,3%	83,9%	16,1%
No. 200	**0,075**	**251,3**	**21,6**	**272,9**	**5,5%**	**89,3%**	**10,7%**
<No.200	FONDO	452,8	80,1	532,90	10,7%	100,0%	0,0%

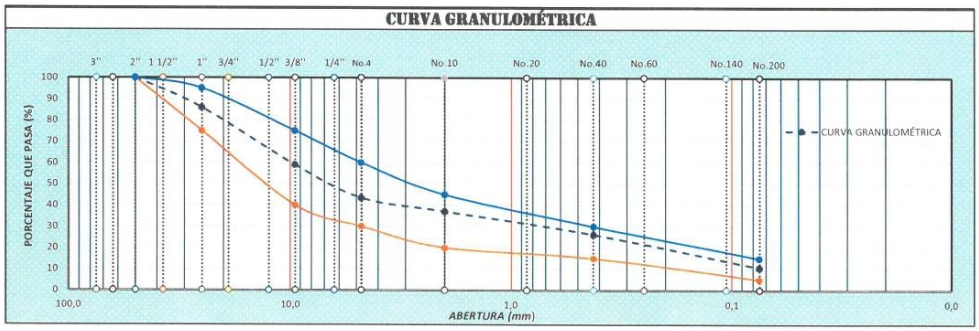
MASA TOTAL:	5000,0	g
MASA LAVADO:	4467,1	g
MASA DE FINO:	532,9	g

DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICO	
% DE MATERIAL FINO	40,0%
% DE MATERIAL DE C.R.	60,0%

D. GRAN. DE LA COMBINACION DE M.	
% DE FRACCIÓN GRUESA COM.	56,5%
% DE FRACCIÓN FINA COM.	43,5%
TOTAL DE M. COM.	**100,0%**

CLASIFICACIÓN DEL SUELO		
SUCS	GP - GM	Grava pobremente gradada con limo
ASSTHO	A-1-a (0)	Fragmentos de piedra, grava y arena
GRADACIÓN: B		

CURVA GRANULOMÉTRICA



M.F: Material Fino
M.C.R: Material de Concreto Reciclado
COM: Combinación

OBSERVACIONES:
* Muestreo realizado por el solicitante
* Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo
* En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió
* El laboratorio es responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto la información suministrada por el cliente

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

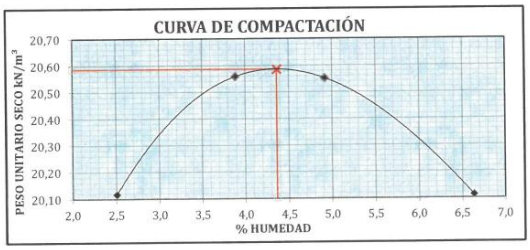
PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	*ENSAYO POR*	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	*F. DE RECEPCIÓN*	: SET -2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	*F. DE EMISIÓN*	: SET -2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	*PÁGINA*	: 1 de 1

SUELOS. MÉTODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2700Kn-m/m3(56 000 pie-lbf/pie3))

NTP 339.141.1998 (revisada el 2019)

CANTERA: ARENERA JAÉN	MUESTRA : 60% CR + 40% MF	N° DE EXPLORACIÓN: 1

COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS			MÉTODO DE ENSAYO:		C
PRUEBA	Und	1	2	3	4
MATERIAL PASANTE EN EL TAMIZ 3/4"	g	5500	5500	5500	5500
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	N°	56	56	56	56
NUMERO DE MOLDE	N°	1	1	1	1
VOLUMEN MOLDE	cm^3	2126,73	2126,73	2126,73	2126,73
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	10429	10589	10633	10608
MASA DEL MOLDE	g	5957	5957	5957	5957
MASA MUESTRA HUMEDA	g	4472	4632	4676	4651
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN					
NUMERO DE RECIPIENTE	N°	M7	M10	M17	M16
MASA MUESTRA HUMEDA + RECIPIENTE	g	207,2	204,1	216,8	205,7
MASA MUESTRA SECA + RECIPIENTE	g	202,6	197,3	207,6	194,2
MASA DE RECIPIENTE	g	20,5	21,6	20,4	20,8
MASA DEL AGUA	g	4,6	6,8	9,2	11,5
MASA DE LA MUESTRA SECA	g	182,1	175,7	187,2	173,4
% de HUMEDAD	%	2,5	3,9	4,9	6,6
DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPECÍMENES					
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm^3	2,103	2,178	2,199	2,187
DENSIDAD SECA	g/cm^3	2,051	2,096	2,096	2,051



MÁXIMA DENSIDAD SECA	
2,100	g/cm^3

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	
4,36	%

Observaciones:

* *Muestreo realizado por el solicitante*
* *Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo*
* *En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió*
* *El laboratorio es responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto la información suministrada por el cliente*

Normativa de referencia:

* *NTP 339.127-SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo (2019)*

WINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**ENSAYO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET -2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE EMISIÓN**	: SET -2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 1 de 2

Suelos. Métodos de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio.
NTP 339.145 (2019)

CANTERA: ARENERA JAÉN	MUESTRA : 60% CR + 40% MF	N° DE EXPLORACIÓN: 1	COORDENADAS UTM: Este: --- Norte: ---

1. DATOS							
1.1 N° de molde	-	7		12		13	
1.2 Diametro interior de molde	cm	15,12		15,24		15,28	
1.3 Altura molde descontando disco espaciador	cm	11,58		11,64		11,62	
1.4 Masa del molde (incluye base)	g	8721		8633		8590	
1.5 N° de capas	-	5		5		5	
1.6 N° de golpes por capa	-	**56**		**25**		**10**	
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada
1.8 Masa de molde(incluye base) + Masa húmedo	g	13627	13846	13208	13494	12614	13124
2. CÁLCULO DE CONTENIDO DE HUMEDAD:							
2.1 N° Tara	-	20,7	20,9	T-1	T-5	T-6	T-10
2.2 Masa de tara	g	70,08	70,12	50,89	51,06	50,82	50,27
2.3 Masa de tara + Suelo Húmedo	g	428,30	428,19	482,51	473,84	461,80	472,34
2.4 Masa de tara + Suelo Seco	g	412,05	397,24	461,50	434,20	442,75	425,87
2.5 Masa de agua contenida (2.3-2.4)	g	16,25	30,95	21,01	39,64	19,05	46,47
2.6 Masa de suelo seco (2.4-2.2)	g	341,97	327,12	410,61	383,14	391,93	375,60
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	4,8	9,5	5,1	10,3	4,9	12,4
3. RESULTADOS:							
3.1 Área superficial del molde	pulg2	27,83		28,27		28,42	
3.2 Volúmen de suelo	cm3	2 079,23		2 123,31		2 130,80	
3.3Masa del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	4906	5125	4575	4861	4024	4534
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm3	2,36	2,46	2,15	2,29	1,89	2,13
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm3	2,25	2,25	2,05	2,07	1,80	1,89

4.EXPANSIÓN

MOLDE			7			12			13		
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	DIAL pulg	Expansión (mm)	Expansión (%)	DIAL pulg	Expansión (mm)	Expansión (%)	DIAL pulg	Expansión (mm)	Expansión (%)
2025-11-03	12:20:00 p. m.	0	0,000	-	-	0,000	-	-	0,000	-	-
2025-11-04	12:20:00 p. m.	24	0,015	0,381	0,33%	0,024	0,610	0,53%	0,028	0,028	0,61%
2025-11-05	12:20:00 p. m.	48	0,019	0,483	0,42%	0,026	0,660	0,57%	0,029	0,029	0,64%
2025-11-06	12:20:00 p. m.	72	0,020	0,508	0,44%	0,027	0,686	0,59%	0,031	0,031	0,68%
2025-11-07	12:20:00 p. m.	96	0,021	0,533	0,46%	0,028	0,711	0,61%	0,032	0,032	0,70%

