

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UPLA
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

TESIS

**PARTÍCULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE
PIEDRA EN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA PARA
PAVIMENTOS RÍGIDOS DEL DISTRITO DE
PILCOMAYO-2022**

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

PRESENTADO POR:

Bach. ACUÑA MUCHA, Jhon Edson

ASESOR:

Ing. Manuel Iván Maita Pérez

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

NUEVAS TECNOLOGÍAS Y PROCESOS

HUANCAYO - PERÚ

2024

Dedicatoria

A mi familia y amistades por haberme motivado en el logro de mis metas profesionales y por haberme acompañado en todo este proceso.

Autor

Agradecimiento

A cada uno de los docentes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana Los Andes de quienes recibí clases, por haberme guiado en mi proceso de aprendizaje y por haberme enseñado lo maravillosa que es mi carrera.

A todos los profesionales que me acompañaron y asesoraron en el desarrollo del presente trabajo.

Jhon

CONSTANCIA DE SIMILITUD



Oficina de
Propiedad Intelectual
y Publicaciones

NUOVOS
NUOVOS
NUOVOS

CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0208 - FI -2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la Tesis; titulada:

PARTÍCULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA EN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS DEL DISTRITO DE PILCOMAYO- 2022

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : Bach. ACUÑA MUCHA JHON EDSON

Facultad : INGENIERÍA

Escuela Académica : INGENIERÍA CIVIL

Asesor(a) : Ing. MAITA PÉREZ MANUEL IVÁN

Fue analizado con fecha 05/06/2024; con 137 págs.; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

X

Excluye citas.

X

Excluye Cadenas hasta 20 palabras.

X

Otro criterio (especificar)

El documento presenta un porcentaje de similitud de 13 %.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: **Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.**

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.



Huancayo, 05 de junio del 2024.

MTRA. LIZET DORIELA MANTARI MINCAMI
JEFA

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

DR. Rubén Darío Tapia Silguera

DECANO

Mg. Miguel Ángel Pinado Santos

JURADO

Ing. Edinson José Porras Arroyo

JURADO

Ing. Gerson Dennis Parejas Sinchitullo

JURADO

Ing. Untiveros Peñaloza, Leonel.

SECRETARIO DOCENTE

Contenido

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Constancia de similitud	iv
Hoja de conformidad de los jurados	v
Contenido	vi
Contenido de tablas	ix
Contenido de figuras	x
Resumen	xi
Abstract	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. Descripción de la realidad problemática	3
1.2. Delimitación del problema	6
1.2.1. Delimitación espacial	6
1.2.2. Delimitación temporal	7
1.2.3. Delimitación conceptual o temática	7
1.2.4. Delimitación económica	8
1.3. Formulación del problema	8
1.3.1. Problema general	8
1.3.2. Problemas específicos	8
1.4. Justificación	8
1.4.1. Social	8
1.4.2. Teórica	9
1.4.3. Metodológica	9
1.4.4. Objetivo general	9
1.4.5. Objetivos específicos	10
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	11
2.1. Antecedentes	11
2.1.1. Antecedentes nacionales	11

2.1.2.	Antecedentes internacionales	15
2.2.	Bases Teóricas o Científicas	19
2.2.1.	Concreto de alta resistencia para pavimentos rígidos.....	19
2.2.2.	Partículas residuales del chancado de piedra	38
2.3.	Marco conceptual (de las variables y dimensiones)	52
CAPÍTULO III HIPÓTESIS		54
3.1.	Hipótesis general.....	54
3.2.	Hipótesis específicas.....	54
3.3.	Variables	54
3.3.1.	Definición conceptual de la variable	54
3.3.2.	Definición operacional de la variable	55
3.3.3.	Operacionalización de la variable	55
CAPÍTULO IV METODOLOGÍA		57
4.1.	Método de investigación	57
4.1.1.	Método general.....	57
4.1.2.	Método específico.....	57
4.2.	Tipo de investigación.....	58
4.3.	Nivel de investigación.....	58
4.4.	Diseño de la investigación.....	58
4.5.	Población y muestra	59
4.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	60
4.6.1.	Técnicas de recolección de datos	60
4.6.2.	Instrumentos de recolección de datos	60
4.7.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	61
4.8.	Aspectos éticos de la Investigación	62
CAPÍTULO V RESULTADOS.....		63
5.1.	Descripción del diseño tecnológico	63
5.2.	Descripción de resultados.....	65
5.2.1.	Resultados de compresión.....	65
5.2.2.	Resultados de flexión	67
5.3.	Contrastación de hipótesis.....	69

5.3.1. Primera hipótesis específica	69
5.3.2. Segunda hipótesis específica	72
5.3.3. Hipótesis principal	74
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	76
CONCLUSIONES.....	82
RECOMENDACIONES	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
ANEXOS	89
Matriz de Consistencia.....	90
Matriz de operacionalización de variables	92
Matriz de operacionalización del instrumento.....	93
Instrumento de investigación y constancia de su aplicación	94
Validez del instrumento	95
La data de procesamiento de datos	98
Fotografía de la aplicación del instrumento	100
Ensayos de laboratorio.....	115

Contenido de tablas

Tabla 1 <i>Comparativa del análisis del funcionamiento de los pavimentos rígidos y flexibles</i>	27
Tabla 2 <i>Valores de diferencial de temperatura por cada espesor de losa</i>	34
Tabla 3 <i>Granulometría del agregado grueso</i>	40
Tabla 4 <i>Propiedades físicas del granito</i>	46
Tabla 5 <i>Composición química del polvo de granito</i>	46
Tabla 6 <i>Promedio de resistencia a la compresión según la edad de las muestras</i> ..	65
Tabla 7 <i>Promedio de resistencia a la compresión según el agregado de partículas residuales</i>	65
Tabla 8 <i>Promedios de resistencia a la compresión según el agregado de partículas residuales y la edad de las muestras</i>	66
Tabla 9 <i>Promedio de resistencia a la flexión según la edad de las muestras</i>	67
Tabla 10 <i>Promedios de resistencia a la flexión según el agregado de partículas residuales y la edad de las muestras</i>	67
Tabla 11 <i>Promedios de resistencia a la flexión según el agregado de partículas residuales y la edad de las muestras</i>	68
Tabla 12 <i>Resultados prueba de ANOVA – Edad de muestras</i>	70
Tabla 13 <i>Pruebas post hoc (Tukey) – Edad de muestras</i>	70
Tabla 14 <i>Subconjuntos homogéneos – Edad de muestras</i>	70
Tabla 15 <i>Prueba de normalidad - % de agregado</i>	70
Tabla 16 <i>Prueba de Mann-Whitney (rangos) - % de agregado</i>	70
Tabla 17 <i>Prueba de Mann-Whitney (estadísticos) - % de agregado</i>	70
Tabla 18 <i>Resultados prueba de ANOVA – Edad de muestras</i>	72
Tabla 19 <i>Pruebas post hoc (Tukey) – Edad de muestras</i>	73
Tabla 20 <i>Subconjuntos homogéneos – Edad de muestras</i>	73
Tabla 21 <i>Resultados prueba de ANOVA – % de agregado</i>	73

Contenido de figuras

Figura 1 <i>Ubicación del distrito de Pilcomayo</i>	7
Figura 2 <i>Opción de base asfáltica</i>	28
Figura 3 <i>Opción de selección especial de base de suelo</i>	29
Figura 4 <i>Carga del eje colocada en medio de la losa de pavimento</i>	33
Figura 5. <i>Módulo de fineza</i>	42
Figura 6 <i>Proceso de producción del polvo residual del granito</i>	47
Figura 7. <i>Arcilla en terrones y partículas desmenuzables</i>	63
Figura 8. <i>Arcilla en terrones y partículas desmenuzables</i>	64
Figura 9 <i>Promedios de resistencia a la compresión según el agregado de partículas residuales y la edad de las muestras Ubicación del distrito de Pilcomayo</i>	66
Figura 10 <i>Promedios de resistencia a la flexión según el agregado de partículas residuales y la edad de las muestras Ubicación del distrito de Pilcomayo</i>	68

Resumen

Problema: ¿Cuál es la influencia de las partículas residuales del chancado de piedra en el concreto de alta resistencia de pavimentos rígidos en el Distrito de Pilcomayo – 2022? **Objetivo:** Determinar cómo las partículas residuales del chancado de piedra influyen en el diseño de concreto de alta resistencia para pavimento rígido en el Distrito de Pilcomayo – 2022. **Metodología:** Tipo tecnológica, nivel explicativo, y diseño experimental; la muestra fue 40 probetas cilíndricas, y, se empleó la observación. **Resultados:** la resistencia a la compresión fue mayor a medida que la edad de las muestras aumenta, ya que el promedio de resistencia de espécimen de las muestras con 7 días de edad fue 207.4 Kg/cm², con 21 días fue 266.9 Kg/cm², y con 28 días fue 377.4 Kg/cm². Por otro lado, el módulo de rotura se incrementó a medida que la edad de las muestras es mayor, pues las muestras con 7 días de edad tuvieron un promedio de 3.42 MPa, con 14 días fue 3.71 MPa, las con 21 días fue 4.07 MPa, y con 28 días fue 4.31 MPa. **Conclusión:** Las partículas residuales del chancado de piedra influyen positivamente en el diseño de concreto de alta resistencia para pavimentos rígidos en el distrito de Pilcomayo-2022. **Recomendación:** Desarrollar propuestas innovadoras para mejorar la resistencia de los pavimentos que denotan rigidez, usando partículas residuales para extender el tiempo de vida de tales edificaciones, con una inversión mínima y manteniendo la sostenibilidad de los recursos naturales.

Palabras clave: Partículas residuales, chancado de piedra, concreto de alta resistencia, permeabilidad, pavimentos rígidos.

Abstract

Problem: What is the influence of residual particles from stone crushing on the high-resistance concrete of rigid pavements in the Pilcomayo District – 2022? **Objective:** Determine how residual particles from stone crushing influence the design of high-resistance concrete for rigid pavement in the Pilcomayo District – 2022. **Methodology:** Technological type, explanatory level, and experimental design; The sample was 40 cylindrical specimens, and observation was used. **Results:** the compressive strength was greater as the age of the samples increased, since the average specimen resistance of the samples with 7 days of age was 207.4 Kg/cm², with 21 days it was 266.9 Kg/cm², and at 28 days it was 377.4 Kg/cm². On the other hand, the modulus of rupture increased as the age of the samples increased, since the samples that were 7 days old had an average of 3.42 MPa, with 14 days it was 3.71 MPa, and those with 21 days was 4.07 MPa. , and with 28 days it was 4.31 MPa. **Conclusion:** Residual particles from stone crushing positively influence the design of high-resistance concrete for rigid pavements in the Pilcomayo-2022 district. **Recommendation:** Develop innovative proposals to improve the resistance of pavements that denote rigidity, using residual particles to extend the life of such buildings, with a minimum investment and maintaining the sustainability of natural resources.

Keywords: Residual particles, stone crushing, high-strength concrete, rigid pavements

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de proyectos de Ingeniería Civil relacionados a la construcción de pavimentos para carreteras favorece la intercomunicación de las ciudades y garantiza un adecuado funcionamiento de las actividades económicas (1). Debido a ello, es necesario reconocer que un adecuado diseño del concreto para la construcción de pavimentos es fundamental en esta clase de proyectos. Esto se debe a que la estructura mencionada recibe una gran parte de los esfuerzos causados por el tránsito vehicular (2). Del mismo modo, en lo referente a la durabilidad y resistencia de los pavimentos, Huamán y Chang (3), mencionan que también se encuentran influenciadas por el clima de la zona, donde se ubican. Esto ocasiona que el proceso del diseño incremente, aún más, su relevancia y aumente su complejidad. La situación anterior se presenta con frecuencia en ciudades como Huancayo, donde varios tramos de sus carreteras presentan una disminución de la vida útil debido al uso continuo y factores ambientales (4).

Por otra parte, el uso de materiales innovadores de construcción que se puedan integrar a una mezcla de concreto surge como una alternativa de solución para aumentar su resistencia y mejorar sus propiedades mecánicas. De la misma manera, estos materiales deben tener un impacto mínimo al medio ambiente, razón por la cual, varios investigadores proponen a los residuos provenientes de otras actividades como una opción viable (5). Un ejemplo de ello es el uso de las partículas residuales generadas por el chancado de piedra, que pueden integrarse de manera satisfactoria al concreto. Este tipo de residuo es capaz de aumentar la resistencia a la compresión en un 15%, mejora su tolerancia al desgaste y no provoca expansiones perjudiciales (6).

Con base en lo mencionado anteriormente, surge la siguiente cuestión: ¿Cómo influye las partículas residuales del chancado de piedra en el diseño de concreto de alta resistencia para pavimento rígido en el distrito de Pilcomayo-2022? Este planteamiento surge con el objetivo determinar la influencia de la incorporación de partículas residuales de piedra chancada en el diseño del concreto de alta resistencia para pavimento rígido. Adicionalmente, se analiza la influencia del agregado grueso del chancado de piedra en el diseño de concreto de alta resistencia para pavimento rígido; así como evaluar la influencia del agregado fino del chancado de piedra en el diseño de concreto de alta resistencia para pavimento rígido en el distrito de

Pilcomayo-2022. Por ello, la metodología aplicada indica lo siguiente: la investigación es de tipo tecnológico, tiene un nivel de investigación explicativo y el diseño del estudio es de tipo experimental, usando el método científico. De la misma manera, la población que es analizada corresponde a un conjunto de probetas diseñadas con concreto de alta resistencia para pavimentos rígidos, con un valor de resistencia a la compresión de 280 kg/cm². Esto es realizado a los 7, 14, 21 y 28 días de edad de concreto en el distrito de Pilcomayo, Huancayo en el año 2021 y 2022, y el tamaño muestral corresponde a un grupo de treinta probetas cilíndricas.

Por lo mencionado, la indagación se encuentra formada por capítulos: **En el primer capítulo** de la presente tesis, se define el planteamiento del problema, lo cual incluye una descripción de la realidad problemática. De igual forma, se presenta la delimitación, la formulación del problema, la identificación de los problemas específicos, la justificación y el planteamiento de los objetivos. **En el segundo capítulo**, se muestra el marco teórico, donde se ubican los antecedentes, las bases teóricas y el marco conceptual de las variables. **En el tercer capítulo** se encuentra el planteamiento de la hipótesis, la definición conceptual y operacional de la variable; y su operacionalización. **En el cuarto capítulo**, se ubica la metodología de la investigación; esto incluye el planteamiento del método de estudio, el tipo, nivel y diseño de investigación; adicionalmente a ello, se presenta la población, la muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, las técnicas de procesamiento y los aspectos éticos de la investigación. **En el quinto capítulo**, se exponen los hallazgos de la investigación, se ponen a prueba las hipótesis y se discuten los resultados en una comparación con las bases teóricas y los antecedentes. Posteriormente a ello, se muestran las referencias bibliográficas y los anexos respectivos.

El autor

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

A nivel internacional, la construcción se ha convertido en una de las actividades económicas con mayor importancia a nivel global, pues lleva a la explotación de materiales como el cemento. En este marco, entre las sub actividades que destacan se encuentra la construcción de carreteras, el cual favorece el desarrollo del comercio, reduce los costos en el transporte y disminuye el tiempo de desplazamiento, dinamizando de esta manera las actividades económicas en su zona de influencia (1). Por lo mencionado, es pertinente mencionar que el diseño del concreto de pavimentos se entiende como una de las actividades principales en la planificación de un proyecto de este tipo. Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), (7), en la Norma E.60 de Concreto Armado, el concreto se entiende como una mezcla de cemento Portland en unión al agregado fino, grueso y agua. Por otra parte, el pavimento rígido es definido como una losa de concreto simple o armado, la cual se encuentra sobre una sub-base y una base; esta estructura recibe gran parte de los esfuerzos que se aplican sobre el pavimento, distribuyéndose estos de una forma adecuada (2).

A nivel nacional, según Schwab (8), en su Reporte de Competitividad Global, el Perú se ubica en el puesto 102 de las 141 economías que se evaluaron en los indicadores de conectividad de vías. Del mismo modo, en lo referente a la calidad e infraestructura de carreteras, se logró el lugar N° 110, lo que evidencia la alarmante

realidad del país en la situación actual de su infraestructura vial, es decir, evidencia la necesidad de mejorar la construcción y el mantenimiento de las carreteras por medio de la implementación de materiales innovadores que contribuyan a la resistencia de la compresión y flexión. Como señalan Huamán y Chang (3), la durabilidad y resistencia de los pavimentos se encuentran influenciados directamente por el clima de la zona donde esta se ubica; igualmente, les brindan importancia a otros indicadores como la magnitud y frecuencia de las cargas de tránsito, calidad de los materiales que se emplearon en el diseño del concreto, humedad, proceso constructivo, entre otros. 4, pp. 139-149, vol. 1. Según los autores mencionados, en este aspecto, la geografía y la gama de climas del Perú son muy diversas, lo que incrementa la complejidad del diseño y la aplicación adecuada de los pavimentos rígidos.

En adición a las condiciones geográficas, se presenta un incremento alarmante de la cantidad de vehículos que circulan a causa del crecimiento demográfico (9). Por otro lado, la Gerencia de Estudios Económicos de la Asociación Automotriz del Perú (10) señala que la venta de vehículos livianos en el año 2021, hasta el mes de octubre, superó en 47% en comparación al año 2020. Este aumento constante del número de vehículos operativos ocasiona deterioros en la plataforma vehicular, lo que a su vez genera pérdidas económicas y accidentes (11). Según Huarcaya (4), en Huancayo, varios tramos de la carretera Central presentan una disminución de la vida útil debido al uso continuo y factores ambientales, además no fueron construidos con buenos materiales, algunas no cumplían lo establecido en la normativa lo cual afectaba a la resistencia de la compresión y flexión del concreto, generando la disminución de la resistencia, deformaciones prematuras afectando a la estabilidad y capacidad de carga de la estructura, frente a condiciones ambientales ocasionaron degradación (cambios extremos de temperatura), vida útil más corta y riesgos en la seguridad de la población. Este caso representa un problema serio para los transportistas y los transeúntes que hacen uso de estas vías, los cuales demandan la atención de las autoridades organizaciones pertinentes como Provías o Deviandes.

Asimismo, debido al impacto de la industria de la construcción en el medio ambiente, la comunidad académica busca opciones innovadoras de materiales de construcción que brinden resultados adecuados. Es decir, se busca integrar nuevos elementos al diseño del concreto convencional con la finalidad de disminuir el costo

de su producción y disminuir la contaminación que surge de esta actividad (5). Debido a ello, Chavarry (6) propone a las partículas residuales provenientes del chancado de piedra como una alternativa a esta situación; este material también denominado “arena blanca” se obtiene de la piedra de granito luego de su trituración, es movilizado a través de fajas transportadoras y se almacena al aire libre. En ese estudio consideró la adición del 5%, 10% y 15% los cuales tuvieron una resistencia a compresión de 388 kg/cm², 408 kg/cm², 413 kg/cm² y 393 kg/cm² respectivamente.

Las partículas residuales del chancado de piedra son consideradas como el producto obtenido de las plantas trituradoras de piedra. Según investigaciones, estas exhiben una alta resistencia al corte y son beneficiosas para su uso como material geotécnico; asimismo, su resistencia al corte puede mejorar su uso potencial como material de subbase en pavimentos flexibles y también como material de terraplén. Motivo por el que, basados en las cualidades inherentes de los suelos, pueden ser fácilmente aceptables como material de construcción en estructuras de ingeniería civil (Tarun et al., 2016). A nivel nacional, Chavarry (6), en su estudio, evidenció un aumento de la resistencia del concreto en un 15%; asimismo, se mejora la resistencia al desgaste del concreto y no provoca expansiones perjudiciales a largo plazo. Análogamente a ello, es necesario mencionar que las actividades relacionadas a la obtención de este material, como el tamizado de las partículas de piedra chancada y la posterior elaboración del concreto pueden generar nuevos puestos de trabajo.

A nivel regional, en Pilcomayo, se ha identificado como problemática, el uso de este material ha sido calificado como “desmedido”, pues, según reportes del diario Correo (12), en el año 2015 se presentaron cien expedientes para la extracción de piedra y arena del Río Mantaro en Huancayo; de la totalidad de estos proyectos, el 20% fue rechazado por no garantizar el surgimiento de un impacto negativo en el área. El informe agrega que en Chupuro y Viques, distritos pertenecientes a esta ciudad, se detectaron áreas informales de extracción y al menos diez de estas fueron clausuradas por la sobreexplotación de sus recursos tras varios años. Este tipo de actividades genera una gran cantidad de residuos, los cuales son desechados en los ríos o depositados a la intemperie, causando la contaminación del medio ambiente.

Bajo esta situación, se plantea que la resistencia y la durabilidad de la carretera de Pilcomayo, se debe en gran medida a los parámetros de diseño del concreto

que se hayan considerado. Entre estos se pueden nombrar a la dosificación de materiales, la calidad de estos y los procedimientos relacionados a la preparación del hormigón. Del mismo modo, en el diseño se debe hacer uso de materiales o aditivos que permitan mejorar las propiedades mecánicas y funcionales del concreto, entre los que se pueden mencionar a aquellos provenientes de los residuos de canteras, tales como el polvillo de piedra chancada; es decir, se propone a las partículas provenientes de la trituración de piedras como un material de reforzamiento para la elaboración del concreto. En base a lo mencionado en los párrafos anteriores, el objetivo de esta investigación es determinar la influencia de las partículas residuales del chancado de piedra en el diseño de concreto de alta resistencia para pavimento rígido en el distrito de Pilcomayo-2022.

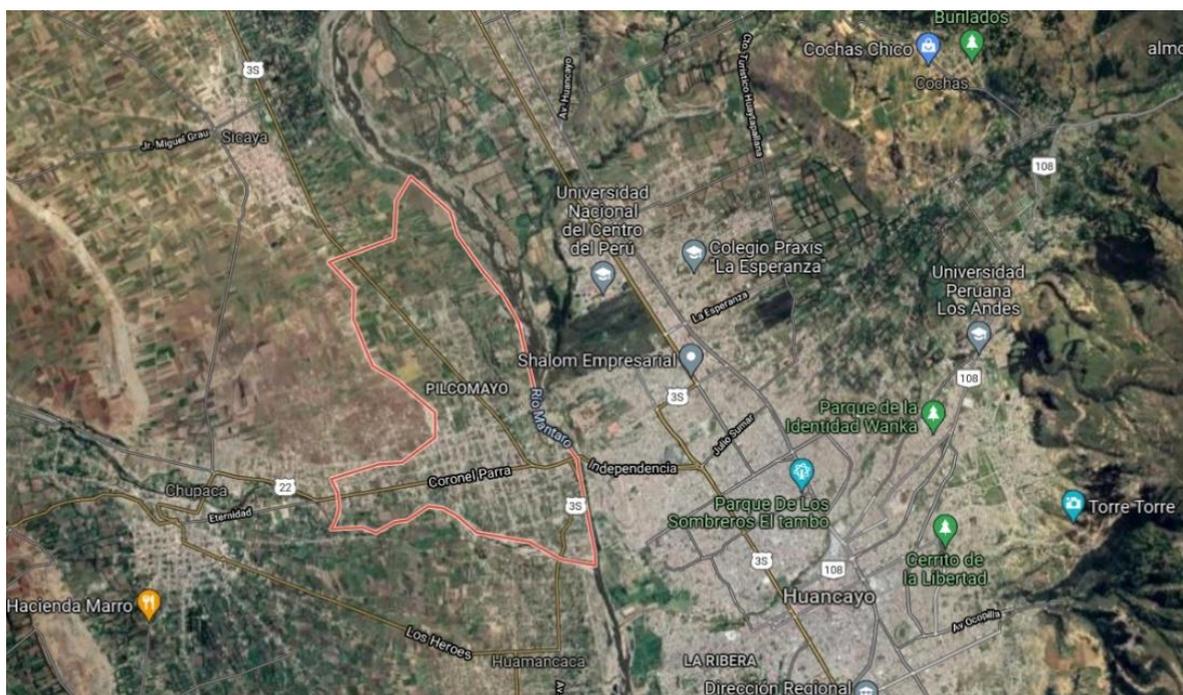
1.2. Delimitación del problema

1.2.1. Delimitación espacial

La investigación se realizó en el distrito de Pilcomayo, ubicado en la provincia de Huancayo, región Junín. Esto se debe a que las carreteras principales de dicho distrito conectan la provincia de Chupaca con la provincia de Huancayo como se observa en la Figura 1, lo cual es importante para el desarrollo económico de la región. Asimismo, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática la población del distrito de Pilcomayo se encuentra en constante crecimiento anual, lo cual evidencia la importancia del uso de estas vías.

Figura 1

Ubicación del distrito de Pilcomayo



Nota. Límites del distrito de Pilcomayo, ubicado en el distrito de Huancayo. Tomado de “Google Maps”.

1.2.2. Delimitación temporal

La investigación “Diseño de concreto de alta resistencia para pavimento rígido incorporando partículas residuales del chancado de piedra en el distrito de Pilcomayo 2022”, se inició en el mes de diciembre del año 2021 y concluyó en mayo de 2022.

1.2.3. Delimitación conceptual o temática

La investigación hizo referencia el diseño y posterior ensayo en laboratorio del concreto para pavimentos rígidos mediante la incorporación de partículas residuales derivadas del chancado de piedra. Debido a ello, se siguió la normativa ACI 325.9R, la cual estandariza las proporciones de los materiales necesarios para realizar las mezclas de concreto para pavimentos (13). Asimismo, las pruebas que se realizaron se basaron en lo exigido por el reglamento ASTM C39, el cual dispone los procedimientos correctos en laboratorio para determinar la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos (14).

1.2.4. Delimitación económica

El uso de los materiales, ensayos de laboratorios y otros aspectos económicos fueron delimitados en función al presupuesto, el cual fue autofinanciado por el investigador.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es la influencia de las partículas residuales del chancado de piedra en el concreto de alta resistencia de pavimentos rígidos en el Distrito de Pilcomayo – 2022?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la influencia de las partículas residuales del chancado de piedra en la resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia de pavimentos rígidos en el distrito de Pilcomayo-2022?
- ¿Cuál es la influencia de las partículas residuales del chancado de piedra en la resistencia a la flexión del concreto de alta resistencia de pavimentos rígidos en el distrito de Pilcomayo-2022?

1.4. Justificación

1.4.1. Social

Los resultados de la indagación, contribuyeron con información relevante sobre el uso de las partículas residuales de la trituración de piedra para presentar un material “novedoso” en beneficio de la industria de la construcción. Aludiendo a que este material optimizó la infraestructura de la red vial, manifestando ser sumamente útil para mejorar la calidad de vida de los habitantes y reduciendo el impacto ambiental, lo que significa, su contribución con el desarrollo sostenible al emplear residuos y brinda una alternativa para evitar el uso excesivo de los recursos naturales, según lo manifestado por Chavarry (6), entonces sería útil para el distrito de Pilcomayo. Además, por su bajo costo origina el surgimiento de otras actividades económicas derivadas del procesamiento y producción de este material.

1.4.2. Teórica

El estudio brinda aportes teóricos acerca del reforzamiento de una mezcla de concreto con las partículas residuales resultantes de la piedra chancada. De la misma manera, extendió el marco teórico del diseño de concreto de alta resistencia para la construcción de un pavimento rígido. Por tanto, se considera que esta tesis, es una propuesta innovadora, aplicada en el distrito de Pilcomayo, ya que permitió optimizar las propiedades del concreto, garantizando su resistencia y durabilidad mediante la aplicación de la normativa y equipos que permitan evaluar y analizar la data obtenida. Es decir, los resultados encontrados permitieron realizar generalizaciones del lugar de estudio. En este sentido, la información lograda en la indagación contribuyó con ampliar el marco teórico existente sobre el uso de partículas residuales del chancado de piedra en el concreto de alta resistencia de pavimentos rígidos.

1.4.3. Metodológica

Las metodologías y técnicas empleadas representan otra propuesta de investigación, es decir, los instrumentos proponen el análisis tecnológico, haciendo el uso de la ficha de observación y la aplicación según los estándares definidos por los códigos ACI, ASTM y RNE E.060, incluyendo la fabricación de las probetas de concreto fabricado con las partículas residuales de piedra chancada y los posteriores ensayos de resistencia a la flexión y compresión de las muestras. Asimismo, se realizaron ensayos de durabilidad y un análisis de los costos unitarios invertidos en la producción de este material. Por otra parte, es pertinente mencionar que para los procesos realizados en laboratorio se emplearon fichas técnicas con la finalidad de recolectar datos de campo. En conjunto, podrían servir como aporte para futuras investigaciones relacionadas al reforzamiento de concreto mediante la adición de un material residual.

1.4.4. Objetivo general

Determinar la influencia de las partículas residuales del chancado de piedra en el concreto de alta resistencia de pavimentos rígidos en el Distrito de Pilcomayo – 2022.

1.4.5. Objetivos específicos

- Analizar la influencia de las partículas residuales del chancado de piedra en la resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia de pavimentos rígidos en el distrito de Pilcomayo-2022.
- Establecer la influencia de las partículas residuales del chancado de piedra en la resistencia a la flexión del concreto de alta resistencia pavimentos rígidos en el distrito de Pilcomayo-2022.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes nacionales

Chavarry (6) desarrolló la tesis “Elaboración de concreto de alta resistencia incorporando partículas residuales del chancado de piedra de la cantera Talambo, Chepén”, elaborado para la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, a modo de lograr el grado de “Ingeniero Civil Ambiental”, en la ciudad de Chiclayo.

Objetivo: evaluar el efecto de la adición de polvo de granito derivado de las partículas obtenidas de la piedra chancada de la cantera Talambo, Chepén. La metodología fue de enfoque cuantitativo, de nivel explicativo y de diseño experimental de corte transversal. **Solución:** Una mezcla de concreto convencional y otra con la adición de polvo de granito de las partículas de la piedra chancada en distintos porcentajes (5%, 10% y 15%), luego se prepararon probetas para ser evaluadas mediante ensayos de resistencia a la compresión y durabilidad. Los **resultados** relacionados a la resistencia a la compresión muestran que el concreto patrón (0% de polvo de granito), adicionado con 5%, 10% y 15% de partículas tuvieron una resistencia a compresión de 388 kg/cm², 408 kg/cm², 413 kg/cm² y 393 kg/cm² respectivamente. Además, las pruebas de durabilidad arrojaron que el porcentaje de desgaste del concreto patrón y el concreto adicionado con 10% es de 75% y 65% respectivamente. **Aporte de la investigación:** que la adición de partículas de polvo de

granito a base de piedra chancada mejora las propiedades estructurales del concreto y se reduce el impacto ambiental en la sociedad. Entonces, el aporte de este estudio fue utilizar un material innovador que contribuye con mejorar la resistencia de la compresión del concreto.