5.PENETRACIÓN

MOLDE			7					12					13				
PENETRACION		C.ESTANDAR	CARGA					CARGA					CARGA				
pulgadas	mm	(lb/pulg2)	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%
0,000			0,0	0,0	0,0			0,0	0,0	0,0			0,0	0,0	0,0		
0,025	0,64		135,3	298,2	99,4			76,3	168,2	56,1			20,2	44,5	14,8		
0,050	1,27		337,1	743,0	247,7			168,1	370,7	123,6			95,7	211,0	70,3		
0,075	1,91		708,2	1561,0	520,3			489,4	1079,1	359,7			178,1	392,7	130,9		
0,100	**2,54**	**1000**	1008,4	**2222,7**	**740,9**	**771,90**	**77,2**	851,7	**1878,0**	**626,0**	**731,8**	**73,2**	321,3	**708,5**	**236,2**	**234,6**	**23,5**
0,125	3,18		1223,7	2697,3	899,1			1162,9	2564,2	854,7			373,3	823,1	274,4		
0,150	3,81		1327,3	2925,6	975,2			1373,0	3027,5	1009,2			439,2	968,4	322,8		
0,175	4,45		1611,0	3551,0	1183,7			1585,2	3495,4	1165,1			498,3	1098,8	366,3		
0,200	**5,08**	**1500**	1955,2	**4309,7**	**1436,6**	#####	**99,9**	1719,1	**3790,6**	**1263,5**	1253,8	**83,6**	542,4	**1196,0**	**398,7**	**415,6**	**27,7**
0,300	7,62		2612,9	5759,4	1919,8			2028,8	4473,5	1491,2			714,4	1575,3	525,1		
0,400	10,16		3036,1	6692,2	2230,7			2312,4	5098,8	1699,6			817,5	1802,6	600,9		
0,500	12,70		3317,4	7312,2	2437,4			2528,9	5576,2	1858,7			863,1	1903,1	634,4		

Observaciones:
* Muestreo realizado por el solicitante*
* Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo*
* En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió*
* El laboratorio es responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto la información suministrada por el cliente*

Normativa de referencia:
* NTP 339.127-SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo (2019)*
* NTP 339.141-SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando energía modificada (2700kn-m/m3(56 000 pie-lbf/pie3))*

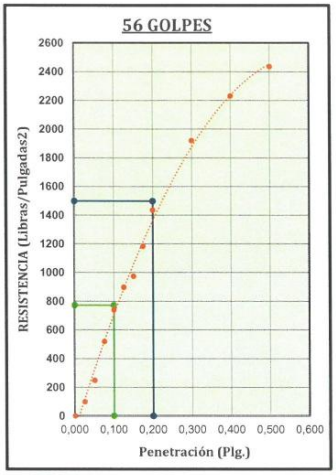
MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

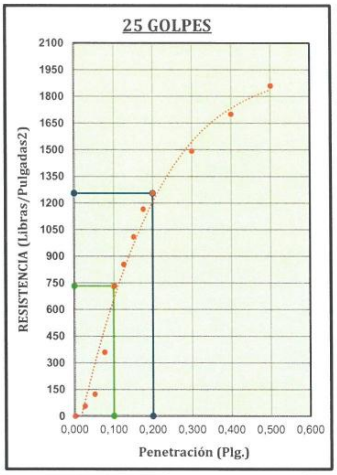
INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

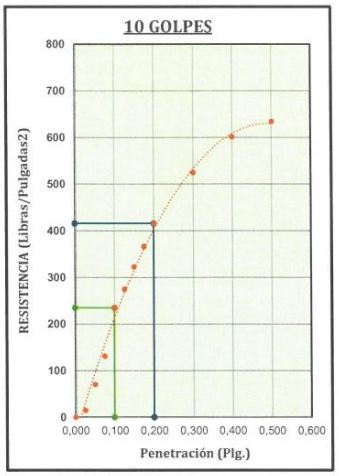
PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**ENSAYO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET -2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE EMISIÓN**	: SET -2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 2 de 2

Suelos. Métodos de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio.
NTP 339.145 (2019)

CANTERA: ARENERA JAÉN	MUESTRA : 60% CR + 40% MF	N° DE EXPLORACIÓN: 1	COORDENADAS UTM: Este: --- Norte: ---

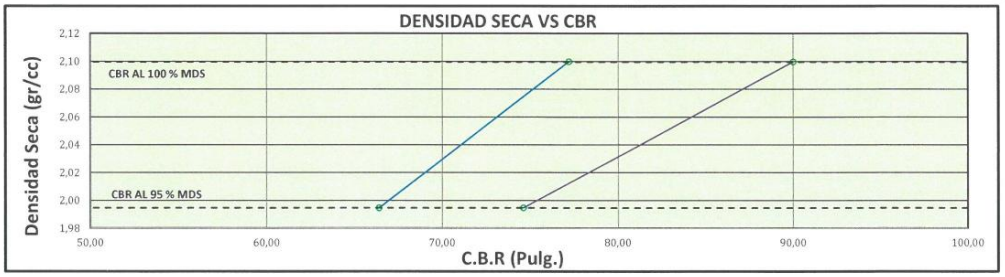






DATOS DE PROCTOR	
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) :	4,36
MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3) :	2,10
95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3) :	1,99

RESULTADOS DE CBR	
C.B.R. al 100% de M.D.S (0,1") :	77,20
C.B.R. al 95% de M.D.S (0,1") :	66,42
C.B.R. al 100% de M.D.S (0,2") :	90,02
C.B.R. al 95% de M.D.S (0,2") :	74,62



Observaciones:
* Muestreo realizado por el Solicitante
* Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
* En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió
* El laboratorio es responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto la información suministrada por el cliente

Normativa de referencia:
* NTP 339.127-SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo (2019)
* NTP 339.141-SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando energía modificada (2700kn-m/m3(56 000 pie-lbf/pie3))

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**ENSAYO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET -2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE EMISIÓN**	: SET -2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 1 de 1

SUELOS. MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL VALOR EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADO FINO
NTP 339.152 (2019)

CANTERA :	ARENERA JAÉN	
MUESTRA :	60% CR + 40% MF	
ENSAYO :	1	---
Hora de Entrada a Saturación	16:17:00	---
Hora de Salida de Saturación	16:27:00	---
Hora de Entrada a Decantación	16:28:00	---
Hora de Salida de Decantación	16:48:00	---
Altura del Nivel de Material Fino	**14,27**	---
Altura del Nivel de Arena	**3,69**	---
Equivalente de Arena	25,86	---
Equivalente de Arena Promedio	26	

Observaciones:

* *Muestreo realizado por el solicitante*
* *Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo*
* *En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió*
* *El laboratorio es responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto la información suministrada por el cliente*

Normativa de referencia:

* *NTP 339.127-SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo (2019)*

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**ENSAYO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET -2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE EMISIÓN**	: SET -2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 1 de 1

AGREAGDOS: DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL DESGASTE EN AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS GRANDE POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES.

NTP 400.020 (2020)

CANTERA :		**ARENERA JAÉN**		
MUESTRA :		**60% CR + 40% MF**		
GRADACIÓN:		"1 "	" 2"	" 3"
3"	2 1/2"	---	----	---
2 1/2"	2"	---	----	---
2"	1 1/2"	---	5004,50	---
1 1/2"	1"	---	5001,00	---
1"	3/4"	---	----	---
MATA TOTAL (g.)		---	**10005,50**	---
N° DE ESFERAS		12	12	12
N° DE REVOLUCIONES		1000	1000	1000
R. TAMIZ N° 12 (1) (g.)		---	9637	---
R. TAMIZ N° 12 (2) (g.)		---	7461	---
UNIFORMIDAD (%)		---	**0,14**	---
DESGASTE (%)		---	**25 %**	---

Observaciones: * Muestreo realizado por el solicitante
* Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo
* En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**ENSAYO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET -2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE EMISIÓN**	: SET -2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 1 de 1

SUELOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA
NTP 339.152 (2015)

	DATOS DEL ENSAYO		CANTIDAD DE SALES SOLUBLES		
1.-	N° de Exploración	...	1	----	----
2.-	Muestra	...	60% CR + 40% MF	-----	-----
3.-	Volumen del agua destilada	ml.	250	-----	-----
4.-	Relacion de la mezcla suelo - agua destilada	g.	50	-----	-----
5.-	Masa de suelo seco	g.	5	-----	-----
6.-	Numero de beaker	...	S	-----	-----
7.-	Masa de beaker	...	58,2940	-----	-----
8.-	Masa de beaker + residuo de sales	g.	58,2979	-----	-----
9.-	Masa de residuos de sales	g.	0,0039	-----	-----
10.-	Volumen de la solucion tomada	ml.	50,0000	-----	-----
11.-	Constituyentes de sales solubles totales	ppm.	386,0000	-----	-----
12.-	Constituyentes de sales solubles totales en peso seco	%	0,04	-----	-----