Carrasco (15) realizó la tesis “Resistencia por compresión y módulos de rotura en pavimentos rígidos, incorporando microsílíce y un policarboxilato”, elaborado para la Universidad Ricardo Palma, para optar el grado de Maestría en Ingeniería Vial con Mención en carreteras, puentes y túneles, en la ciudad de Lima.

El **objetivo** de la investigación fue determinar la resistencia relacionada a la compresión y el módulo de rotura del pavimento de tipo rígido, **Solución**: añadir en la mezcla de concreto 5% de microsilice y 0.5%, 1% y 2% de policarboxilato. El tipo de esta investigación fue descriptiva, el método empleado fue el deductivo y su diseño fue experimental. La población analizada fueron las probetas resultantes de las diferentes pruebas de laboratorio sobre la resistencia a compresión y las vigas para el módulo de rotura con las diferentes combinaciones de aditivos. Se obtuvo como **resultado** que la resistencia a la compresión aumenta significativamente en la adición de 10% de microsílíce y 1% de policarboxilato. El autor concluye que la adición de microsílíce y policarboxilato en el diseño de la losa para el pavimento rígido aumenta la resistencia de la compresión de 295 kg/cm² a 347 kg/cm² respecto al diseño sin la adición de algún material. **Aporte de la investigación**: utilizar un material innovador en distintas proporciones y evaluar su contribución para mejorar la resistencia de la compresión del concreto.

Alvarado y Roque (16) elaboraron la tesis “Uso de polvo de grafito como aditivo en el concreto $f'c$ 210 kg/cm² a fin de mejorar las propiedades mecánicas del concreto”, desarrollado para la Universidad de San Martín de Porres, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, a modo de lograr el grado de “Ingeniero Civil”, en la ciudad de Lima.

El **objetivo** de la investigación tuvo como propósito determinar el efecto del polvo de grafito en las propiedades estructurales del concreto de $f'c = 210$ kg/cm². La metodología utilizada en la presente investigación fue de enfoque cuantitativo, el tipo fue aplicado, el nivel fue descriptivo y el diseño utilizado fue experimental. **Solución**:

fabricar 15 probetas para cada diseño (patrón, adicionado con 2%, 2.5% y 3% de grafeno), luego se aplicó pruebas de resistencia a la compresión y flexión. El **resultado** de la investigación evidenció que la resistencia a los 28 días del diseño patrón, adicionado con 2%, 2.5% y 3% fue de $f'c = 290.00 \text{ kg/cm}^2$, $f'c = 297.50 \text{ kg/cm}^2$, $f'c = 297.50 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 302.00 \text{ kg/cm}^2$ respectivamente. De la misma forma, la resistencia a la flexión obtenida del diseño patrón, adicionado con 2%, 2.5% y 3% fue de $f'y = 43.00 \text{ kg/cm}^2$, $f'y = 44.00 \text{ kg/cm}^2$, $f'y = 46.00 \text{ kg/cm}^2$ y $f'y = 51.00 \text{ kg/cm}^2$ respectivamente. La investigación concluyó que el polvo de grafito tuvo un efecto significativo en el aumento de la resistencia a compresión y flexión del concreto siendo la más óptima la adición de 3% de polvo de grafito. **Aporte de la investigación:** utilizar un material innovador en distintas proporciones y evaluar su contribución para mejorar la resistencia de la compresión y flexión del concreto al comparar con el patrón.

Zuñiga y Condori (17) elaboraron la tesis “Influencia de adiciones de microsílíce en la resistencia a la compresión del concreto producido con agregados de la cantera de Arunta de la ciudad de Tacna”, realizado para la Universidad Privada de Tacna, con la finalidad de lograr el grado de “Ingeniero Civil”, en la ciudad de Tacna.

El **objetivo** de la presente investigación fue evaluar la influencia de las adiciones de microsílíce en la resistencia a compresión del concreto. La metodología empleada fue de tipo explicativo y el diseño fue experimental. La población escogida para esta tesis fueron 30 probetas diseñadas con concreto patrón (MP), **Solución:** 30 con adición de 4% de microsílíce (MMS-4) y 30 con adición de 8% microsílíce (MMS-8), analizando en total 90 muestras para el ensayo a compresión. La investigación tuvo como **resultado** que a los 28 días las muestras MP, MMS-4 y MMS-8 obtuvieron resistencias a la compresión de 312 kg/cm^2 , 334.89 kg/cm^2 y 396.42 kg/cm^2 respectivamente. Los autores concluyeron que la incorporación de microsílíce, si impacta en la resistencia a la compresión del concreto. Esto se evidencia en los resultados de las pruebas de laboratorio, en la que se destacó la adición de 8 % de microsílíce. **Aporte de la investigación:** utilizar un material innovador en distintas proporciones y evaluar su contribución para mejorar la resistencia de la compresión del concreto.

Mondragón (18) realizó la tesis “Comparación entre el concreto convencional y el concreto con barita en polvo como sustituyente del agregado fino”, realizado para la Universidad Señor de Sipán, para optar el grado de “Ingeniero Civil”, en la ciudad de Chiclayo.

El **objetivo** fue evaluar las diferentes propiedades resistentes del concreto convencional en distintos estados y concreto añadido con barita en diversos porcentajes para así compararlos. Esta investigación fue de tipo cuantitativa y diseño cuasiexperimental. La población que se analizó estuvo conformada por 25 muestras significativas. **Solución:** desarrollar ensayos efectuados a compresión y tracción. Los **resultados** mostraron que la resistencia a la compresión a los 28 días para el concreto patrón fue mayor en comparación a un concreto con barita en porcentajes de 5%, 70% y 100% respecto al agregado fino. Asimismo, en la prueba de tracción diametral, la resistencia a la tracción a los 28 días del concreto patrón es menor que la obtenida en un concreto adicionado con 5% de barita. El autor concluye que la resistencia a la compresión se reduce a medida que se añade barita en distintos porcentajes. Respecto a los ensayos de tracción, las muestras adicionadas con polvo de barita no tienen un comportamiento lineal y en algunos casos el valor de resistencia es mayor al concreto patrón y en otros no. **Aporte de la investigación:** utilizar un material innovador en distintas proporciones y evaluar su contribución para mejorar la resistencia de la compresión del concreto.

Cuba, et al. (19) desarrollaron el artículo de investigación “Mejoramiento de la resistencia del concreto mediante el uso de ceniza en la ciudad de Huancayo – 2019”, elaborado para la “Universidad Continental”, en el área de “Redacción Científica y Académica”, en la ciudad de Huancayo.

La presente investigación tuvo como **objetivo** la determinar la resistencia a la compresión resultante de adicionar ceniza volante al concreto. Este material fue generado por la combustión del carbón en la planta eléctrica “Electro Centro” y fue integrado a mezclas convencionales de concreto en proporciones de 0%, 5% y 10%. Posteriormente, en lo referente a la población, cada muestra fue encofrada en 3 viguetas de 6 cm x 12 cm y **Solución:** una vez fraguadas las viguetas permanecieron en reposo hasta el día del ensayo a la compresión según los lineamientos de la NTP 334.05. Los **resultados** evidenciaron que la adición de ceniza volante en un 5%

alcanza una mayor resistencia con magnitudes de 153.4 kg/cm², 181.7 kg/cm² y 226.1 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días de desencofrado. Estas cantidades superan a lo señalado por la norma E.60., la cual exige una resistencia de 146 kg/cm², 165 kg/cm² y 210 kg/cm² respectivamente. Finalmente, el autor concluyó que la adición de cenizas volantes en valores que fluctúan entre el 5% y 10% contribuye a mejorar la resistencia a la compresión del concreto a edades tan tempranas como los 28 días. Entonces, **Aporte de la investigación:** utilizar un material innovador en distintas proporciones y evaluar su contribución para mejorar la resistencia de la compresión del concreto.

Muñoz (20) elaboró la tesis “Estudio comparativo de concreto elaborado con puzolana natural y concreto con cementos puzolanicos en la ciudad de Huancayo”. Desarrollado para la “Universidad Nacional del Centro del Perú”, con la finalidad de obtener el Título Profesional de “Ingeniero Civil”, en la ciudad de Huancayo.

Esta investigación tuvo como **objetivo** analizar y realizar una comparación de las propiedades mecánicas del concreto mezclado con puzolana natural proveniente del distrito de Chongos Alto, en la ciudad de Huancayo. La metodología de la presente tesis fue de un enfoque cuantitativo, el tipo es aplicado y su diseño es experimental. Para realizar esto, **Solución:** se prepararon mezclas de concreto integrándoles dosis de adiciones puzolánicas en reemplazo parcial del cemento en un 10%, 20% y 30%. Los **resultados** demostraron que la combinación más óptima es aquella que sustituyó el cemento en un 20%, mejorando su resistencia a la compresión a los 28 días en valores de 408.09 kg/cm² en su estado convencional a 420.52 kg/cm² empleando la puzolana natural. Asimismo, se obtuvieron valores similares: de 320.30 kg/cm² a 344.75 kg/cm² y de 245.68 kg/cm² a 2275.45 kg/cm². Finalmente, se concluyó que la adición de la puzolana en una dosis de 10% a 20 es factible en edificaciones o estructuras hidráulicas, garantizando la calidad y resistencia requerida. Entonces, **Aporte de la investigación:** utilizar un material innovador en distintas proporciones y evaluar su contribución para mejorar la resistencia de la compresión del concreto.

2.1.2. Antecedentes internacionales

Migunthanna et al. (21) desarrollaron el artículo “Investigación de residuos de ladrillos de arcilla como reemplazo parcial de aglutinantes de geopolímero para aplicación en pavimento rígido”. Dicho documento fue elaborado para la revista

“Construction and Building Materials” (Materiales de construcción y edificación), en la ciudad de Hawthorn. 305, pp. 1-12.

El **objetivo** de esta investigación fue determinar las propiedades mecánicas y el impacto ambiental de los aglutinantes de geopolímero producidos por residuos provenientes de ladrillos de arcilla. Para ello, en lo referente a la población, se realizaron nueve mezclas binarias de desechos de ladrillos de arcilla con cenizas volantes o escoria, empleando el metasilicato de sodio anhidro sólido como activador y se colocaron en moldes cúbicos de 25 mm en dos capas. **Solución:** someter a un ensayo de resistencia a la compresión en laboratorio, el cual fue empleado como instrumento de recolección de datos. Del mismo modo, los distintos registros de resistencia obtenidos de estas mezclas fueron comparados con los requisitos mínimos obtenidos por el hormigón convencional según lo indicado en las normas de diseño de pavimentos australianos y la Asociación Estadounidense de Directrices para Funcionarios de Carreteras y Transporte (AASHTO). Estos **resultados** evidencian que estas mezclas alcanzaron entre el 28% y el 48% de su resistencia máxima dentro de las 24 h y 72 h, lo que representa una alta ganancia de resistencia temprana. Asimismo, el máximo valor obtenido se dio a los 28 días con una magnitud de 81.8 MPa y se mejoró hasta 96,8 MPa al reducir el tamaño de las partículas de residuos de ladrillos de arcilla de 150 μm a 75 μm . Para el caso del impacto ambiental, se cuantificaron las emisiones de CO_2 y el consumo de energía que se haya invertido en la producción de los aglutinantes de geopolímero. Los resultados evidencian que los aglutinantes disminuyeron las emisiones de carbono hasta en un 78% y el consumo energético al 85%. Finalmente, se concluye que los residuos provenientes de los ladrillos de arcilla pueden servir como fuente de material para la producción de aglutinantes de geopolímero, debido a que cumple con los aspectos ambientales y funcionales requeridos. **Aporte de la investigación:** utilizar un material innovador en distintas proporciones y evaluar su contribución para mejorar la resistencia de la compresión del concreto.

Abdurrahman et al. (22) elaboraron el artículo académico “Uso de material puzolánico para mejorar las propiedades mecánicas del hormigón de caucho granulado como pavimento rígido: una revisión”. Esta investigación fue desarrollada

para la revista “Revista de Física: Serie de Conferencias”, en la ciudad de Pekanbaru. 2049, pp.1-9.

El **objetivo** del documento mencionado tuvo como propósito demostrar que los materiales puzolánicos pueden mejorar la resistencia del hormigón de caucho granulado, el cual es producto de la reutilización de los desechos de las llantas en adición al concreto. **Solución:** La integración de estos materiales como el nano-sílice, cenizas volantes y la cáscara de arroz buscan mejorar la adherencia de del caucho triturado y el cemento. Se realizaron mezclas de concreto con estos tres elementos y se hizo una comparativa de sus propiedades mecánicas mediante un ensayo de compresión en laboratorio. Los **resultados** demostraron que la integración de nano-sílice aumentaba la resistencia del hormigón de caucho cuando esta se incluía hasta en un 10% en la mezcla y se lograba la resistencia requerida. En síntesis, la adición de materiales puzolánicos, específicamente el nano-sílice, posee eficacia en la fabricación de concreto de alta resistencia con caucho granulado como material para pavimentos rígidos. El valor máximo obtenido fue de 76 MPa en la prueba de compresión y 8.6 MPa en la de flexión, superando así el valor mínimo requerido de 35 MPa y 4.5 MPa respectivamente a una edad de 28 días. Entonces, **Aporte de la investigación:** utilizar un material innovador en distintas proporciones y evaluar su contribución para mejorar la resistencia de la compresión del concreto.

Aditya et al. (23) desarrollaron el artículo de investigación “Implementación de residuos de mármol como material agregado para el pavimento rígido”. Este documento fue realizado para la revista académica “Eureka: Física e Ingeniería”, en la ciudad de Malang. 4, pp. 76-88.

El **objetivo** del presente estudio fue determinar si los residuos de mármol pueden ser un eficiente reemplazo de los agregados finos como la arena de río para la producción de pavimentos rígidos. Para que esto sea posible, se empleó un método experimental mediante pruebas en laboratorio, tales como ensayos de compresión y tensión. **Solución:** se realizó en mezclas con adiciones de restos de mármol en una dosis de 0% (muestra base), 40% y 60%, las cuales fueron utilizadas para fabricar losas de concreto. Los **resultados** obtenidos demuestran que la resistencia máxima a la compresión de las muestras se produce cuando se ha reemplazado un 60% de la arena fina por partículas de mármol. En este caso, se obtuvo un valor de resistencia

promedio de 32.37 N/mm^2 , lo cual es una magnitud permitida por la normativa ASTM. En síntesis, según los autores, el uso de los residuos de mármol hasta en un 60% en sustitución de la arena fina es factible. Esto último, con la finalidad de fabricar concreto para el pavimento rígido y evitar la sobreexplotación excesiva del material reemplazado. Entonces, **Aporte de la investigación:** utilizar un material innovador en distintas proporciones y evaluar su contribución para mejorar la resistencia de la compresión del concreto.

Wellala (24), desarrolló la tesis “Uso de polvo de roca de cantera como agregado fino en el hormigón” para la “Universidad John Curtin” para obtener el Grado Académico de “Maestro de Filosofía (Ingeniería Civil)”, en la ciudad de Perth.

La presente investigación tuvo como **objetivo** determinar si los áridos triturados finos provenientes de las canteras del occidente de Australia pueden servir como un reemplazo de la arena natural en la fabricación del concreto y el mortero. Para esto, **Solución:** estudiar las propiedades mecánicas del mortero fresco y el hormigón fabricados con agregados finos provenientes de tres tipos de roca: granófiro, basalto y granito. Entre estas pruebas se pueden mencionar al Cono de Abrams, el cual brindó información sobre el contenido de vacío y la densidad de la mezcla. Los **resultados** demostraron que la resistencia a la compresión de las mezclas aumentó hasta en un 60 % su valor. Este reemplazo de la arena natural por los áridos triturados de las rocas mencionadas es recomendable hasta un 60%. La sugerencia en la cantidad reemplazada posee justificación en que, para valores superiores a este porcentaje, la resistencia de las mezclas disminuyó. Del mismo modo, la resistencia a la tracción del hormigón, que contiene el polvo de roca de cantera, posee valores similares a los obtenidos del concreto convencional con arena natural. Asimismo, la contracción por secado de las mezclas se situó en el rango de 402 micro-deformaciones a 520. Estos valores de contracción están muy por debajo del valor límite recomendado por la norma australiana (AS3600, 2009). Finalmente, se concluye que el uso de agregados finos de las canteras en reemplazo de la arena fina para fabricar concreto, es factible en valores situados entre un 40% a 60%. Entonces, **Aporte de la investigación:** utilizar un material innovador en distintas proporciones y evaluar su contribución para mejorar la resistencia de la compresión del concreto.

Sankalake (25), elaboró la tesis “Evaluación de polvo de cantera laterizado y ladrillos triturados como material alternativo para la fabricación de hormigón” para la “Universidad de Agricultura y Tecnología Jomo Kenyatta” con la finalidad de obtener el Grado Académico de “Maestro de ciencias (Construcción, Ingeniería y Gestión)”, en la ciudad de Nairobi.

El **objetivo** de esta tesis fue evaluar la idoneidad del uso del polvo de cantera, el suelo de laterita y el ladrillo triturado como agregados alternativos para la producción de concreto a bajo costo. **Solución:** emplear probetas cilíndricas de concreto, las cuales fueron ensayadas en pruebas de densidad, contenido de limo, absorción de agua, análisis de tamices, gravedad específica y valor de trituración agregado. Los **resultados** demostraron que la resistencia a la compresión a los 28 días osciló entre 17.5 N/mm² y 19.9 N/mm² para una relación de mezcla (1: 1.5: 3). De la misma manera, se obtuvieron valores de 4.7 N/mm² a 17.6 N/mm² para una proporción de (1:2:4). Por otra parte, en lo referente a la resistencia a la tracción, se registraron magnitudes entre 1.9 N/mm² a 2.5 N/mm² y 1.4 N/mm² a 2.5 N/mm² para cada relación respectiva. Si bien es cierto, los resultados son ligeramente inferiores a los del hormigón convencional, una combinación equivalente de polvo de cantera y laterita o un 75% del primer elemento y un 25% del segundo, alcanzan una mayor resistencia a la compresión. En síntesis, estos materiales son ideales para fabricar concreto donde no sea necesaria una resistencia superior a 20 N/mm². Entonces, **Aporte de la investigación:** utilizar un material innovador en distintas proporciones y evaluar su contribución para mejorar la resistencia de la compresión del concreto.

2.2. Bases Teóricas o Científicas

2.2.1. Concreto de alta resistencia para pavimentos rígidos

2.2.1.1. Definición del concreto de alta resistencia

El concreto se define como un material de construcción compuesto, el cual consiste esencialmente de un medio aglutinante. Es decir, una mezcla de cemento Portland y agua; en adición de, fragmentos de agregados finos y gruesos. De la misma manera, es considerado como uno de los materiales de construcción más versátiles y empleados a nivel mundial en la industria. Esto se debe al continuo aumento de la

demanda del concreto, el cual, gracias a las numerosas investigaciones en tecnología de aditivos y propuestas innovadoras de diseño, es factible producir diferentes tipos de concreto. (26).

Es un material llevado a cabo por dos partes: el primero es un sencillo producto para moldear que tiene aspecto pastoso y que se endurece en un determinado tiempo, la segunda restos de pétreos que quedan en la pasta. También está hecho de cemento y agua, el agua da fluidez a la mezcla y la vez es el responsable del endurecimiento. Se define también como una sustancia sólida parecida a una roca formada a partir de una mezcla de cemento, agregados (arena y piedra), aire y agua. La reacción química del hormigón y el agua une moléculas de los agregados y lo convierte en una masa sólida, teniendo las siguientes propiedades: resistencia y economía (27).

Sin embargo, el concreto de alta resistencia es aquel que supera las características de diseño y posee una mejor resistencia en comparación del concreto convencional. Además, su óptima mezcla de concreto debe cumplir con un equilibrio entre resistencia, durabilidad y facilidad de colocación. Siendo importante la importancia de los materiales empleados como los agregados, cemento y otros componentes que pueden obtenerse de manera local. De esta manera, se busca que el concreto sea fácil de colocar y manipular mientras aún está en estado plástico para lograr una superficie final suave y acabada. Y después que el concreto haya endurecido, debe cumplir con los estándares de resistencia y demás propiedades necesarias para el propósito de la estructura, como la resistencia a la compresión, flexión, durabilidad ante factores ambientales y otras. Por tanto, es frecuentemente empleado en túneles, puentes y edificios según lo señalado por Kosmatka et al., (33).

2.2.1.2. *Componentes del concreto de alta resistencia*

A. Cemento Portland

Es definido como un material grisáceo pulverizado cuya composición tiene en su mayoría a silicatos de calcio y aluminio. Entre los recursos que se emplean para su fabricación se pueden mencionar a las calizas y las arcillas, la cuales aportan al compuesto CaO y SiO_2 respectivamente. Estas materias primas, luego de su trituración y mezclado, son fusionadas con clinkers en un horno. Posteriormente, se adiciona yeso

y piedra caliza y se muele la mezcla al nivel de finura requerido, la cual será enviada a granel o en sacos. Finalmente, este material tendrá las propiedades de cohesión requeridas para unir agregados en una masa sólida que tendrá una resistencia y durabilidad adecuada (28).

B. Agregado fino y grueso

Los agregados son materiales de origen pétreo provenientes de la desintegración natural o artificial de rocas. Estos ocupan del 65% al 75% del volumen de la masa endurecida y son clasificados en agregados finos y gruesos. El primer tipo de agregado (fino), es generalmente arena natural y será capaz de filtrarse a través de un tamiz N°4, es decir, un tamiz que posea cuatro agujeros por cada pulgada lineal. Sin embargo, si el agregado no cumple con lo mencionado anteriormente, será clasificado como grueso. Es preciso mencionar que el agregado posea una adecuada durabilidad y resistencia a la intemperie. De la misma manera, su superficie no debe tener presencia de arcilla, limo o materia orgánica. En caso esto no se cumpla, la unión de la pasta de cemento se podría ver debilitada y no habría una reacción química favorable entre estos materiales y el cemento Portland (28).

C. Agua

Es el material necesario para la hidratación del concreto, el cual es el proceso químico que permite que el concreto pueda fraguar y sea capaz de endurecerse en una masa sólida. En el caso de concretos de alta resistencia, se emplean proporciones muy bajas, tales como 0.21. Además, es necesario mencionar que, para la hidratación correcta de una cantidad determinada de cemento, el agua debe encontrarse en una cantidad mínima del 25% en peso respecto al primero (relación entre el agua y cemento con un valor de 0.25). Sin embargo, en concretos convencionales, la relación entre el agua y el cemento varía entre 0.40 a 0.60, esto se debe a que debe haber una cantidad adicional de agua para garantizar la trabajabilidad durante la mezcla. Debido a ello, la trabajabilidad requerida es obtenida mediante la integración de aditivos (28).

D. Aditivos

Son aquellas sustancias químicas diferentes del cemento Portland, agregados o agua. Estos se adicionan a los materiales mencionados con anterioridad mientras se

realiza la mezcla del concreto. De esta manera, se pueden lograr modificaciones en las propiedades mecánicas o químicas del concreto, tales como una mayor fluidez, mejor trabajabilidad, menor tiempo de fraguado, entre otros. Esto se realiza con la finalidad de cumplir las características que requiere el concreto destinado a una obra específica (29).

2.2.1.3. Dimensiones

A. Resistencia a la compresión

Según la compañía CEMEX (30), la resistencia a la compresión es considerada la propiedad mecánica más importante del concreto. Es definida como la capacidad que tiene el concreto para soportar una carga por cada unidad de área. Puede ser expresada en unidades de esfuerzo (kg/cm^2 o MPa) y en algunos casos puede ser representada por términos de pulgada cuadrada (psi). Por otra parte, los resultados de los ensayos que se realizan en laboratorio son empleados con la finalidad de determinar si una mezcla de concreto diseñada puede cumplir con las especificaciones de resistencia especificada ($f'c$) que demanda una estructura específica.

La magnitud de la resistencia a la compresión ($f'c$), es empleada comúnmente como un criterio para evaluar la calidad del concreto. Sin embargo, es necesario mencionar que existen otros factores de evaluación más relevantes, con base en los requerimientos de un proyecto y el comportamiento del elemento estructural. Un ejemplo de ello, en lo referente al diseño de pavimentos, es la resistencia a la tracción por flexión. Este indicador es muy empleado, al momento de realizar el diseño de pavimentos, en un proyecto relacionado al desarrollo de carreteras. Del mismo modo, se menciona a la durabilidad como un factor importante de criterio, el cual será desarrollado más adelante (31).

Las normativas vigentes como el “Reglamento Nacional de Edificaciones” y los códigos como el “Código ACI” relacionan varias de las propiedades mecánicas del concreto. Entre ellas se puede mencionar a la resistencia a la tracción y corte, el módulo de elasticidad, la adherencia, etc. Estas características se cuantifican con el valor de $f'c$. Del mismo modo, la resistencia a la compresión, es determinada mediante el desarrollo de pruebas en laboratorio, empleando probetas estándar a las que se le aplica cargas axiales. Este tipo de ensayo es realizado para controlar la resistencia del

concreto y, de esta manera, asegurar la calidad y aceptación del concreto producido (31). Así, la fabricación de las probetas cilíndricas se encuentra regulada por las Normas ASTM, especificando lo siguiente:

- El procedimiento de producción de probetas de concreto cilíndricas
- Las dimensiones de las probetas. Se especifica un tamaño de 6" x 12". Asimismo, la normativa ACI del año 2008 permite testigos de concreto de 4" x 8"
- El procedimiento de curado de los testigos en campo (probetas curadas bajo condiciones reales de obra) o en el laboratorio. De esta manera, se permite evaluar la eficiencia de los procedimientos de curado empleados y el tiempo de desencofrado y puesta en servicio de la estructura.
- El procedimiento de ensayo en laboratorio de la compresión de los testigos. Este puede encontrarse controlado por deformación o carga. Por un lado, cuando la prueba es desarrollada a través del control de la carga, comúnmente se alcanza la falla en un tiempo aproximado de dos a tres minutos. Esto último representa un aumento del valor del esfuerzo en una escala de 2.1 kg/cm^2 a 2.8 kg/cm^2 . Por otra parte, cuando el control es por deformación, es normal que se registre una velocidad de deformación unitaria con una magnitud de 0.001 por cada minuto aproximadamente.

En países europeos, se emplean probetas cúbicas con un lado de 15 cm, 20 cm o 30 cm. Es necesario que la arista sea mayor a el triple del tamaño máximo del árido que se haya empleado. Asimismo, la resistencia de estas probetas, posee un valor mayor a las que se registran en las pruebas con los testigos cilíndricos. Esto se debe al efecto de confinamiento, producido por las aristas y los cabezales de los equipos de prueba en contacto con el testigo de concreto (31).

B. Resistencia a la flexión

La resistencia a la flexión, o también denominada resistencia a la tracción, es definida como la medida de resistencia a la tracción que posee el concreto. Es decir, es la cuantificación de la resistencia a la falla por momento de elementos estructurales. Entre estos se pueden mencionar a las vigas o losas que estén fabricadas con concreto

no reforzado. Si bien es cierto, este tipo de resistencia es muy poco empleada para el diseño de concreto estructural, se evalúa el módulo de rotura para la aceptación de pavimentos y el control de campo. Esto se debe a que los diseñadores de pavimentos hacen uso de conceptos basados en este tipo de resistencia (32).

Este tipo de resistencia posee magnitudes muy variables. Los valores de tracción directa (f_t) del concreto fluctúan entre el 8% y 15% de los obtenidos en una prueba de resistencia a la compresión (f_c). Es decir, la magnitud de la resistencia f_t no cambia proporcionalmente con la resistencia en compresión f_c . Del mismo modo, la resistencia a la flexión es importante, ya que posee una influencia directa hacia otras propiedades del concreto. Entre estas se pueden mencionar a la resistencia al corte, la adherencia del acero y el concreto, la variación de la temperatura y la fisuración por retracción (31).

Por otra parte, los valores obtenidos de resistencia a la tracción por flexión, dependen en su mayoría de la clase de prueba que se haya considerado para su determinación. El ensayo en tracción directa presenta dificultades en su aplicación; esto se debe al tamaño del testigo de concreto, la baja resistencia en tracción de este último (fragilidad) y las complicaciones al momento de aplicar cargas, sin generar variaciones de esfuerzos que modifiquen los datos obtenidos en las pruebas (31).

Según Ottazi (31), ensayos como el de tracción directa sobre un testigo con una sección variable, son muy difíciles de realizar y aún no se encuentran normalizados. Para este caso, la curva de esfuerzo - deformación se asemeja a una parábola. Del mismo modo, en este tipo de prueba se obtiene comúnmente una deformación axial relacionada al esfuerzo por rotura y a la máxima magnitud del esfuerzo de tracción por flexión (0.00001). De esta manera, en este caso, la deformación por rotura es la vigésima parte de la deformación de la deformación de rotura en compresión. Este valor se encuentra definido por la Norma E.60. y tiene una magnitud de $\epsilon_{cu} = 0.003$.

Es pertinente mencionar que la resistencia a la flexión del concreto depende de otros factores, como la clase de agregado y la existencia de esfuerzos transversales a los de tracción. Un ejemplo de esto último se puede evidenciar en los estados biaxiales y triaxiales. Asimismo, este tipo de ensayo requiere menos tiempo de

ejecución que el que se invierte en la prueba de resistencia a la compresión. Los ensayos más importantes, relacionados a la determinación indirecta de la tracción del concreto son: “Módulo de rotura fr” y “Split Test fsp” (31).

2.2.1.4. *Características del concreto de alta resistencia*

A. Estándares de ensayos a la resistencia del concreto

Las probetas que sean sometidas a un ensayo de resistencia o control de calidad, deben ser fabricadas y curadas siguiendo los lineamientos definidos para cilindros curados de forma estandarizada en la norma ASTM C31. Esta última se titula como “Práctica Estándar para Elaborar y Curar Probetas de Ensayo de Concreto en Campo”. De la misma manera, se debe considerar la normativa NTP 339.033 “Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo”. Por otra parte, durante el transcurso de la prueba de resistencia, se deben seguir los procesos definidos en la norma ASTM C39 “, Método Estándar de Prueba de Resistencia a la Compresión de Probetas Cilíndricas de Concreto”. El resultado de cada ensayo debe ser como mínimo el promedio de dos pruebas de resistencia, las cuales hayan sido fabricadas con la misma mezcla de concreto hayan sido sometidas a esta prueba a una edad igual (30).

B. Durabilidad del concreto

La durabilidad del concreto es definida por Kosmatka et. al., (33) como la capacidad que posee el concreto para resistir los efectos del ambiente, los ataques químicos y la abrasión, conservando sus propiedades ingenieriles. Cada tipo de concreto requiere diversos grados de durabilidad, según su exposición a los agentes externos del ambiente y las características deseables de diseño. Asimismo, los materiales empleados en la fabricación del concreto, su predimensionamiento, la interacción que estos tienen y los procedimientos de vaciado y curado, influyen directamente en la vida útil y durabilidad del concreto.