EXPRESIÓN DE RESULTADOS:

$$SS=\frac{(m_2-m_1)*D}{E}*10^6$$ .....Ecuación 1

Donde:
SS= Total de sales solubles ,en ppm (mg/kg)
(m2-m1)= Total de sales solubles ,en ppm (mg/kg)
D=Relación de la mezcla suelo:agua
E=volumen de extracto acuos evaporado ,ml

Observaciones:
* Muestreo realizado por el solicitante
* Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo
* En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Normativa de referencia:
* NTP 339.127-SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo (2019)

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

50% CONCRETO RECICLADO Y 50% MATERIAL FINO

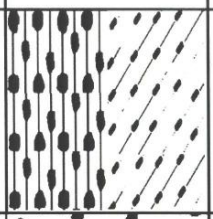
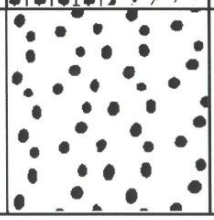
Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**MUESTRADO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**NIVEL FREÁTICO**	: NO PRESENTA
F. DE EXCAVACIÓN	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET -2025
F. DE MUESTRO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 1 de 1

REPORTE DE CLASIFICACIÓN

ÍTEM	NTP	NOMBRE	NOMENCLATURA	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN VISUAL (IN - SITU)
1	339.134 (2019)	SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema unificado de clasificación de suelos,SUCS)	GC - GM		Grava limo arcillosa
2	339.135 (2019)	SUELOS. Método para la clasificación de suelos para uso en vías de transporte	A-1-a (0)		Fragmentos de piedra, grava y arena

OBSERVACIONES:

* *Muestreo realizado por el solicitante*
* *Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo*
* *En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió*
* *El laboratorio es responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto la información suministrada por el cliente*

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**ENSAYO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET -2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE EMISIÓN**	: SET -2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 1 de 3

SUELOS.MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

NTP 339.127.1998 (revisada el 2019)

DATOS DE ENSAYO	Und	CONTENIDO DE HUMEDAD			
Cantera	.....	ARENERA JAÉN			
Muestra	.....	50% CR + 50% MF			
N° de Exploración	.....	1			
Coordenadas UTM	m	Este:	---	Norte:	---
Profundidad	m	---			
N° de tara	.....	10,50	10,60		
Tara + Suelo Húmedo	g	5000,0	5012,6		
Tara + Suelo Seco	g	4778,3	4789,1		
Masa de Agua	g	**221,7**	**223,5**		
Masa de Tara	g	275,6	281,2		
Masa del Suelo Seco	g	**4502,7**	**4507,9**		
Porcentaje de humedad	%	**4,9**	**5,0**		
Promedio	%	**4,9**			

Observaciones:

* *Muestreo realizado por el solicitante*
* *Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo*
* *En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió*
* *El laboratorio es responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto la información suministrada por el cliente*

WIMEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

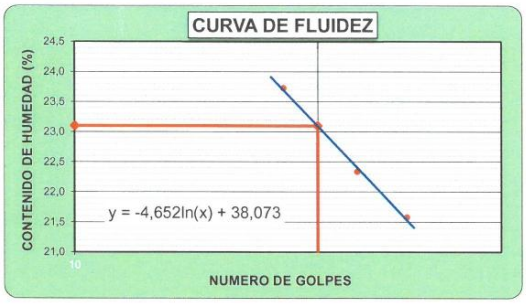
PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**ENSAYO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET -2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE EMISIÓN**	: SET -2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 2 de 3

SUELOS. MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

NTP 339.129.(2019)

CANTERA: ARENERA JAÉN	MUESTRA : 50% CR + 50% MF	N° DE EXPLORACIÓN: 1

DATOS DE ENSAYO		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
N° DE TARA		819	864	831	2,19	2,34	-----
N° DE GOLPES		22	29	35	-----	-----	-----
TARRO + SUELO HÚMEDO	g.	30,58	31,24	30,49	21,36	21,27	-----
TARRO + SUELO SECO	g.	28,58	29,29	28,85	19,74	19,82	-----
AGUA	g.	**2,00**	**1,95**	**1,64**	**1,62**	**1,45**	-----
MASA DEL TARRO	g.	20,15	20,56	21,25	11,27	11,91	-----
MASA DEL SUELO SECO	g.	**8,43**	**8,73**	**7,60**	**8,47**	**7,91**	-----
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%.	**23,72**	**22,34**	**21,58**	**19,13**	**18,33**	-----



CONSISTENCIA FÍSICA DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO	23
LÍMITE PLÁSTICO	19
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	4

OBSERVACIONES:

* Muestreo realizado por el solicitante
* Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo
* En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió
* El laboratorio es responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto la información suministrada por el cliente

NORMATIVA DE REFERENCIA:

* NTP.339.127- SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo (2019)

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**ENSAYO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET -2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE EMISIÓN**	: SET -2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 3 de 3

SUELOS.MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
NTP 339.128.(2019)

CANTERA:	ARENERA JAÉN	MUESTRA :	50% CR + 50% MF	N° DE EXPLORACIÓN:	1

TAMICES		PESO RETENIDO (g)			% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
(Pul)	(mm)	M. F	M. C.R.	COM.			
3''	75,000	0,0	0,0	0,0	0,0%	0,0%	100,0%
2 1/2''	63,000	0,0	0,0	0,0	0,0%	0,0%	100,0%
2''	**50,000**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0%**	**0,0%**	**100,0%**
1 1/2''	37,500	0,0	250,4	250,4	5,0%	5,0%	95,0%
1''	**25,000**	**0,0**	**412,6**	**412,6**	**8,3%**	**13,3%**	**86,7%**
3/4''	19,000	0,0	381,2	381,2	7,6%	20,9%	79,1%
1/2''	12,500	0,0	327,2	327,2	6,5%	27,4%	72,6%
3/8''	**9,500**	**0,0**	**347,8**	**347,8**	**7,0%**	**34,4%**	**65,6%**
1/4''	6,300	0,0	308,7	308,7	6,2%	40,6%	59,4%
No. 4	**4,750**	**0,0**	**314,4**	**314,4**	**6,3%**	**46,8%**	**53,2%**
No. 10	**2,000**	**325,8**	**24,7**	**350,5**	**7,0%**	**53,9%**	**46,1%**
No. 20	0,850	344,6	19,5	364,1	7,3%	61,1%	38,9%
No. 40	**0,425**	**263,7**	**8,0**	**271,7**	**5,4%**	**66,6%**	**33,4%**
No.60	0,250	300,6	16,3	316,9	6,3%	72,9%	27,1%
No. 140	0,106	277,0	14,8	291,8	5,8%	78,7%	21,3%
No. 200	**0,075**	**357,5**	**15,6**	**373,1**	**7,5%**	**86,2%**	**13,8%**
<No.200	FONDO	630,8	58,9	689,70	13,8%	100,0%	0,0%

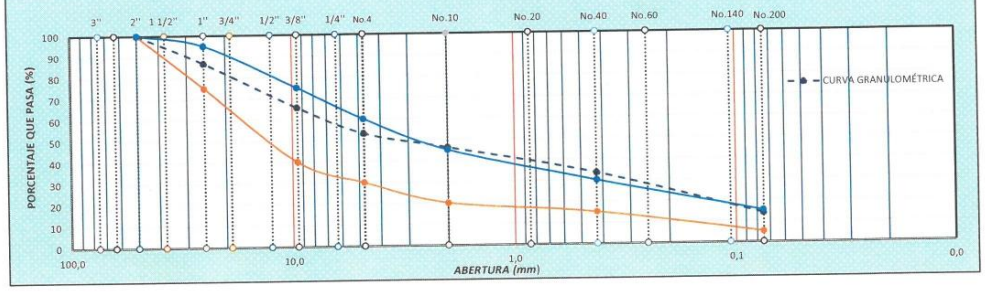
MASA TOTAL:	5000,0	g
MASA LAVADO:	4310,3	g
MASA DE FINO:	689,7	g

DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICO	
% DE MATERIAL FINO	50,0%
% DE MATERIAL DE C.R.	50,0%

D. GRAN. DE LA COMBINACION DE M.	
% DE FRACCIÓN GRUESA COM.	46,8%
% DE FRACCIÓN FINA COM.	53,2%
TOTAL DE M. COM.	100,0%

CLASIFICACIÓN DEL SUELO		
SUCS	GC - GM	Grava limo arcillosa
ASSTHO	A-1-a (0)	Fragmentos de piedra, grava y arena
GRADACIÓN: B		

CURVA GRANULOMÉTRICA



M.F: Material Fino
M.C.R: Material de Concreto Reciclado
COM: Combinación

OBSERVACIONES:
* Muestreo realizado por el solicitante
* Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
* En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió
* El laboratorio es responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto la información suministrada por el cliente

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

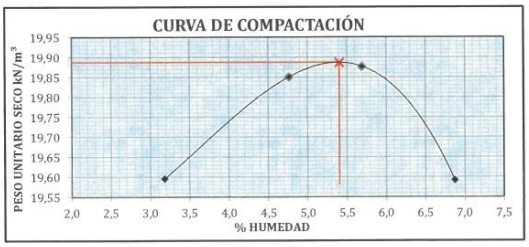
PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	*ENSAYO POR*	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	*F. DE RECEPCIÓN*	: SET -2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	*F. DE EMISIÓN*	: SET -2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	*PÁGINA*	: 1 de 1

SUELOS. MÉTODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2700Kn-m/m3(56 000 pie-lbf/pie3))

NTP 339.141.1998 (revisada el 2019)

CANTERA: ARENERA JAÉN	MUESTRA : 50% CR + 50% MF	N° DE EXPLORACIÓN: 1

COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS			MÉTODO DE ENSAYO:		C
PRUEBA	Und	1	2	3	4
MATERIAL PASANTE EN EL TAMIZ 3/4"	g	5500	5500	5500	5500
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	N°	56	56	56	56
NUMERO DE MOLDE	N°	1	1	1	1
VOLUMEN MOLDE	cm^3	2126,73	2126,73	2126,73	2126,73
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	10342	10467	10513	10498
MASA DEL MOLDE	g	5957	5957	5957	5957
MASA MUESTRA HUMEDA	g	4385	4510	4556	4541
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN					
NUMERO DE RECIPIENTE	N°	T-18	T-20	T-24	T-25
MASA MUESTRA HUMEDA + RECIPIENTE	g	350,5	346,1	327,2	348,5
MASA MUESTRA SECA + RECIPIENTE	g	341,2	332,8	312,3	329,4
MASA DE RECIPIENTE	g	50,2	52,6	50,2	50,7
MASA DEL AGUA	g	9,3	13,3	14,9	19,2
MASA DE LA MUESTRA SECA	g	291,0	280,2	262,1	278,6
% de HUMEDAD	%	3,2	4,8	5,7	6,9
DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPECÍMENES					
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm^3	2,062	2,121	2,142	2,135
DENSIDAD SECA	g/cm^3	1,998	2,024	2,027	1,998



MÁXIMA DENSIDAD SECA	
2,028	g/cm^3

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	
5,40	%

Observaciones:

* *Muestreo realizado por el solicitante*
* *Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo*
* *En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió*
* *El laboratorio es responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto la información suministrada por el cliente*

Normativa de referencia:

* *NTP 339.127-SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo (2019)*

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**ENSAYO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET -2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE EMISIÓN**	: SET -2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 1 de 2

Suelos. Métodos de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio.
NTP 339.145 (2019)

CANTERA: ARENERA JAÉN	MUESTRA : 50% CR + 50% MF	N° DE EXPLORACIÓN: 1	COORDENADAS UTM: Este: --- Norte: ---

1. DATOS							
1.1 N° de molde	-	3		9		17	
1.2 Diametro interior de molde	cm	15,15		15,26		15,24	
1.3 Altura molde descontando disco espaciador	cm	11,57		11,62		11,63	
1.4 Masa del molde (incluye base)	g	8724		8637		8619	
1.5 N° de capas	-	5		5		5	
1.6 N° de golpes por capa	-	**56**		**25**		**10**	
1.7 Condición de muestra	-	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada	S/Mojar	Mojada
1.8 Masa de molde(incluye base) + Masa húmedo	g	13528	13854	13327	13662	12746,3	13241,9
2. CÁLCULO DE CONTENIDO DE HUMEDAD:							
2.1 N° Tara	-	5,6	5,4	5,8	5,9	5,1	5,14
2.2 Masa de tara	g	65,49	65,12	66,08	65,1	66,19	65,72
2.3 Masa de tara + Suelo Húmedo	g	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00
2.4 Masa de tara + Suelo Seco	g	477,15	454,16	477,27	450,82	476,98	445,73
2.5 Masa de agua contenida (2.3-2.4)	g	22,85	45,84	22,73	49,18	23,02	54,27
2.6 Masa de suelo seco (2.4-2.2)	g	411,66	389,04	411,19	385,72	410,79	380,01
2.7 Contenido de Humedad (2.5/2.6)	%	5,6	11,8	5,5	12,8	5,6	14,3
3. RESULTADOS:							
3.1 Área superficial del molde	pulg2	27,94		28,35		28,27	
3.2 Volúmen de suelo	cm3	2 085,68		2 125,23		2 121,48	
3.3Masa del suelo húmedo (1.8-1.4)	g	4804	5130	4690	5025	4127	4623
3.4 Densidad húmeda (3.3/3.2)	g/cm3	2,30	2,46	2,21	2,36	1,95	2,18
3.5 Densidad Seca (3.4/(1+2.7/100))	g/cm3	2,18	2,20	2,09	2,10	1,84	1,91

4.EXPANSIÓN

MOLDE			3			9			17		
FECHA	HORA	TIEMPO (horas)	DIAL pulg	Expansión (mm)	Expansión (%)	DIAL pulg	Expansión (mm)	Expansión (%)	DIAL pulg	Expansión (mm)	Expansión (%)
Set-25	06:40:00 p. m.	0	0,000	-	-	0,000	-	-	0,000	-	-
Set-25	06:40:00 p. m.	24	0,015	0,381	0,33%	0,022	0,559	0,48%	0,028	0,028	0,61%
Set-25	06:40:00 p. m.	48	0,020	0,508	0,44%	0,025	0,635	0,55%	0,030	0,030	0,66%
Set-25	06:40:00 p. m.	72	0,021	0,533	0,46%	0,028	0,711	0,61%	0,031	0,031	0,68%
Set-25	06:40:00 p. m.	96	0,024	0,610	0,53%	0,029	0,737	0,64%	0,033	0,033	0,72%

5.PENETRACIÓN

MOLDE			3					9					17				
PENETRACION		C.ESTANDAR	CARGA					CARGA					CARGA				
pulgadas	mm	(lb/pulg2)	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%	Lectura	lb	lb/pulg2	Correc.	%
0,000			0,0	0,0	0,0			0,0	0,0	0,0			0,0	0,0	0,0		
0,025	0,64		175,0	385,7	128,6			106,7	235,3	78,4			27,9	61,5	20,5		
0,050	1,27		452,1	996,5	332,2			351,3	774,6	258,2			90,7	200,0	66,7		
0,075	1,91		658,2	1450,8	483,6			594,2	1310,2	436,7			173,1	381,7	127,2		
0,100	**2,54**	**1000**	958,4	**2112,5**	**704,2**	**677,52**	**67,8**	871,7	**1922,1**	**640,7**	**724,5**	**72,5**	276,3	**609,2**	**203,1**	**192,3**	**19,2**
0,125	3,18		1173,7	2587,1	862,4			1182,9	2608,3	869,4			328,3	723,9	241,3		
0,150	3,81		1277,3	2815,4	938,5			1323,0	2917,2	972,4			364,2	803,1	267,7		
0,175	4,45		1461,0	3220,3	1073,4			1535,2	3385,1	1128,4			403,3	889,3	296,4		
0,200	**5,08**	**1500**	1805,2	**3979,0**	**1326,3**	#####	**86,0**	1669,1	**3680,4**	**1226,8**	**1203,1**	**80,2**	447,4	**986,5**	**328,8**	**347,1**	**23,1**
0,300	7,62		2462,9	5428,7	1809,6			1996,3	4401,8	1467,3			619,4	1365,8	455,3		
0,400	10,16		2886,1	6361,5	2120,5			2276,1	5018,8	1672,9			722,5	1593,1	531,0		
0,500	12,70		3167,4	6981,6	2327,2			2378,9	5245,5	1748,5			768,1	1693,7	564,6		