En primer lugar, en lo referente a la resistencia al congelamiento, se espera que el concreto utilizado en la construcción de pavimentos y otras estructuras, tenga una larga vida operativa y requiera un mantenimiento mínimo. Esto se debe a que la exposición a temperaturas extremadamente bajas es considerada como uno de los factores de intemperismo más destructivos. El deterioro del concreto es principalmente

causado por la congelación y su consecuente expansión, en la pasta y los agregados que la componen. Asimismo, la durabilidad frente al congelamiento se puede determinar mediante el desarrollo de pruebas de laboratorio, tales como la ASTM C 666 “Norma de método de ensayo acelerado para la resistencia al congelamiento y deshielo” (Kosmatka et al., (33).

En segundo lugar, la durabilidad del concreto evalúa indicadores como la reactividad álcali – agregado. Este tipo de deterioro sucede cuando los minerales activos de algunos agregados, empleados en la mezcla de concreto, tienen una reacción con los hidróxidos de los álcalis de este material. En caso se produzca una expansión considerable, este tipo de reactividad es considerada como muy peligrosa. Una manifestación de la existencia de este deterioro es la presencia de grietas, juntas cerradas o lascadas y la dislocación de algunos elementos estructurales. Dado que, la reacción álcali – agregado es un proceso lento, un riesgo de rotura catastrófica es relativamente bajo. Sin embargo, se pueden presentar problemas de funcionalidad y hay casos en los que se agravan otros mecanismos de deterioro, como la ya mencionada exposición al congelamiento. Por otra parte, una manera de controlar este tipo de reacción es a través del uso de materiales cementantes adicionados, los cuales deben ser verificados y comprobados previamente. Entre estos, se pueden mencionar a las cenizas volantes, el humo de sílice, microsílice y las puzolanas naturales (Kosmatka et al., (33).

En tercer lugar, el concreto puede reaccionar con el dióxido de carbono existente en el aire, proceso que es conocido como carbonatación. El bióxido de carbono se introduce en el concreto y reacciona en hidróxidos como los de calcio, para generar carbonatos. Es pertinente mencionar que la carbonatación y el fraguado veloz del concreto en estado fresco pueden disminuir la durabilidad de la superficie; sin embargo, dicho efecto puede mitigarse con un curado correcto. Si bien es cierto, la carbonatación del concreto en estado endurecido no causa un deterioro de la matriz de este material, puede disminuir considerablemente el pH del mismo. Esto último, también entendido como una reducción de la alcalinidad del concreto, impide una protección adecuada del refuerzo de acero contra la corrosión (Kosmatka et al., (33).

En cuarto lugar, en lo referente a la resistencia química, el concreto es resistente a la mayoría de las reacciones químicas presentes en el ambiente. No

obstante, este material es expuesto muchas veces a sustancias que causan un gran deterioro, como el caso del concreto en la industria química y las zonas de almacenamiento. Un ejemplo de ello es el ataque ácido del concreto, en el cual la pasta de cemento se disuelve junto a los agregados calcáreos. Un método de prevención para evitar este tipo de degradación es el uso de concreto con permeabilidad baja y los tratamientos de superficie (Kosmatka et al., (33).

2.2.1.5. *Pavimento rígido*

Los pavimentos son unos de los componentes más relevantes de la infraestructura de carreteras, debido a que posee una función importante en la eficiencia operativa de estas en el movimiento del tráfico. Es pertinente mencionar que la distribución de las cargas de los neumáticos, así como la carga de origen cíclico o repetitivo pertenece al campo de la Ingeniería de Estructuras de Pavimentos. Debido a ello, los valores de las cargas de las ruedas y la resistencia del suelo destinado a la construcción del pavimento son factores primordiales para el diseño estructural. Si bien es cierto, los pavimentos son diseñados en su mayoría como flexibles, la presencia de un subsuelo débil, un sistema de drenaje inadecuado y la existencia de una circulación vehicular sobrecargada, son criterios básicos para optar por la construcción de un pavimento rígido (34). Por otra parte, es necesario presentar una comparativa de las características y el funcionamiento que presentan los pavimentos rígidos y flexibles, la cual se evidencia en la Tabla 1.

Tabla 1

Comparativa del análisis del funcionamiento de los pavimentos rígidos y flexibles

Pavimento Flexible	Pavimento Rígido
La deformación en la subrasante es transferida a las capas superiores.	La deformación en la subrasante no es transferida a las capas superiores.
El diseño se basa en la distribución de la carga de las capas componentes.	El diseño se basa en la resistencia a la flexión.
Este tipo de pavimento posee una baja resistencia a la flexión.	Este tipo de pavimento posee una alta resistencia a la flexión.
Costo bajo de ejecución del proyecto, costo alto de mantenimiento.	Costo alto de ejecución del proyecto, costo bajo de mantenimiento.
Este tipo de pavimento posee una vida útil corta.	Este tipo de pavimento posee una vida útil más larga.

No se inducen las tensiones térmicas debido a que el pavimento se contrae y se expande libremente.	Las tensiones térmicas son más vulnerables dado que la capacidad de contracción y expansión en el concreto es menor.
No es necesario el uso de juntas de expansión.	Las juntas de expansión son necesarias.
Es necesario enrollar la superficie.	No es necesario enrollar la superficie.

Nota. Comparación del comportamiento del pavimento rígido y flexible. Adaptado de “Análisis comparativo del diseño de pavimentos flexibles y rígidos”, por Ulijarevic y Supic, 2016, Subótica: Contemporary achievements in civil engineering, p. 13.

2.2.1.6. Componentes de un sistema de pavimento rígido

A. Losa de pavimento de concreto

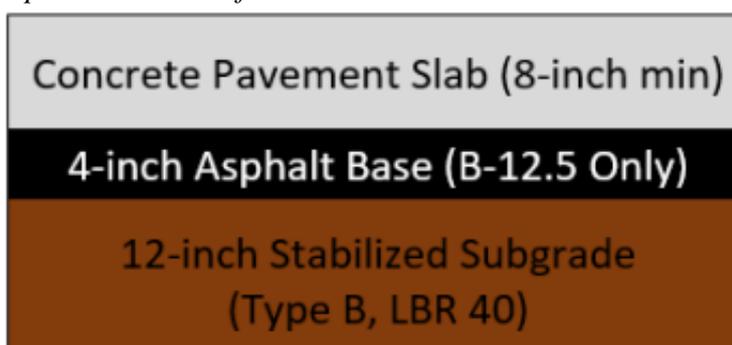
Este es el elemento estructural más importante en un sistema de pavimento rígido. Es decir, pertenece a una de las capas generales de un pavimento liso de concreto de alta resistencia (35). Según el Departamento de Transporte de la Florida (34), se encuentra compuesto por cemento Portland liso, armado o pretensado. Asimismo, se espera que la losa posea una resistencia a la flexión de aproximadamente 45 kg/cm². Por otro lado, este elemento es capaz de transmitir las tensiones de las cargas de las llantas a las capas inferiores y debe tener un grosor mínimo de ocho pulgadas, como se puede apreciar en la Figura 2.

B. Base de asfalto

Según el Departamento de Transporte de la Florida (34), este elemento proporciona una plataforma uniforme, estable, no erosionable y contribuye al desempeño estructural de la losa. Asimismo, respecto al drenaje, los drenajes de borde son empleados para proporcionar un sub-drenaje. Por otra parte, es necesario emplear el grupo de base opcional Tipo B, el cual se puede visualizar en la Figura 2.

Figura 2

Opción de base asfáltica



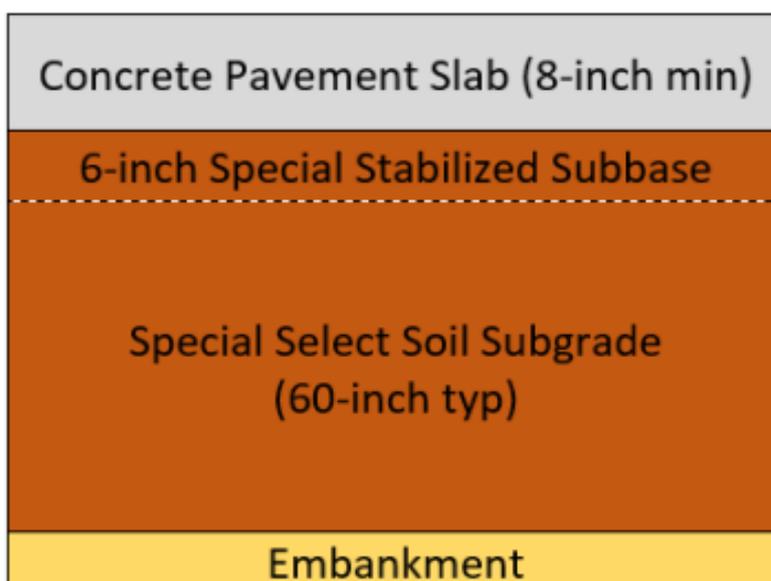
Nota. Grupo básico opcional 1 Tipo B-12.5. Tomado de “Manual de diseño de pavimentos rígidos”.

C. Suelo seleccionado especial

Este corresponde a una capa de suelo arenoso permeable que cumple la función de drenar el agua infiltrada mediante el uso de terraplenes hacia las cunetas. De la misma manera, este elemento sirve como una plataforma para permitir una construcción adecuada de la losa de concreto, mientras se conserva la permeabilidad del suelo de terraplén seleccionado. Con la finalidad de permitir las funciones que se mencionaron anteriormente, la profundidad que debe tener este elemento debe ser de 60" (34). Este elemento se puede apreciar en la Figura 3.

Figura 3

Opción de selección especial de base de suelo



Nota. Grupo básico opcional 2 Tipo B-60. Tomado de “Manual de diseño de pavimentos rígidos”.

D. Subrasante estabilizada tipo B

El Departamento de Transporte de la Florida (34) plantea que subrasante estabilizada de tipo B consiste en una capa de soporte de 30 cm de espesor. Este tipo de material se emplea como una plataforma de trabajo que facilite un proceso constructivo de la base asfáltica. Asimismo, el contratista debe seleccionar los materiales que se emplearán en la fabricación, con la finalidad de alcanzar los requerimientos solicitados en el proyecto.

2.2.1.7. *Enfoque de diseño de concreto para pavimentos rígidos*

GRID CONSULT PVT.LTD. (35) sostiene que el enfoque tradicional para diseñar el concreto de pavimentos rígidos toma en consideración el Análisis de Westergaard. Sin embargo, esta perspectiva en la actualidad ha ido desarrollándose a través del uso de metodologías más analíticas que adicionan el efecto del crecimiento parque automotor. De esta manera, se incluyen los daños por el efecto acumulativo combinado de los cambios de temperatura y las cargas de los vehículos. Asimismo, se consideran los procedimientos para el diseño de concreto de pavimentos con carriles ensanchados, pavimentos adheridos a la sub-base cementada y el diseño de juntas. Por otro lado, en el diseño del concreto se deben incluir como características principales a las siguientes consideraciones:

- Tomar en consideración el esfuerzo combinado de la flexión bajo la acción simultánea de carga y gradiente de temperatura para diferentes categorías de ejes.
- Tener en cuenta el agrietamiento por fatiga ocasionado por las repeticiones de carga de eje simple, tándem y tridem.
- Considerar las losas de concreto con sub-base de cemento adherido y no delimitado.

2.2.1.8. *Clases de pavimento según el tipo concreto empleado*

A. Pavimento de concreto de cemento liso común

Este tipo de pavimento es el tipo de pavimento rígido más común. Es construido con juntas longitudinales y transversales con la finalidad de controlar la aparición de grietas en las losas. Del mismo modo, se emplean barras de unión y pasadores con el objetivo de transferir las cargas de los neumáticos a las losas de concreto adyacentes. Las barras de unión son colocadas a lo largo de la dirección transversal y a través de las juntas longitudinales. Por otro lado, los pasadores se ubican longitudinalmente y a través de las juntas transversales, a lo largo de la dirección longitudinal (35).

B. Pavimento continuo de concreto armado

Este tipo de pavimento es poco empleado y es construido en proyectos específicos debido a que corresponde a un concepto relativamente nuevo. Sin embargo, se pueden evidenciar este tipo de pavimentos en las áreas montañosas y desérticas. Debido a que el pavimento de concreto armado emplea acero de refuerzo en sustitución de las juntas planas para controlar el surgimiento de grietas, no es necesario el empleo de juntas transversales. Dada la presencia de refuerzo continuo en el pavimento, las grietas se mantienen unidas de manera uniforme. Es comprensible que este tipo de pavimentos requiera la inversión de mayores recursos económicos que en el pavimento de concreto de cemento liso común, debido a los costos adicionales de refuerzo. No obstante, el uso de concreto armado hace que el pavimento sea más rentable durante la vida útil de la carretera, necesite un mantenimiento mínimo y tenga un mejor rendimiento a largo plazo. Es por ello que, en el pavimento de concreto armado no hay presencia de uniones transversales y de ser construido según las normativas, debería tener una mejor calidad que el tipo de pavimento mencionado con anterioridad (35).

C. Pavimento de concreto con paneles prefabricados

Según GRID CONSULT PVT.LTD. (35), los pavimentos con paneles prefabricados de concreto emplean elementos modelados y fabricados fuera del área donde se ejecutará un proyecto de construcción de carreteras. Estos paneles pueden ser unidos con barras de unión o barras de pasado. Asimismo, es factible el postensado luego de su colocación. Entre los beneficios que se pueden obtener del uso de este tipo de pavimentos se puede mencionar a:

- El concreto empleado para la fabricación de paneles puede ser mezclado y curado de una manera eficiente en un patio de prefabricados. El resultado de estos procesos es mejor que el obtenido en la zona de obra.
- Los espesores del pavimento serán más reducidos y tendrán una profundidad más exacta, lo que representa una ventaja cuando hay presencia de restricciones en el perfil, tales como las holguras verticales.

- El tiempo invertido en la construcción de carriles será más reducido debido al uso de prefabricados. Esto es beneficioso cuando la duración del proyecto constructivo es corta.

2.2.1.9. *Diseño de período del concreto para pavimentos.*

GRID CONSULT PVT.LTD. (35) sostiene que, en términos generales, el concreto empleado para la construcción de pavimentos rígidos posee una vida útil de treinta años. Sin embargo, dado que la intensidad del tránsito vehicular no puede ser predicha con precisión debido a la gran cantidad de años, es factible considerar un período de diseño de veinte años aproximadamente. No obstante, es responsabilidad del Ingeniero Civil emplear su criterio acerca de la vida útil del diseño, tomando en cuenta los siguientes factores:

- Volumen del tránsito vehicular
- Tasa de crecimiento del tránsito
- Capacidad de la carretera
- Posible crecimiento de la capacidad de la carretera (en algunos casos)

2.2.1.10. *Condiciones críticas de resistencia de pavimentos*

Los pavimentos de concreto se encuentran sujetos a diversas condiciones críticas debido a la cantidad de combinaciones de distintos factores que generan tensiones máximas y a su vez determinarán las condiciones críticas de tensión. Estos factores son frecuentemente tomados en cuenta al momento de diseñar los espesores de los pavimentos y son: los esfuerzos de flexión ocasionados por las cargas de tránsito y las variaciones de temperatura entre las fibras inferiores y superiores de las losas de concreto.