Observaciones:
* Muestreo realizado por el solicitante*
* Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo*
* En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió*
* El laboratorio es responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto la información suministrada por el cliente*

Normativa de referencia:
* NTP 339.127-SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo (2019)*
* NTP 339.141-SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando energía modificada (2700kn-m/m3(56 000 pie-lbf/pie3))*

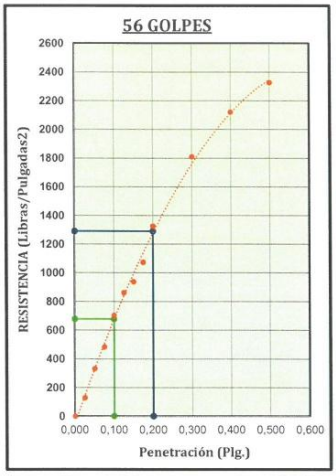
MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

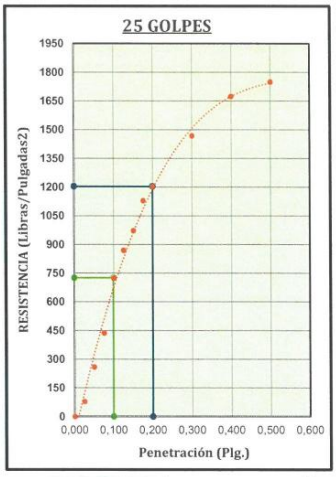
INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

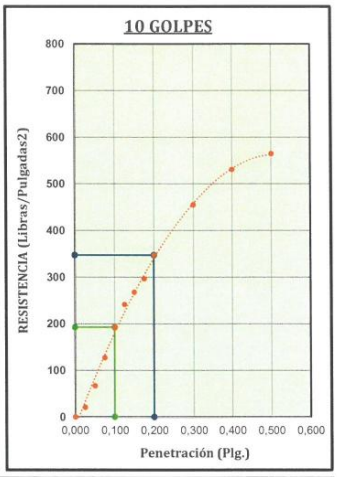
PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**ENSAYO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET -2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE EMISIÓN**	: SET -2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 2 de 2

Suelos. Métodos de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio.
NTP 339.145 (2019)

CANTERA: ARENERA JAÉN	MUESTRA : 50% CR + 50% MF	N° DE EXPLORACIÓN: 1	COORDENADAS UTM: Este: --- Norte: ---

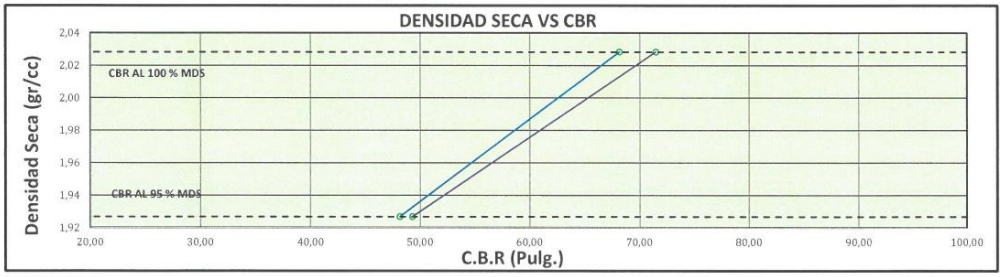






DATOS DE PROCTOR	
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) :	5,40
MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3) :	2,03
95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3) :	1,93

RESULTADOS DE CBR	
C.B.R. al 100% de M.D.S (0,1") :	68,13
C.B.R. al 95% de M.D.S (0,1") :	48,17
C.B.R. al 100% de M.D.S (0,2") :	71,49
C.B.R. al 95% de M.D.S (0,2") :	49,31



Observaciones:
* Muestreo realizado por el Solicitante
* Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo
* En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió
* El laboratorio es responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto la información suministrada por el cliente

Normativa de referencia:
* NTP 339.127-SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo (2019)
* NTP 339.141-SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando energía modificada (2700kn-m/m3(56 000 pie-lbf/pie3))

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**ENSAYO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET -2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE EMISIÓN**	: SET -2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 1 de 1

SUELOS. MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL VALOR EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADO FINO
NTP 339.152 (2019)

CANTERA :	ARENERA JAÉN	
MUESTRA :	50% CR + 50% MF	
ENSAYO :	1	---
Hora de Entrada a Saturación	10:08:00	---
Hora de Salida de Saturación	10:18:00	---
Hora de Entrada a Decantación	10:20:00	---
Hora de Salida de Decantación	10:40:00	---
Altura del Nivel de Material Fino	**14,79**	---
Altura del Nivel de Arena	**3,94**	---
Equivalente de Arena	26,64	---
Equivalente de Arena Promedio	27	

Observaciones:

* Muestreo realizado por el solicitante
* Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo
* En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió
* El laboratorio es responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto la información suministrada por el cliente

Normativa de referencia:

* NTP 339.127-SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo (2019)

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**ENSAYO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET -2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE EMISIÓN**	: SET -2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 1 de 1

AGREAGDOS: DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL DESGASTE EN AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS GRANDE POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES.

NTP 400.020 (2020)

CANTERA :		**ARENERA JAÉN**		
MUESTRA :		**50% CR + 50% MF**		
GRADACIÓN:		"1"	" 2"	" 3"
3"	2 1/2"	---	----	---
2 1/2"	2"	---	----	---
2"	1 1/2"	---	5004,00	---
1 1/2"	1"	---	5004,00	---
1"	3/4"	---	----	---
MATA TOTAL (g.)		---	**10008,00**	---
N° DE ESFERAS		12	12	12
N° DE REVOLUCIONES		1000	1000	1000
R. TAMIZ N° 12 (1) (g.)		---	9632	---
R. TAMIZ N° 12 (2) (g.)		---	7458	---
UNIFORMIDAD (%)		---	**0,15**	---
DESGASTE (%)		---	**25 %**	---

Observaciones: * Muestreo realizado por el solicitante
* Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo
* En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO N°0020–2025–F&M/T

PROYECTO	: "PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE SUBBASE CON CONCRETO RECICLADO MEZCLADO CON MATERIAL FINO".		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE JAÉN, DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA.		
SOLICITANTES	: CUEVA CIEZA FRANKLIN JUNIOR	**ENSAYO POR**	: SOLICITANTE
	: SARMIENTO RUFASTO OSCAR HUMBERTO	**F. DE RECEPCIÓN**	: SET -2025
F. DE INICIO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**F. DE EMISIÓN**	: SET -2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: SETIEMBRE - 2025	**PÁGINA**	: 1 de 1

SUELOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA
NTP 339.152 (2015)

DATOS DEL ENSAYO			CANTIDAD DE SALES SOLUBLES		
1.-	N° de Exploración	...	1	----	----
2.-	Muestra	...	50% CR + 50% MF	-----	-----
3.-	Volumen del agua destilada	ml.	250	-----	-----
4.-	Relacion de la mezcla suelo - agua destilada	g.	50	-----	-----
5.-	Masa de suelo seco	g.	5	-----	-----
6.-	Numero de beaker	...	M	-----	-----
7.-	Masa de beaker	...	75,2400	-----	-----
8.-	Masa de beaker + residuo de sales	g.	75,2438	-----	-----
9.-	Masa de residuos de sales	g.	0,0038	-----	-----
10.-	Volumen de la solucion tomada	ml.	50,0000	-----	-----
11.-	Constituyentes de sales solubles totales	ppm.	382,7500	-----	-----
12.-	Constituyentes de sales solubles totales en peso seco	%	0,04	-----	-----

EXPRESIÓN DE RESULTADOS:

$$SS=\frac{(m_2-m_1)*D}{E}*10^6$$ .....Ecuación 1

Donde:
SS= Total de sales solubles ,en ppm (mg/kg)
(m2-m1)= Total de sales solubles ,en ppm (mg/kg)
D=Relación de la mezcla suelo:agua
E=volumen de extracto acuos evaporado ,ml

Observaciones:
* Muestreo realizado por el solicitante*
* Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo*
* En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió*

Normativa de referencia:
* NTP 339.127-SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo (2019)*

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ANEXO II: CERTIFICADOS

Ingeniería, Gerencia de Proyectos y Construcción

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PERÚ | Presidencia del Consejo de Ministros

Registro de la Propiedad Industrial

CERTIFICADO N° 00146585

La Dirección de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución Nº 008786-2023/DSD - INDECOPI de fecha 04 de abril de 2023, ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo	:	La denominación F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION S.A.C. INGENIERÍA, GERENCIA DE PROYECTOS Y CONSTRUCCIÓN y logotipo (se reivindica colores), conforme al modelo
Clase	:	42 de la clasificación Internacional.
Solicitud		0004590-2023
Titular		F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION S.A.C.
País		Perú
Vigencia		04 de abril de 2033
Distingue		Estudios de mecánica de suelos

WINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por Indecopi, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013- PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web.
https://enlinea.indecopi.gob.pe/verificador
Id Documento:vl2q0d0p6m

CERTIFICADO

Esto es para certificar que el Sistema de Gestión de Calidad de

F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION

MZA. C LOTE. 11 SEC. PUEBLO LIBRE – JAEN JAEN CAJAMARCA – PERÚ.

Ha sido evaluado y se ha determinado que cumple con los requisitos de

ISO 9001:2015

Este Certificado es válido para el siguiente alcance:

SERVICIOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Y EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA.

Certificado No.	**:AMER11653**
Fecha de Registro	**:24/06/2023**
Fecha de Emisión	**:28/06/2023**
Fecha de Expiración	**:23/06/2024**
Fecha de Recertificación	**:23/06/2026**

Director

AMERICO QUALITY STANDARDS REGISTRCH PVT. LTD

Key Location: 1910 Thomes Ave. Cheyenne, Wyoming, WY 82001, USA
Operations Office: D 303, 104.Nisarg plaza, Bhumkar chowk - Hinjewadi road, Wakad, Pune 411057

IAS ACCREDITED

IAF

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.
Especialistas en Metrología

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LC - 024

INACAL
Perú
Organismo de Calibración Acreditado

Código de Seguridad QR

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

087-CT-MI-2025

Área de Metrología

Expediente	:	482B-06-2025
Solicitante	:	**F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION**
Dirección	:	Mza. C Lote. 11 Sec. Pueblo Libre - Jaen - Cajamarca - Perú
Equipo	:	**HORNO**
Marca	:	PINZUAR
Modelo	:	G060404
Serie	:	144
Identificación	:	LAB-004 (*)
Ubicación	:	Área de Ensayo I (**)
Procedencia	:	Colombia
Tipo de Ventilación	:	Forzada
Nro. de Niveles	:	3
Alcance del Equipo	:	Temperatura ambiente +5 °C a 200 °C (***)

WINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Características Técnicas del Controlador del Medio Isotermo

Descripción	TERMÓMETRO CONTROLADOR
Marca / Modelo	PINZUAR / G060404
Alcance de indicación	-100 °C a 200 °C
Resolución	0,01 °C
Tipo	Digital
Identificación	No indica

Fecha de Calibración	:	2025-07-16
Lugar de Calibración	:	**Área de Ensayo I - F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION** Mza. C Lote. 11 Sec. Pueblo Libre - Jaen - Cajamarca - Perú
Método utilizado:	:	Por comparación directa siguiendo el procedimiento, PC-018-"Procedimiento de Calibración o Caracterización de Medios Isotermos con aire como medio termostático" SNM-INDECOPI (Segunda Edición) - Junio 2009.

Los resultados son válidos únicamente para el equipo calibrado en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del equipo o reglamentaciones vigentes.

Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del Sistema de Calidad

CORPORACIÓN 2M & N S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este equipo, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado se emite por vía electrónica, puede validarlo directamente a través de la página web de Tocapu o escaneando el código QR que se encuentra en la parte superior del certificado .

El certificado de calibración sin firmas y sello carece de validez.

ÁREA METROLOGÍA LABORATORIO 01

2025-07-21
Fecha de emisión

ALVAREZ NAVARRO ANGEL GUSTAVO
CORPORACION 2M N S.A.C.
JEFE DE METROLOGIA LAB. 01 Y 03
metrologia@2myn.com
Fecha: 21/07/2025 17:41
Firmado con www.tocapu.pe

VELASCO NAVARRO MIRIAN ARACELI
CORPORACION 2M N S.A.C.
GERENTE GENERAL
gerencia@2myn.com
Fecha: 21/07/2025 18:04
Firmado con www.tocapu.pe

Cód. de Servicio: 05075-A

Cód. FT-T-03 Rev. 07

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.

CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.
Especialistas en Metrología

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LC - 024

INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Calibración Acreditado
Registro N°LC - 024

Código de Seguridad QR

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
088-CT-MI-2025
Área de Metrología

Expediente	:	482B-06-2025
Solicitante	:	**F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION**
Dirección	:	Mza. C Lote. 11 Sec. Pueblo Libre - Jaen - Cajamarca - Perú
Equipo	:	**HORNO**
Marca	:	PYS EQUIPOS
Modelo	:	STHX-2A
Serie	:	2205138
Identificación	:	LAB-03 (*)
Ubicación	:	Área de Ensayo I (**)
Procedencia	:	No indica
Tipo de Ventilación	:	Forzada
Nro. de Niveles	:	2
Alcance del Equipo	:	50 °C a 300 °C (***)

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Características Técnicas del Controlador del Medio Isotermo

Descripción	TERMÓMETRO CONTROLADOR
Marca / Modelo	AutComp
Alcance de indicación	-100 °C a 300 °C
Resolución	0,1 °C
Tipo	Digital
Identificación	No indica

Fecha de Calibración : 2025-07-16

Lugar de Calibración : **Área de Ensayo I - F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION**
Mza. C Lote. 11 Sec. Pueblo Libre - Jaen - Cajamarca - Perú

Método utilizado: Por comparación directa siguiendo el procedimiento, PC-018-"Procedimiento de Calibración o Caracterización de Medios Isotermos con aire como medio termostático" SNM-INDECOPI (Segunda Edición) - Junio 2009.

Los resultados son válidos únicamente para el equipo calibrado en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del equipo o reglamentaciones vigentes.

Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del Sistema de Calidad

CORPORACIÓN 2M & N S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este equipo, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado se emite por vía electrónica, puede validarlo directamente a través de la página web de Tocapu o escaneando el código QR que se encuentra en la parte superior del certificado .

El certificado de calibración sin firmas y sello carece de validez.

CORPORACION 2M & N S.A.C. ÁREA METROLOGÍA LABORATORIO 01

2025-07-21
Fecha de emisión

ALVAREZ NAVARRO ANGEL GUSTAVO
CORPORACION 2M N S.A.C.
JEFE DE METROLOGIA LAB. 01 Y 03
metrologia@2myn.com
Fecha: 21/07/2025 10:54
Firmado con www.tocapu.pe

VELASCO NAVARRO MIRIAN ARACELI
CORPORACION 2M N S.A.C.
GERENTE GENERAL
gerencia@2myn.com
Fecha: 21/07/2025 18:03
Firmado con www.tocapu.pe

Cód. de Servicio: 05076-A

Cód. FT-T-03 Rev. 07

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.

Código de Seguridad QR

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

223-CM-M-2025
Área de Metrología

Expediente	:	482B-06-2025
Solicitante	:	**F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION**
Dirección	:	Mza. C Lote. 11 Sec. Pueblo Libre - Jaen - Cajamarca - Perú
Equipo/ Instrumento	:	**BALANZA DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMÁTICO**
Marca	:	OHAUS
Modelo	:	R21PE30ZH
Serie	:	8354661311
Identificación	:	No indica
Ubicación	:	Área de Ensayo I
Procedencia	:	No indica
Capacidad máxima	:	30000 g
Capacidad mínima	:	50 g (*)
División de escala (d)	:	1 g
División de verificación (e)	:	1 g (*)
Clase de exactitud	:	II **(*)**
Tipo	:	Electrónica
Fecha de calibración	:	2025-07-17
Lugar	:	Área de Ensayo I **F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION** Mza. C Lote. 11 Sec. Pueblo Libre - Jaen - Cajamarca - Perú
Método utilizado:		Por comparación de las indicaciones de la balanza contra cargas aplicadas de valor conocido(pesas patrón), según el PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase (I) y (II) ", 4ta. Edición, Abril - 2010, SNM-INDECOPI.