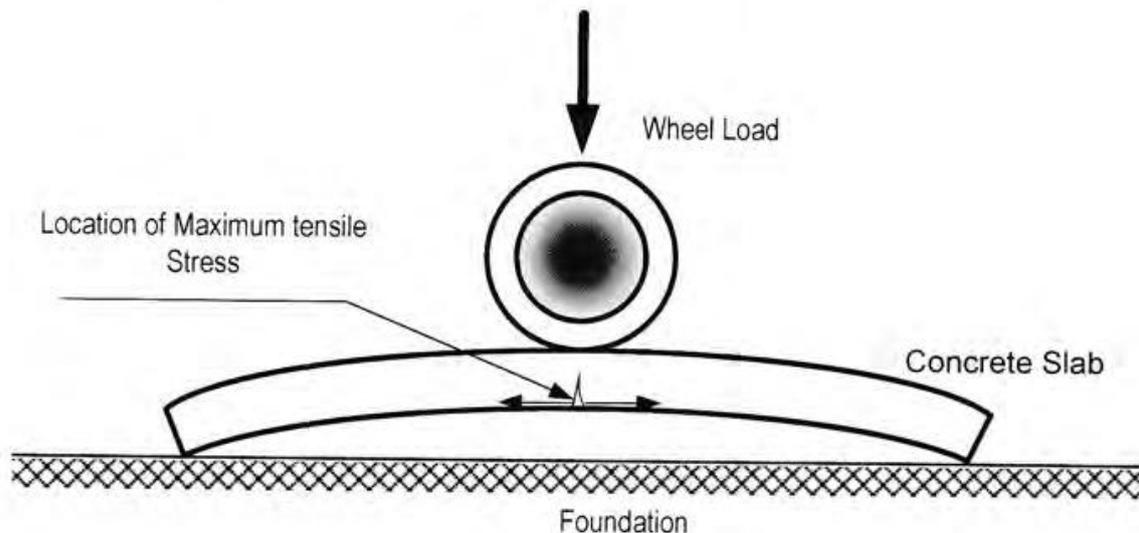
Es necesario mencionar que, para la construcción de pavimentos rígidos, los efectos de la humedad no son considerados como críticos al momento de diseñar el espesor. Por otra parte, el esfuerzo de flexión en la capa inferior de la losa alcanza su valor máximo durante el día, cuando las cargas por cada eje actúan en el medio de la

losa de pavimento. Esto se evidencia mientras haya un gradiente de temperatura positiva, como se puede apreciar en la

Figura 4. Por otra parte, es muy probable que la conducción de temperatura produzca un agrietamiento de abajo hacia arriba (35).

Figura 4

Carga del eje colocada en medio de la losa de pavimento



Nota. Esfuerzo de flexión máximo en la capa inferior de la losa durante el día. Tomado de “Guía de diseño de pavimentos”.

2.2.1.11. Diferencial de temperatura

GRID CONSULT PVT.LTD. (35) define a este término como la variación de la temperatura presentada entre la sección superior e inferior de los pavimentos rígidos de concreto. Este cambio ocasiona que la losa de estos tenga una deformación y aumenten los valores de las tensiones. Del mismo modo, este factor se encuentra fuertemente influenciado por la magnitud de la radiación solar en la superficie del pavimento, los cambios en las velocidades de las corrientes de aire y la difusividad térmica del concreto. En otras palabras, la diferencia de la temperatura se encuentra determinada por las características geográficas propias de la ubicación donde se encuentra el pavimento. Si bien es cierto, en medida de lo posible, los valores de las diferenciales se pueden estimar empleando algunas herramientas de medición de temperatura e información geográfica local, en varios casos esto no es factible. Debido a ello, en caso no se pueda acceder a datos geográficos, las magnitudes de diferenciales de temperatura se pueden observar en la

Tabla 2.

Tabla 2*Valores de diferencial de temperatura por cada espesor de losa*

S/N	Región	Diferencial de temperatura en °C/espesor de losa			
		15 cm	20 cm	25cm	30 cm
1	Montañosa	12.5	13.1	14.3	15.8
2	Zonas bajas	15.6	16.4	16.6	16.8

Nota. Valores de diferencial de temperatura en °C por cada espesor de losa en regiones montañosas y zonas bajas. Adaptado de “Guía de Diseño de Pavimentos (Pavimento Rígido)”, por GRID CONSULT PVT. LTD., 2016, Katmandú: Ed. Ministerio de Infraestructura Física y Transporte, p. 13.

Los diferenciales de temperatura alcanzan magnitudes positivas cuando la losa adapta una forma convexa, lo cual sucede generalmente durante el horario diurno. Por otro lado, durante el horario nocturno este factor tiene un valor negativo y la losa posee una forma cóncava. Es pertinente mencionar que las tensiones de carga de cada eje se tienen que determinar para el análisis de fatiga. Esto se realiza cuando la losa se encuentra deformada por la existencia del diferencial de temperatura durante el día y la noche (35).

2.2.1.12. *Procedimientos recomendados para el diseño de losas de pavimentos de concreto*

GRID CONSULT PVT.LTD. (35), recomienda que, en primer lugar, se determinen los valores necesarios de diseño con todos los parámetros que posean una relación con el cálculo de la intensidad del tránsito, la resistencia que posee la subrasante, las diferencias de temperatura diurna y nocturna, etc. En segundo lugar, es necesario elegir un espesor de diseño de la losa de pavimento. De igual manera, se deben hallar las repeticiones de cargas en cada eje en diferentes magnitudes y en variadas categorías durante la vida útil que posea el diseño.

En tercer lugar, es necesario hallar las repeticiones de carga por cada eje en un intervalo de tiempo de seis horas durante el día. Asimismo, se considera que el diferencial de temperatura máxima se mantiene constante en el transcurrir de ese tiempo para un correcto análisis del agrietamiento del fondo.

En cuarto lugar, se deben estimar las repeticiones de carga por cada eje en un intervalo de tiempo de seis horas durante el horario nocturno. El diferencial de temperatura negativo que se obtiene durante el fraguado del hormigón se debe integrar

al diferencial de temperatura para la elaboración del análisis de agrietamiento de arriba hacia abajo.

En quinto lugar, es necesario calcular los esfuerzos de flexión pertenecientes al borde, ocasionados por las cargas de eje simple y el tándem. Esto se realiza con la finalidad de obtener un efecto combinado de las cargas por cada eje y el diferencial de temperatura con una magnitud positiva durante el horario diurno.

En sexto lugar, se tiene que calcular la relación de tensión, la cual se define como la división del valor de la tensión de flexión con el módulo de ruptura. Asimismo, se debe analizar el daño por fatiga para las cargas del eje simple y tándem. La adición de ambos tipos de daño de fatiga tiene que ser menor que la unidad. Esta verificación se realiza debido a que, de cumplirse esta condición, la losa diseñada garantizará un funcionamiento adecuado ante el agrietamiento de abajo hacia arriba.

En séptimo lugar, se calcula el esfuerzo de flexión en el área central de la losa del pavimento. Para esto se considera el eje delantero que se encuentra cercano a la junta transversal. De igual modo, se repite el proceso para el eje trasero cerca de la junta siguiente en el mismo panel, con un diferencial de temperatura con un valor negativo.

En octavo lugar, es necesario determinar la relación de tensión y se debe analizar el daño por fatiga acumulativa para realizar el análisis de agrietamiento de arriba hacia abajo. Por otra parte, es pertinente señalar que este último factor debe tener un valor inferior a la unidad para realizar un correcto diseño de craqueo de apertura.

2.2.1.13. Diseño de concreto de alta resistencia para pavimentos rígidos

Existen varios métodos para dimensionar estructuras de pavimento rígido basados en modelos matemáticos y consideraciones prácticas extraídas de la experiencia. Estos métodos brindan diferentes recomendaciones para el diseño de la estructura del pavimento, que incluyen: usar una lista de estándares de pavimento, usando gráficos y métodos prácticos de cálculo (36).

AASHTO: Este enfoque de diseño se deriva de la prueba de carretera a escala real de AASHO (1958-1960) en Ottawa, Illinois (EE. UU.), que demostró una relación

desgaste-tensión basada en el desgaste de la carretera. introduce el concepto de serviciabilidad en el diseño de pavimentos. Para el diseño de pavimentos rígidos es necesario la introducción de varios factores para poder predecir la estructura del pavimento (36).

El diseño de pavimento rígido comprende indicadores como drenaje, clima, características del suelo, nivel de serviciabilidad deseada, la identificación de la confiabilidad (36). Para la aplicación del diseño se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Log } W_{18} = Z_R S_0 + 7.35 \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta\text{PSI}}{4.5-1.5}\right)}{\frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32P_t) \log \left[\frac{S'_c C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 J \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left[\frac{E_c}{k}\right]^{0.25}} \right]} \right]$$

Donde:

W_{18} = “Número de cargas de 18 kips (80 kN) previstas”

Z_R = “Es el valor de Z (área bajo la curva de distribución) correspondiente a la curva estandarizada, para una confiabilidad”

S_0 = “Desvío estándar de todas las variables”

D = “Espesor de la losa del pavimento en pulg”.

ΔPSI = “Pérdida de serviciabilidad prevista en el diseño”.

P_t = “Serviciabilidad final. c_s = Módulo de rotura del concreto en psi”.

J = “Coeficiente de transferencia de carga”.

C_d = “Coeficiente de drenaje”

E_c = “Módulo de elasticidad del concreto, en psi”

$K =$ “Módulo de reacción de la subrasante (coeficiente de balastro), en pci (psi/pulg)”.

2.2.1.14. Factores evaluados después de la construcción del pavimento

A. Suavidad inicial

La suavidad inicial o también denominada como Índice Internacional de Rugosidad, consiste en la suavidad que se presenta luego de la construcción del pavimento. Asimismo, para determinar este factor, es necesario haber realizado el pulido de diamante completo estandarizado. Una magnitud de suavidad inicial de 60” por cada milla es común en pavimentos nuevos según los estándares norteamericanos, Asimismo, de obtenerse un valor similar para este factor, se podría garantizar que el pavimento rígido posee una textura suave y uniforme a lo largo de su superficie (34).

B. Suavidad terminal

La suavidad terminal es definida como la condición de suavidad de una carretera cuando se alcanza un estado en el que se requiriera algún tipo de reconstrucción. De la misma manera, en este ámbito están incluidos los trabajos por mantenimiento o rehabilitación. Según las normativas norteamericanas, se emplea una magnitud de 180” por cada milla (34).

C. Falla terminal

La falla terminal se entiende como una elevación diferencial media que surge a través de las juntas pertenecientes a una carretera. Este tipo de falla es común cuando se alcanza un estado en el que el pavimento necesite algún tipo de reconstrucción. De igual modo, en esta consideración se mencionan a las actividades relacionadas al mantenimiento de carreteras. Una magnitud de falla terminal de 0.12” es comúnmente empleado según los estándares norteamericanos (34).

D. Agrietamiento terminal

El valor de agrietamiento terminal corresponde a un porcentaje del agrietamiento transversal que se presenta en una losa en el carril de diseño. Este factor se emplea cuando se alcanza un estado en el que la losa requiriera algún tipo de reconstrucción. De la misma manera, en este ámbito están incluidos los trabajos por

mantenimiento o rehabilitación. Según las normativas norteamericanas, se hace uso de un valor del 10% (34).

2.2.2. Partículas residuales del chancado de piedra

2.2.2.1. Piedra chancada

La piedra chancada es el resultado de la trituración artificial de rocas madre de origen ígneo. Entre estas se pueden mencionar a rocas naturales, de cantera, cantos rodados o gravas de un considerable tamaño. Este tipo de materiales deben poseer la firmeza adecuada y deben estar conformados por partículas duras, según los requisitos específicos de la obra. Del mismo modo, deben cumplir ciertos estándares para un uso adecuado en la fabricación del concreto. Entre estos se pueden mencionar a su durabilidad o la ausencia de sustancias químicas absorbidas. Entre estos últimos se pueden mencionar a los revestimientos de arcilla u otros materiales diminutos, los cuales en ciertas cantidades son capaces de intervenir y modificar la hidratación y la adherencia de los componentes del concreto (Kosmatka et al., (33).

Por otra parte, según Dubal (37), estos materiales al ser clasificados como agregado grueso, son considerados como uno de los constituyentes más importantes al momento de realizar el diseño de concreto. Esto se debe a que brindan consistencia a la mezcla, disminuyen su contracción e intervienen considerablemente en los recursos económicos invertidos en la compra de materiales. Si bien es cierto, se creía que este tipo de agregados no intervenía en gran medida en los procesos químicos, a lo largo de los años se ha demostrado lo contrario. Actualmente se reconoce que la piedra chancada, así como los agregados finos son químicamente activos y exhiben enlaces químicos en el proceso del fraguado o hidratación del concreto. Dado que ambos tipos de agregados ocupan aproximadamente entre el 70% al 80% del volumen total del concreto, es indiscutible que poseen un impacto directo en las características y propiedades de este material. Debido a lo mencionado anteriormente, con la finalidad de predecir el comportamiento estructural que poseerá el concreto, es importante determinar y conocer adecuadamente el tipo de piedra chancada que se empleará en el diseño y posterior preparación del concreto.

2.2.2.2. *Principales usos de la piedra chancada*

La actividad destinada para el uso de la piedra chancada será determinada en base a las características de esta última. Entre estas se pueden mencionar al tamaño y gradación de las partículas, el tipo de piedra chancada según la naturaleza de la roca, la forma que presenta el agregado y sus propiedades químicas. Este material puede ser empleado directamente sin el uso de algún aglutinante como el cemento para diversas actividades industriales o relacionadas a la construcción. De la misma manera, se puede integrar junto a un material aglutinante como la breca o el ya mencionado cemento Portland. Así, estos elementos serán capaz de endurecerse en una masa sólida (38).

En primer lugar, es pertinente mencionar que el uso relacionado a la industria de la construcción más común de este agregado, sin emplear el cemento Portland, es como base para una carretera. Esto a su vez incluye la base de esta o su capa de revestimiento. La importancia de la inclusión de este material en esta actividad radica en que la superficie de las piedras trituradas posee una mejor adherencia que aquellas que tienen una superficie redondeada (canto rodado). De esta manera, se generan superficies entrelazadas que brindan una mayor resistencia y durabilidad al concreto. En este sentido, dado que las partículas trituradas se compactan entre sí de una manera eficiente a comparación de las partículas redondeadas y lisas de origen natural, representan un mejor producto base para la construcción de carreteras. Esta propiedad es muy importante, debido a que el concreto asfáltico y la base de una carretera son propensos a fluir cuando son sometidos a tensiones de considerable magnitud o con una duración de aplicación alargada (38).

En segundo lugar, otro uso convencional de la piedra triturada es como agregado para una mezcla de concreto. En este caso, se presenta una diversidad de aplicaciones en la construcción residencial y no residencial, mantenimiento y elaboración de carreteras, construcción de aeropuertos, alcantarillado, cimientos, presas, etc. (38).

En tercer lugar, la piedra chancada se usa alternativamente para la fabricación de cal y cemento Portland. De la misma manera, en actividades no necesariamente relacionadas a la industria de la construcción, se pueden mencionar al desempolvado

de minas. Esto se realiza con el objetivo de mejorar la seguridad de estos espacios al reducir el riesgo por explosión o combustión del polvo de carbón (38).

2.2.2.3. Dimensiones

A. Granulometría del agregado grueso

La clasificación de agregados como la piedra chancada según la ASTM C33, permite una gran versatilidad al momento de realizar la clasificación y tienen en consideración distintos tamaños de agregados, como se puede apreciar en la

Por otra parte, las cantidades de agregados en el diseño de concreto se tienen que modificar en caso se presenten cambios al momento de clasificar la piedra chancada. Es debido a que estas modificaciones son complicadas de predecir, es más viable desde una perspectiva económica el mantenimiento del agregado grueso o piedra chancada que realizar una reducción en las variaciones de la granulometría (Kosmatka et al.,).

Tabla 3. Debido a ello, la clasificación para la piedra chancada de un tamaño máximo puede modificarse en un rango moderado sin que esto pueda tener repercusiones en el cemento o la cantidad de agua requerida de una mezcla de concreto. Esto a su vez es influenciado por la proporción de agregado fino y agregado grueso, el cual produce concreto con una trabajabilidad correcta (Kosmatka et al., (33).

Por otra parte, las cantidades de agregados en el diseño de concreto se tienen que modificar en caso se presenten cambios al momento de clasificar la piedra chancada. Es debido a que estas modificaciones son complicadas de predecir, es más viable desde una perspectiva económica el mantenimiento del agregado grueso o piedra chancada que realizar una reducción en las variaciones de la granulometría (Kosmatka et al., (33).

Tabla 3

Granulometría del agregado grueso

Número de tamaño	Tamaño Nominal, tamices con aberturas cuadradas
1	90 mm a 37.5 mm
2	63 mm a 37.5 mm
3	50 mm a 25.0 mm
357	50 mm a 4.75 mm

4	37.5 mm a 19.0 mm
467	37.5 mm a 4.75 mm
5	25.0 mm a 12.5 mm
56	25.0 mm a 9.5 mm
57	25.0 mm a 4.75 mm
6	19.0 mm a 9.5 mm
67	19.0 mm a 4.75 mm
7	12.5 mm a 4.75 mm
8	9.5 mm a 2.36 mm

Nota. Clasificación del agregado grueso según su granulometría. Adaptado de “Diseño y control de mezclas de concreto”, por Kosmatka, Kerkhoff, & Panarese, 2016, Illinois: Ed. Portland Cement Association, p. 84.

Es pertinente mencionar que el tamaño máximo de la piedra chancada posee una influencia directa en la economía del hormigón. Esto se debe a que se necesita una mayor cantidad de agua y cemento Portland cuando se emplea este tipo de agregados con un tamaño considerable, dado al consecuente incremento de la superficie en conjunto de la piedra chancada (Kosmatka et al., (33)).

B. Módulo de fineza (agregado fino)

Es comprendido como el tamaño en promedio de la muestra de arena, más no llega a representar la distribución de las partículas. Por ello, se encuentra dividido en porcentajes retenidos/acumulados en tamices como:

NTP: n°100, n°50, n°30, n°16, n°8, n°4, 3/8”, 3/4”, 1 1/2”, 3”

Asimismo, valores mayores, aumentando la relación de 2 a 1.

$$MF = \frac{\sum \% \text{Acumulados retenidos (1 1/2", 3/4" 3/8" n°100, n°50, n°30, n°16, n°8, n°4)}}{100}$$

El módulo de fineza se logra interpretar entre los módulos 2.2 a 2.8, produciendo concreto que denota capacidad de buena trabajabilidad y cierta reducción a la segregación. En relación, a las que se hallan entre 2.8 a 3.2, vienen a ser los más favorables para el concreto.



Figura 5. Módulo de fineza

El agregado fino del módulo de fineza denota los siguientes requisitos: a) puede estar formado por arena manufacturada o natural, o puede ser la combinación. Por lo que, debe denotar partículas limpias, perfil duro, angular, resistente y compacto; b) denotar libertad en lo que respecta a las cantidades de sales, materia orgánica, álcalis, pizarras, esquistos, terrones, polvo u otras sustancias que generen algún tipo de daño y c) debe estar graduado en función a los límites indicados. Por este motivo, el módulo de fineza del agregado fino debe estar al límite de ± 0.2 , para la selección de las proporciones del concreto.

2.2.2.4. Propiedades de la piedra chancada

C. Resistencia al congelamiento y descongelamiento

La resistencia a las temperaturas bajas de la piedra chancada es una de las características más importantes cuando se realiza el diseño de concreto para pavimentos. Esta propiedad se encuentra fuertemente relacionada con la porosidad, permeabilidad, absorción y distribución de poros. Es pertinente mencionar que los agregados pueden absorber cierta cantidad de agua hasta su completa saturación. Debido a esto, no se puede controlar la expansión y la presión hidráulica originadas por el congelamiento del agua. Es decir, en caso se presenten partículas con una alta absorción de agua, se puede generar la expansión de la piedra chancada y la posterior desintegración del concreto. Se debe tener cuidado respecto a esta situación, debido a que es suficiente la presencia de una sola partícula saturada cerca de la superficie del concreto para ocasionar agrietamiento (Kosmatka et al., (33)).

D. Absorción de humedad y secado

La acción de los agentes externos como la presencia de humedad y el clima seco poseen influencia en la durabilidad de la piedra chancada. Es preciso mencionar que los coeficientes de expansión y contracción de las piedras pueden presentar variaciones dependiendo de los valores de la temperatura y el contenido de humedad. En caso se evidencie el humedecimiento de la piedra chancada y un posterior secado de manera alternativa, es posible el desarrollo de una tensión crítica en este tipo de agregados. Por otra parte, es posible que esto desencadene un incremento fijo del valor de volumen total del concreto y una posterior ruptura. Si bien es cierto, es necesario el desarrollo de ensayos en laboratorio que permitan predecir este tipo de comportamiento en la piedra chancada, el trabajo en colaboración con un petrógrafo puede brindar resultados empíricos (Kosmatka et al., (33).

E. Resistencia a la abrasión de la piedra chancada

La resistencia a la abrasión de agregados como la piedra chancada es empleada comúnmente como un criterio que indica la calidad de estos. Este tipo de factor es importante cuando el agregado va a ser utilizado en concretos expuestos a la abrasión. Un ejemplo de ello se puede evidenciar en el diseño de superficies de alta resistencia o pavimentos rígidos. En caso el agregado posea una baja resistencia a la abrasión, la cantidad de finos a emplear se incrementará durante el proceso de preparación del concreto. Debido a ello, las cantidades de agua necesarias para garantizar la trabajabilidad deberán incrementarse. Es decir, se tendrá que realizar un reajuste en la relación del agua y cemento (Kosmatka et al., (33).

Por otro lado, entre los ensayos más comunes para determinar la resistencia a la abrasión se puede mencionar al “Método de Cascabel”, el cual se realiza según las consideraciones definidas en la AASHTO T 96 o la ASTM C 535. Este tipo de ensayo inicia cuando se coloca un volumen determinado de piedra en un tambor de acero que contiene esferas del mismo material. Posteriormente, se hace girar este tambor y se cuantifica el porcentaje del material que haya presentado desgaste. Si bien es cierto, este tipo de prueba se realiza con los agregados, se podrá determinar con una mayor exactitud la resistencia al desgaste del concreto a través de pruebas realizadas a este último (Kosmatka et al., (33).

F. Resistencia y contracción de la piedra chancada

Esta propiedad no es comúnmente empleada debido a que la resistencia de este tipo de agregados no posee una influencia alta en la resistencia final del concreto común. Sin embargo, en el caso del diseño de concreto de alta resistencia, estos factores se vuelven muy importantes. Entonces, los niveles de tensión presentes en el concreto poseen un valor más elevado que el alcanzado por la tensión media a lo largo de la sección transversal del concreto. Del mismo modo, las resistencias a la tracción se encuentran entre un rango de 2 MPa a 15 MPa y las resistencias a la compresión varían de 65 MPa a 270 MPa (Kosmatka et al., (33).

Por otra parte, otros tipos de agregados poseen propiedades variadas de compresibilidad, módulo de elasticidad y contracción, las cuales se encuentran influenciadas con la humedad que propia del concreto. Es pertinente mencionar que aquellos agregados que posean una alta absorción tendrán un alto valor de contracción al momento de secarse. Con base en lo anterior, los agregados que contienen cuarzo, piedra caliza, feldespato y granito son considerados como agregados con una contracción baja. Por otra parte, los agregados que contengan arenisca, lutitas o pizarra son relacionadas con un alto valor de contracción en el concreto (Kosmatka et al., (33).

2.2.2.5. *Polvo residual obtenido de la piedra chancada*

El polvo de piedra chancada es definido como un material residual proveniente de la trituración de la piedra. Este residuo adapta esta denominación luego de la retención del producto resultante, una vez la roca fue procesada en la máquina trituradora. De igual modo, este material se puede emplear como agregado fino en sustitución total o parcial de la arena natural. Este reemplazo se puede dar en cantidades del 20% al 80% en variaciones de 20% entre estos valores. La factibilidad de esta actividad radica en que el polvo residual de la piedra chancada puede alcanzar una resistencia mayor a la obtenida por la arena fina. De la misma manera, se pueden modificar sus propiedades básicas, seleccionando los aditivos adecuados. En comparación a la arena, las partículas residuales de piedra chancada poseen un módulo de finura similar, adoptando este último un valor de 2.2, en comparación al 2.6 presentado por el primer material. Asimismo, la gravedad específica de ambos materiales posee valores cercanos a 2.4 (37).

2.2.2.6. *Ventajas del uso del polvo residual de piedra chancada*

Respecto al uso convencional de la arena como agregado fino, el empleo de las partículas de piedra chancada posee una serie de ventajas. En primer lugar, el costo de la arena es alto en comparación del polvillo resultante de la trituración. Esto se debe a que el polvo residual es considerado como un desecho y no posee un alto valor de adquisición. En segundo lugar, este material al provenir de la piedra chancada, el cual es considerado un material duro y resistente, posee un mejor resultado a la resistencia, el cual se puede mejorar empleando una serie de aditivos adecuados. En tercer lugar, la práctica de usar polvillo de piedra chancada en reemplazo de la arena, cubre la falta de disponibilidad de este material. Esto se debe a que muchas veces la arena fina no se encuentra cerca del sitio de ejecución de una obra, por lo que los costos de transporte de la misma se elevan considerablemente. En cuarto lugar, en adición a la reducción de la inversión de recursos económicos, el uso de un residuo proveniente de la extracción de agregados resuelve el problema de la eliminación de desechos. En varias ocasiones, los responsables de la extracción y producción de piedra chancada depositan los residuos en la intemperie, causando que el suelo donde se ha depositado el material quede inutilizable para otras actividades (37).

2.2.2.7. *Uso de superplastificantes en el concreto adicionado con polvo de piedra chancada*

A. Definición

El uso de superplastificantes permite una disminución del agua, la cual es requerida en la producción de concretos autonivelantes, autocompactantes y para la fabricación de concreto de alto rendimiento, necesario para la construcción de pavimentos rígidos. Es debido al empleo de estos aditivos que se pueden emplear relaciones de agua y cemento bajas, tales como 0.25 o inclusive menos. No obstante, esto permite obtener una resistencia con valores aproximados a 120 Mpa (37).

B. Compatibilidad de los superplastificantes y el cemento

Según Dubal (37), no todos los superplastificantes presentan una mejora en la fluidez con cualquier tipo de cemento. Debido a ello, este tipo de aditivos puede tener un efecto fluidificante con una mayor intensidad en un tipo determinado de

cemento en comparación a otro, Esto se debe a que el cemento no es lo suficientemente compatible para que al aditivo realice su función adecuadamente.

2.2.2.8. Polvo residual obtenido del granito

Según Amaravathi et al. (39), el granito corresponde a una roca de origen ígneo, es un mineral de alta dureza y posee en su composición feldespato, cuarzo y otro tipo de minerales oscuros. De la misma manera presenta una textura homogénea, una adecuada resistencia al desgaste y óptima durabilidad, lo cual hace que sea uno de los tipos de piedra chancada más requerido en la actualidad. El polvo residual del granito se obtiene a partir de la extracción de este agregado en las canteras locales mediante el proceso de trituración. Para un mejor entendimiento de las características de este tipo de polvo residual, se presentan las propiedades mecánicas del granito en la **Tabla 4** y se nombran los elementos de la composición química que posee el polvo de granito en la Tabla 5.

Tabla 4

Propiedades físicas del granito

S/N	Propiedades físicas	Granito
1	Gravedad específica	2.52
2	Absorción de agua	2%
3	Valor de impacto del agregado	20.3%
4	Valor de trituración del agregado	25.25%
5	Densidad a granel	1528.7 kg/m ³

Nota. Propiedades físicas encontradas en rocas de granito con tamaños entre 14 mm a 20 mm. Adaptado de “Características de diferentes tipos de agregado grueso en las propiedades del concreto de alto desempeño”, por Kabir, et al., 2018, Bauchi: Sustainable Structure and Materials, p. 90.

Tabla 5

Composición química del polvo de granito

Nº	Óxidos	Contenido en Porcentaje (%)
1	SiO ₃	72.04
2	Al ₂ O ₃	14.42
3	K ₂ O	4.12
4	Na ₂ O	3.69
5	CaO	1.82
6	FeO	1.68
7	Fe ₂ O ₃	1.22
8	MgO	0.71
9	TiO ₂	0.30
10	P ₂ O ₅	0.12
11	MnO	0.05

Nota. Compuestos químicos encontrados en una muestra de granito. Adaptado de “Comportamiento del concreto con polvo de granito pulido en reemplazo parcial del cemento”, por Amaravathi et. al, 2018, Rajampet: International Journal of Engineering Science Invention Research & Development, p. 4.

2.2.2.9. Producción de las partículas de granito

El polvo de granito es un tipo de desecho en forma de partículas que se genera luego de la trituración o el corte de las rocas de granito. Esto se puede apreciar de una manera gráfica en la .

Figura 6. Es necesario mencionar que, debido a la creciente industria de la construcción, el número de los depósitos de granito se han ido incrementando. No obstante, este tipo de desecho aún no tiene una aplicación significativa en la actualidad (40).

Figura 6

Proceso de producción del polvo residual del granito



Nota. Procedimientos realizados en la extracción del granito y su posterior trituración para obtener el polvo residual. Tomado de “Polvo de granito vs. cenizas volantes para la producción sostenible de morteros de cemento curados al aire”.

2.2.2.10. *Propiedades del concreto fresco con polvo de granito*

A. Trabajabilidad

Es una característica del concreto que determina el esfuerzo necesario para manipular este material una vez haya sido preparado, sin perder en ningún momento su uniformidad y homogeneidad. Esta propiedad es necesaria para el concreto fresco fabricado con partículas de granito debido a que facilita su transporte, hace que sea más compacto y le brinda un mejor acabado (41).

B. Consistencia

La consistencia del concreto con contenido de granito puede definirse como la fluidez de la mezcla, la cual tiene relación con la humedad. Es una característica común que el concreto fresco posea una consistencia que permita un mejor manejo y un rendimiento adecuado. Este valor se puede determinar mediante ensayos de asentamiento y también se indican en la trabajabilidad del concreto (41).

C. Segregación

Esta es ocasionada por una variación entre el tamaño de los agregados y el contenido de vacíos. En caso la trabajabilidad del concreto sea adecuada, se evitará en gran medida la segregación del hormigón. La trabajabilidad puede obtener valores cada vez más altos cuando la relación de agua y cemento incrementa su magnitud. Para el caso de concreto fabricado con partículas de granito, la presencia del polvillo de esta roca disminuyó el factor mencionado anteriormente, lo cual incrementa la tasa de surgimiento de asentamiento en la mezcla (41).

D. Ajuste de tiempo

Es importante que el tiempo invertido en el fraguado del concreto no sea reducido. Es decir, esta actividad no debe ser rápida una vez se haya colocado la mezcla. Si bien es cierto no hay mucha información respecto a la influencia que posee el polvo de granito en este factor, algunos estudios señalan que este elemento, en reemplazo de la arena fina o el cemento, es capaz de disminuir el tiempo de fraguado (41).