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Los resultados son válidos únicamente para el equipo calibrado en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del equipo o reglamentaciones vigentes.

Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del Sistema de Calidad

CORPORACIÓN 2M & N S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este equipo, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este Certificado se emite de manera electrónica, podrá consultarlo directamente a través de la página del Tocapu y también en el E-mail certificadosdigitales@2myn.com .

El certificado de calibración sin firmas y sello carece de validez.

ÁREA METROLOGÍA
LABORATORIO 02

2025-07-21
Fecha de emisión

VALENCIA VELASCO FERNANDO GABRIEL
CORPORACION 2M N S.A.C.
JEFE DE METROLOGIA LAB.02
jmetrologia@2myn.com
Fecha: 21/07/2025 12:49
Firmado con www.tocapu.pe

VELASCO NAVARRO MIRIAN ARACELI
CORPORACION 2M N S.A.C.
GERENTE GENERAL
gerencia@2myn.com
Fecha: 21/07/2025 18:14
Firmado con www.tocapu.pe

Código de Servicio: 05071-A **Cód. FT-M-04 Rev. 06**

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N S.A.C

Código de Seguridad QR

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

224-CM-M-2025
Área de Metrología

Expediente	:	482B-06-2025
Solicitante	:	**F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION**
Dirección	:	Mza. C Lote. 11 Sec. Pueblo Libre - Jaen - Cajamarca - Perú
Equipo/ Instrumento	:	**BALANZA DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMÁTICO**
Marca	:	OHAUS
Modelo	:	NV622ZH
Serie	:	834768517
Identificación	:	LAB-007 (*)
Ubicación	:	Área de Ensayo I
Procedencia	:	No indica
Capacidad máxima	:	620 g
Capacidad mínima	:	0,2 g (**)
División de escala (d)	:	0,01 g
División de verificación (e)	:	0,01 g (**)
Clase de exactitud	:	II **(**)**
Tipo	:	Electrónica
Fecha de calibración	:	2025-07-16
Lugar	:	Área de Ensayo I **F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION** Mza. C Lote. 11 Sec. Pueblo Libre - Jaen - Cajamarca - Perú
Método utilizado:	:	Por comparación de las indicaciones de la balanza contra cargas aplicadas de valor conocido(pesas patrón), según el PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase (I) y (II) ", 4ta. Edición, Abril - 2010, SNM-INDECOPI.

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Los resultados son válidos únicamente para el equipo calibrado en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del equipo o reglamentaciones vigentes.

Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del Sistema de Calidad

CORPORACIÓN 2M & N S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este equipo, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este Certificado se emite de manera electrónica, podrá consultarlo directamente a través de la página del Tocapu y también en el E-mail certificadosdigitales@2myn.com .

El certificado de calibración sin firmas y sello carece de validez.

CORPORACIÓN 2M & N S.A.C. ÁREA METROLOGÍA LABORATORIO 02

2025-07-22
Fecha de emisión

VALENCIA VELASCO FERNANDO GABRIEL
CORPORACION 2M N S.A.C.
JEFE DE METROLOGIA LAB.02
jmetrologia@2myn.com
Fecha: 22/07/2025 09:41
Firmado con www.tocapu.pe

VELASCO NAVARRO MIRIAN ARACELI
CORPORACION 2M N S.A.C.
GERENTE GENERAL
gerencia@2myn.com
Fecha: 22/07/2025 12:03
Firmado con www.tocapu.pe

Código de Servicio: 05072-A **Cód. FT-M-04 Rev. 06**

ROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N S.A.C

Código de Seguridad QR

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

225-CM-M-2025
Área de Metrología

Expediente	:	482B-06-2025
Solicitante	:	**F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION**
Dirección	:	Mza. C Lote. 11 Sec. Pueblo Libre - Jaen - Cajamarca - Perú
Equipo/ Instrumento	:	**BALANZA DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMÁTICO**
Marca	:	OHAUS
Modelo	:	SPX6201ZH
Serie	:	C213945170
Identificación	:	LAB-008 (*)
Ubicación	:	Área de Ensayo I
Procedencia	:	No indica
Capacidad máxima	:	6200 g
Capacidad mínima	:	5 g (**)
División de escala (d)	:	0,1 g
División de verificación (e)	:	0,1 g (**)
Clase de exactitud	:	II **(**)**
Tipo	:	Electrónica
Fecha de calibración	:	2025-07-16
Lugar	:	Área de Ensayo I **F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION** Mza. C Lote. 11 Sec. Pueblo Libre - Jaen - Cajamarca - Perú
Método utilizado:	:	Por comparación de las indicaciones de la balanza contra cargas aplicadas de valor conocido(pesas patrón), según el PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase (I) y (II) ", 4ta. Edición, Abril - 2010, SNM-INDECOPI

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP: 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Los resultados son válidos únicamente para el equipo calibrado en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del equipo o reglamentaciones vigentes.

Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del Sistema de Calidad

CORPORACIÓN 2M & N S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este equipo, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este Certificado se emite de manera electrónica, podrá consultarlo directamente a través de la página del Tocapu y también en el E-mail certificadosdigitales@2myn.com .

El certificado de calibración sin firmas y sello carece de validez.

CORPORACIÓN 2M & N S.A.C. ÁREA METROLOGÍA LABORATORIO 02

2025-07-21
Fecha de emisión

VALENCIA VELASCO FERNANDO GABRIEL
CORPORACION 2M N S.A.C.
JEFE DE METROLOGIA LAB.02
jmetrologia@2myn.com
Fecha: 21/07/2025 12:53
Firmado con www.tocapu.pe

VELASCO NAVARRO MIRIAN ARACELI
CORPORACION 2M N S.A.C.
GERENTE GENERAL
gerencia@2myn.com
Fecha: 21/07/2025 23:57
Firmado con www.tocapu.pe

Código de Servicio: 05073-A

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N S.A.C

CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.
Especialistas en Metrología

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LC - 024

INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Calibración
Acreditado
Registro N°LC - 024

Código de Seguridad QR

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

226-CM-M-2025
Área de Metrología

Expediente	:	482B-06-2025
Solicitante	:	**F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION**
Dirección	:	Mza. C Lote. 11 Sec. Pueblo Libre - Jaen - Cajamarca - Perú
Equipo/ Instrumento	:	**BALANZA DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMÁTICO**
Marca	:	OHAUS
Modelo	:	R21PE30ZH
Serie	:	8354661372
Identificación	:	LAB-010 (*)
Ubicación	:	Área de Ensayo II
Procedencia	:	No indica
Capacidad máxima	:	30000 g
Capacidad mínima	:	50 g (**)
División de escala (d)	:	1 g
División de verificación (e)	:	1 g (**)
Clase de exactitud	:	II **(**)**
Tipo	:	Electrónica
Fecha de calibración	:	2025-07-17
Lugar	:	Área de Ensayo II **F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION** Mza. C Lote. 11 Sec. Pueblo Libre - Jaen - Cajamarca - Perú
Método utilizado:	:	Por comparación de las indicaciones de la balanza contra cargas aplicadas de valor conocido(pesas patrón), según el PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase (I) y (II) ", 4ta. Edición, Abril - 2010, SNM-INDECOPI.

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Los resultados son válidos únicamente para el equipo calibrado en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del equipo o reglamentaciones vigentes.

Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del Sistema de Calidad

CORPORACIÓN 2M & N S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este equipo, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este Certificado se emite de manera electrónica, podrá consultarlo directamente a través de la página del Tocapu y también en el E-mail certificadosdigitales@2myn.com .

El certificado de calibración sin firmas y sello carece de validez.

CORPORACIÓN 2M & N S.A.C. ÁREA METROLOGÍA LABORATORIO 02

2025-07-22
Fecha de emisión

VALENCIA VELASCO FERNANDO GABRIEL
CORPORACION 2M N S.A.C.
JEFE DE METROLOGIA LAB.02
jmetrologia@2myn.com
Fecha: 22/07/2025 09:42
Firmado con www.tocapu.pe

VELASCO NAVARRO MIRIAN ARACELI
CORPORACION 2M N S.A.C.
GERENTE GENERAL
gerencia@2myn.com
Fecha: 22/07/2025 12:05
Firmado con www.tocapu.pe

Código de Servicio: 05074-A **Cód. FT-M-04 Rev. 06**

ROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N S.A.C

PINZUAR
LABORATORIO DE METROLOGÍA

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO No LC-079

INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Calibración Acreditado
Registro N° LC - 079

F&M ÁREA DE CALIDAD

Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud

L-01107-001 R0

Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

Equipo *Instrument*	TAMIZ 8 in.
Fabricante *Manufacturer*	PINZUAR
Modelo *Model*	GRANOTEST
Número de Serie *Serial Number*	99980
Identificación Interna *Internal Identification*	NO PRESENTA
Malla *Mesh*	No. 40.
Solicitante *Customer*	F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION
Dirección *Address*	MZ C LOTE 11 SECTOR PUEBLO LIBRE JAEN CAJAMARCA
Ciudad *City*	JAEN
Fecha de Calibración *Date of calibration*	2025 – 09 – 18
Fecha de Emisión *Date of issue*	2025 – 09 – 22

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos 03
Number of pages of the certificate and documents attached

Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and internationals standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsable for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan Certificado ***(Certificado firmado digitalmente)***
Signatures Authorizing the Certificate (Digitally signed certificate)

F&M ÁREA DE CALIDAD

Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología

Br. Felix Amadeo Jaramillo
Metrólogo Laboratorio de Metrología

Certificado firmado digitalmente.
LM-PC-12-F-01 R15.0

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.
Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao
(+51 1) 562 1263 Cel: 986 654 547 - 943 827 118
www.pinzuar.com.co

PINZUAR®
LABORATORIO DE METROLOGÍA

Certificado de calibración

Calibration Certificate

NA-01107-002 R0

Equipo *Instrument*	CAZUELA CASAGRANDE DIGITAL AUTOMATICO
Fabricante *Manufacturer*	PINZUAR
Modelo *Model*	PS-11S
Número de Serie *Serial Number*	0323
Identificación Interna *Internal Identification*	NO PRESENTA
Solicitante *Customer*	F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION
Dirección *Address*	MZ C LOTE 11 SECTOR PUEBLO LIBRE JAEN CAJAMARCA
Ciudad *City*	JAEN
Fecha de Calibración *Date of calibration*	2025 – 09 – 18
Fecha de Emisión *Date of issue*	2025 – 09 – 22

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this Certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and internationals standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsable for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos 04
Number of pages of the certificate and documents attached

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el Certificado, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del Certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado
Signatures Authorizing the Certificate

Ing. Felix Jaramillo Castillo
Metrologo - PINZUAR LTDA SUCURSAL DEL PERU

CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.
Especialistas en Metrología

Laboratorio de Calibración

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

013-CF-2024

Área de Metrología

Expediente	:	155D-02-2024
Solicitante	:	**F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION**
Dirección	:	Mz. C Lt. 11 Sec. Pueblo Libre - Jaen - Cajamarca - Perú
Equipo/ Instrumento	:	**PRENSA CBR**
Marca	:	PALIO
Modelo	:	PE70262
Serie	:	0422003
Identificación	:	LAB-018
Ubicación	:	Área de Ensayo I (*)
Procedencia	:	Perú
Alcance de indicación	:	5000 kgf
División de escala	:	0,1 kgf
Tipo de Indicación	:	Digital
Marca de indicador	:	No indica
Modelo de indicador	:	No indica
Serie de indicador	:	No indica
Dirección de Fuerza	:	Compresión
Fecha de calibración	:	2024-05-07
Lugar	:	**Área de Ensayo I - F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION** Mz. C Lt. 11 Sec. Pueblo Libre - Jaen - Cajamarca - Perú
Método utilizado:		Calibración por comparación con celda patrón tomando como referencia el procedimiento PC-032 "Procedimiento para la Calibración de Máquinas de Ensayo Uniaxiales" - DM- INACAL Primera Edición - Diciembre 2021

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Los resultados son válidos únicamente para el instrumento calibrado en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del equipo o reglamentaciones vigentes.

Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del Sistema de Calidad

CORPORACIÓN 2M & N S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este equipo, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

ALVAREZ NAVARRO ANGEL GUSTAVO
CORPORACION 2M N.S.A.C.
JEFE DE METROLOGIA LAB.01
metrologia@2myn.com
Fecha: 13/05/2024 11:46
Firmado con www.tocapu.pe

VELASCO NAVARRO MIRIAN ARACELI
CORPORACION 2M N.S.A.C.
GERENTE GENERAL
gerencia@2myn.com
Fecha: 13/05/2024 20:43
Firmado con www.tocapu.pe

2024-05-13
Fecha de emisión

Código de Servicio : 06221

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.
Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rimac - Lima - Perú | Telf.: (01) 381-6230 RPC: 989-645-623 / 961-505-209
Página web: www.2myn.com | Correos: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com

CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.
Especialistas en Metrología

Laboratorio de Calibración

EMPRESA HOMOLOGADA

Código de seguridad QR

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

056-CTR-2025

Área de Metrología

Expediente	:	482B-06-2025
Solicitante	:	**F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION**
Dirección	:	Mza. C Lote. 11 Sec. Pueblo Libre - Jaen - Cajamarca - Perú.
Equipo / Instrumento	:	**MÁQUINA DE ABRASIÓN LOS ÁNGELES**
Marca	:	PINZUAR
Modelo	:	PC-117
Serie	:	1388
Identificación	:	No indica
Ubicación	:	Área de Ensayo I
Procedencia	:	Colombia
Nro. de vueltas	:	0 a 9999
Resolución	:	1
Rango de Tiempo	:	No indica
Resolución de Tiempo	:	No indica
Potencia	:	220 V
Tipo de indicación	:	Digital
Fecha de calibración	:	2025-07-16
Lugar de Calibración	:	**Área de Ensayo I - F&M ENGINEERING AND CONSTRUCTION** Mza. C Lote. 11 Sec. Pueblo Libre - Jaen - Cajamarca - Perú.
Método utilizado	:	Calibración por comparación directa tomando como referencia el Manual de Ensayo de Materiales (EM 2000) "ABRASIÓN LOS ÁNGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 ½")" MTC E 207 – 2000, ASTM C131 y la ASTM C535

MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2. La incertidumbre fue determinada según la "guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del equipo o reglamentaciones vigentes.

Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad

CORPORACIÓN 2M & N S.A.C. no se responsabiliza de lo perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este equipo, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

CORPORACION 2M & N S.A.C. ÁREA METROLOGÍA LABORATORIO 02

VALENCIA VELASCO FERNANDO GABRIEL
CORPORACION 2M N S.A.C.
JEFE DE METROLOGIA LAB.02
jmetrologia@2myn.com
Fecha: 21/07/2025 16:36
Firmado con www.tocapu.pe

VELASCO NAVARRO MIRIAN ARACELI
CORPORACION 2M N S.A.C.
GERENTE GENERAL
gerencia@2myn.com
Fecha: 21/07/2025 16:59
Firmado con www.tocapu.pe

2025-07-21
Fecha de emisión

Código de Servicio: 07192

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.

Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rimac - Lima - Perú | Telf.: (01) 381-6239 RPC: 989 645 629 / 961 505 209

Figura A1

Prueba de resistencia del concreto reciclado para subbase



Nota. Elaboración propia

Figura A2.

Prueba de resistencia del concreto reciclado para subbase



Nota. Elaboración propia

Figura A3.

Prueba de resistencia del concreto reciclado para subbase



Nota. Elaboración propia

Figura A4.

Prueba de resistencia del concreto reciclado para subbase



Nota. Elaboración propia

Figura A5.

Mezclado del material de subbase con concreto reciclado



Nota. Elaboración propia

Figura A6.

Mezclado del material de subbase con concreto reciclado



Nota. Elaboración propia

Figura A7.

Ensayo de tamizado del material de subbase reciclado



Nota. Elaboración propia

Figura A8.

Ensayo de tamizado del material de subbase reciclado



Nota. Elaboración propia

Figura A9.

Determinación de la absorción del agregado fino reciclado



Nota. Elaboración propia

Figura A10.

Medición de la capacidad de absorción del agregado grueso



Nota. Elaboración propia

Figura A11.

Ensayo de peso unitario suelto del agregado fino



Nota. Elaboración propia

Figura A12.

Ensayo de densidad aparente del agregado grueso reciclado.