2.2.2.11. *Propiedades de durabilidad del concreto con polvo de granito*

A. Permeabilidad

La permeabilidad se entiende como un factor que muestra el grado de tolerancia de un material al flujo de un fluido a través de sus poros. Estos agujeros deben encontrarse interconectados y encontrarse en la matriz del material. Es necesario mencionar que la permeabilidad de la piedra chancada y las dimensiones y distribución de los poros en la pasta de cemento, influyen de manera directa en la permeabilidad final del concreto fabricado. Respecto a las partículas de granito, investigaciones recientes señalan que en comparación a la arena fina, este material presenta una mayor permeabilidad. Es decir, con la adición del polvillo de granito a una mezcla convencional de concreto, se podría mejorar la permeabilidad del elemento constructivo que se piensa desarrollar (41).

La aparición de desconchado por fuego en el hormigón es un proceso complicado que puede ocurrir debido a la acumulación de presión en los poros y las tensiones provocadas por altas temperaturas y cargas. Miah y colegas. El estudio demostró que las muestras de hormigón sometidas a carga (B40-II y B40-III) son más propensas a descascararse en comparación con las muestras sin carga. Además, a medida que aumenta la carga aplicada (tanto cargas uniaxiales como biaxiales), también aumenta el grado de desconchado. Se hizo un descubrimiento intrigante sobre las tendencias al desconchado de las losas de concreto en dos condiciones diferentes: cuando no están bajo ninguna carga (0 MPa) y cuando experimentan una carga biaxial mínima (0,5 MPa, alineada con la superficie calentada de la losa) (Jihad et al. 2019).

Estos hallazgos mostraron que, aunque la tensión de 0,5 MPa es significativamente menor que la resistencia a la compresión del hormigón (51 MPa el día de la prueba de fuego), todavía tiene la capacidad de afectar el comportamiento de desconchado del hormigón bajo carga de compresión biaxial. La razón del mayor comportamiento de desconchado no puede atribuirse únicamente a las mayores tensiones causadas por la mayor carga externa, sino también a la mayor presión de poro resultante de un nivel reducido de daño y permeabilidad. Felicetti y Lo Monte demostraron que, utilizando un método novedoso que utiliza pulso-eco ultrasónico, podían disminuir en gran medida los daños en losas sometidas a pruebas de fuego biaxiales, incluso cuando los niveles de tensión eran extremadamente bajos. 0,5

megapascuales (MPa). Sin embargo, la aplicación de presión limitada en dos direcciones puede afectar significativamente la aparición de microfisuras causadas por factores térmicos, lo que posteriormente conduce a una disminución de la permeabilidad del hormigón a temperaturas elevadas (Jihad et al. 2019).

Choinska y colegas. La investigación demostró que cuando el hormigón se calienta hasta 150°C y se somete a cargas de compresión uniaxial (con niveles de tensión inferiores al 80% de la tensión máxima), su permeabilidad se reduce en comparación con la permeabilidad medida después de la descarga. León y colegas. Se informó que la permeabilidad observada, que se determinó después del enfriamiento, disminuyó cuando la presión de confinamiento se elevó de 4 a 28 MPa. Este efecto fue aún más pronunciado para niveles más altos de carga térmica. Chen y colegas. La permeabilidad al gas de los morteros tratados térmicamente se examinó en cuatro niveles diferentes de tensiones de confinamiento (5, 12, 15 y 25 MPa). Los investigadores observaron que los morteros sometidos a un tratamiento térmico por encima de 400°C mostraban cambios en la permeabilidad en función de la presión de confinamiento. Cuando la tensión de confinamiento aumentó de 5 a 25 MPa, la permeabilidad intrínseca disminuyó hasta en un 23%. Pei y colegas Realizamos pruebas para medir la permeabilidad longitudinal y la porosidad del mortero normalizado a varios niveles de presión de confinamiento (5, 10, 20, 30 y 40 MPa). Los hallazgos indicaron que a medida que aumenta la presión de confinamiento, la permeabilidad disminuye, y esta disminución es más pronunciada a temperaturas más altas. Esta sensibilidad a la presión de confinamiento se atribuye al sellado de grietas (Jihad et al. 2019).

Se sometieron a pruebas dos hormigones ordinarios para mejorar la comprensión de cómo el calentamiento y la carga afectan la permeabilidad del hormigón. Además, esta investigación tuvo como objetivo ofrecer una mejor comprensión del mecanismo responsable del desconchado del hormigón por incendio. Se realizaron pruebas para medir la permeabilidad longitudinal y radial en condiciones cargadas y sin carga. probetas sometidas a presión controlada y carga de compresión en una dirección (uniaxial). Para obtener una comprensión integral de la conexión entre la permeabilidad y el desconchado por incendio, realizamos pruebas de

permeabilidad en dos mezclas de concreto, a saber, B40-II y B40-III. (Jihad et al. 2019).

La investigación realizada por Miah et al. se centró en muestras con una resistencia a la compresión de aproximadamente 40 MPa, denominadas $f_{c28days}$ en su estudio. Miah, Mindeguia, Carré et al., y Mindeguia et al. llevó a cabo investigaciones para examinar en mayor profundidad el comportamiento al fuego de los tipos de hormigón B40-II y B40-III. Analizaron diversos factores relacionados con el desconchado por fuego, propiedades térmicas, propiedades mecánicas, porosidad, capacidad de absorción de agua y permeabilidad cuando el hormigón no estaba sometido a ninguna carga externa (Jihad et al. 2019).

B. Resistencia a los sulfatos

Este tipo de resistencia corresponde a la resiliencia del concreto a la presencia de sulfatos que tienen agentes químicos abrasivos. Si bien es cierto, el concreto es conocido por su alta resistencia y durabilidad, la presencia de granito puede afectar esta característica. Esto se debe a que a una tasa mayor de sustitución de arena fina o cemento por granito se ocasiona un aumento de la probabilidad de ataque por sulfato. Asimismo, se había identificado un material reactivo en las partículas provenientes del triturado de granito. Es por ello que se recomienda un tratamiento previo al polvo de granito o en todo caso, el uso de algún aditivo (41).

C. Profundidad de carbonatación

Este factor sirve para calcular el grado de inserción del carbonato al interior de una mezcla de concreto. Es debido a ello que se considera como un criterio de medida indirecta para la calidad del concreto. Si bien es cierto, la presencia de polvo de granito puede aumentar la magnitud de este factor, no existe uniformidad en el aumento de la profundidad. Para valores de sustituciones de arena fina por partículas de granito (15%, 20% y 15%), se obtuvieron profundidades de 7.7 mm, 8.9 mm y 10.2 mm respectivamente. Debido a que este valor se encuentra más cercano a las barras de refuerzo, no se recomienda un reemplazo de la arena fina con polvillo de granito en una dosis superior al 15% (41).

2.2.2.12. Procedimiento de mezcla de concreto con polvo de granito

El proceso de mezcla del concreto reforzado con partículas de granito es parecido al procedimiento de mezcla de un concreto convencional. Primero, se debe pesar los ingredientes necesarios para fabricar el concreto. Entre estos se puede mencionar al cemento, agregados finos y gruesos, polvo de granito y superplastificantes. Posteriormente, se realiza el mezclado, colocando primero los agregados gruesos, seguido de los finos, el polvo de granito, otros aditivos, minerales y agua. Es necesario mencionar que el superplastificante se puede adicionar mientras se realiza la mezcla o también puede ser diluido en agua (41).

2.3. Marco conceptual (de las variables y dimensiones)

- **Concreto de alta resistencia.** El concreto de alta resistencia es aquel que supera las características de diseño y posee una mejor resistencia en comparación del concreto convencional. Es frecuentemente empleado en túneles, puentes y edificios (33).
- **Granulometría del agregado grueso.** Es un indicador que define los límites del tamaño granulométrico del agregado grueso. Influye en la economía del concreto, debido a que puede modificar la dosificación del agua y cemento (33).
- **Módulo de fineza (agregado fino).** Es definido como un indicador de la finura del agregado fino. Mientras el valor sea mayor, este componente del concreto será más grueso. Es un indicador útil para estimar las proporciones de los agregados en el concreto (33).
- **Partículas residuales del chancado de piedra.** Es el conjunto de partículas que quedan como resultado de la trituración de piedras en la máquina trituradora. Debido a sus propiedades, este material puede ser empleado en una mezcla de concreto (37).
- **Resistencia a la compresión.** Es definida como la medida de resistencia de una probeta cilíndrica de concreto ante la acción de una carga axial. Este valor es expresado en megapascuales (MPa) o libras por pulgada cuadrada (psi), a los 28 días de fraguado (33).

- **Resistencia a la flexión.** Este tipo de resistencia también conocido como módulo de ruptura del concreto es empleado para el diseño de pavimentos. Puede entenderse como el esfuerzo de tracción a la que una probeta cilíndrica puede ser sometida (33).

CAPÍTULO III HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general

Las partículas residuales del chancado de piedra influyen de forma positiva en el concreto de alta resistencia de pavimentos rígidos en el Distrito de Pilcomayo – 2022.

3.2. Hipótesis específicas

- Las partículas residuales del chancado de piedra influyen de forma positiva en la resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia de pavimentos rígidos en el distrito de Pilcomayo-2022.
- Las partículas residuales del chancado de piedra influyen de forma positiva en la resistencia a la flexión del concreto de alta resistencia pavimentos rígidos en el distrito de Pilcomayo-2022.

3.3. Variables

3.3.1. Definición conceptual de la variable

Concreto de alta resistencia:

El diseño de concreto de alta resistencia para pavimentos rígidos puede entenderse como los procesos de planificación y cuantificación de los materiales que tendrá el concreto. Asimismo, se incluye dentro de esta

actividad el establecimiento de sus propiedades y características para cumplir los requerimientos de una obra que requiera la construcción de pavimentos Kosmatka, et al. (33).

Partículas residuales del chancado de piedra:

Es el conjunto de partículas que quedan como resultado de la trituración de piedras en la máquina trituradora. Debido a sus propiedades, este material puede ser empleado en una mezcla de concreto (37).

3.3.2. Definición operacional de la variable

Concreto de alta resistencia:

Se refiere al requerimiento de resistencia a la compresión y resistencia a la flexión.

Partículas residuales del chancado de piedra:

Conjunto de partículas, resultado de la trituración de piedras, medidas a través de la granulometría del agregado grueso y el módulo de fineza.

3.3.3. Operacionalización de la variable

La matriz de operacionalización se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 5

Operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
VI: Partículas residuales del chancado de piedra	Es el conjunto de partículas que quedan como resultado de la trituración de piedras en la máquina trituradora. Debido a sus propiedades, este material puede ser empleado en una mezcla de concreto (37)	Conjunto de partículas, resultado de la trituración de piedras, medidas a través de la granulometría del agregado grueso y el módulo de fineza.	Granulometría del agregado grueso Módulo de fineza (agregado fino)	mm pulgadas	Ficha de observación
VD: Concreto de alta resistencia	El diseño de concreto de alta resistencia para pavimentos rígidos puede entenderse como los procesos de planificación y cuantificación de los materiales que tendrá el concreto. Asimismo, se incluye dentro de esta actividad el establecimiento de sus propiedades y características para cumplir los requerimientos de una obra que requiera la construcción de pavimentos (Kosmatka, et al. (33).	Se refiere al requerimiento de resistencia a la compresión y resistencia a la flexión.	Resistencia a la compresión Resistencia a la flexión	kg/cm ² MPa	Ficha de observación

CAPÍTULO IV METODOLOGÍA

4.1. Método de investigación

4.1.1. Método general

El método que se empleó durante el desarrollo de la presente tesis fue el científico. Hernández et al. (44) indican que, este tipo de metodología tiene como objetivo el estudio de aquellos eventos que puedan ocurrir en un tiempo específico o, en su defecto, en un rango temporal; asimismo, la finalidad del estudio es proponer una solución a un evento de interés, el cual se compone por las variables que se definieron en incisos anteriores. De esta manera, este tipo de método ha permitido tener un control de los eventos que pudieron brindar una alternativa de solución al evento estudiado. Es pertinente mencionar que este último corresponde a la influencia de las partículas de piedra chancada en la resistencia de concreto de alta resistencia para pavimentos rígidos.

4.1.2. Método específico

El estudio se apoyará del método deductivos, según Hernández et. al. (45) este se basa en el análisis de una premisa general, para llegar a una conclusión en específico. De modo que, el estudio se basará en los resultados obtenidos en las diferentes fuentes de investigación tomados y realizará el tratamiento al fenómeno para llegar a una conclusión que responda al problema de investigación.

4.2. Tipo de investigación

La investigación fue de tipo tecnológica. Según Sánchez, et al. (46), este tipo de indagación incurre en el desarrollo de un análisis metódico, sistemático y planificado con la única finalidad de certificar una tecnología. Ello, implica que denotará la efectividad de esta última, demostrando la innovación lograda. En tal sentido, el estudio fue aplicado pues se analizaron de forma sistemática, planificada y metódica los hallazgos logrados sobre la resistencia a la tracción y compresión de concreto de alta resistencia para pavimentos en el distrito de Pilcomayo, Huancayo en el año 2021 y 2022.

4.3. Nivel de investigación

El nivel de la investigación fue de carácter explicativo. Sánchez et al. (46) indica que este tipo de nivel de investigación tiene como objetivo determinar la influencia que posee una variable sobre otra. Debido a ello, es necesario emplear herramientas o métodos que hagan posible la búsqueda de información, la cual es objeto de interpretación. Así, las variables existentes fueron comparadas y se pudo identificar aquellas que eran independientes frente a las de naturaleza dependiente. Con base en lo anterior, es necesario mencionar que la investigación tuvo como finalidad determinar la influencia de las partículas de piedra chancada en la resistencia de concreto de alta resistencia para pavimentos rígidos. Esto fue realizado a los 7, 14, 21 y 28 días de edad de concreto en el distrito de Pilcomayo, Huancayo en el año 2021 y 2022.

4.4. Diseño de la investigación

El estudio hizo uso de un diseño de investigación experimental debido a que fue necesaria la manipulación de variables. Este tipo de diseño es empleado para administrar los datos que se obtengan de la reproducción de las características del objeto de estudio. Esto último se puede realizar mediante la modelación o elaboración de un prototipo (47). El diseño empleado fue el siguiente:

M1	O1xyz
M2.....	O2xyz

Donde:

M1 y M2: vienen a ser la muestra de estudio

O1 Y O2: son las observaciones de las muestras

Xyz: representan las variables controladas

Por otro lado, la investigación tuvo un diseño de tipo longitudinal, debido a que hay una distribución del ensayo de las probetas en distintos períodos, tales como la edad del concreto a los 7, 14, 21 y 28 días. Asimismo, es necesario mencionar que se tuvo una muestra patrón sin la presencia de partículas residuales del chancado de piedra para su posterior ensayo. Por otra parte, también hubo muestras con contenido de este material, el cual estuvo distribuido en distintos porcentajes.

4.5. Población y muestra

Sánchez et al. (46) definen a la población como elementos con características especiales que permitan identificarlos y agruparlos, diferenciándolos al mismo tiempo de otros grupos. De esta manera, cada una de estas unidades podrá ser analizada con el mismo instrumento. En el estudio, la población será finita y se conformó por las 40 probetas diseñadas con concreto de alta resistencia para pavimentos rígidos, con un valor de resistencia a la compresión de 280 kg/cm^2 , según el siguiente lineamiento:

- 4 probetas para la muestra patrón
- 12 probetas para la muestra con 10%
- 12 probetas para la muestra con 20%
- 12 probetas para la muestra con 30%

En segundo lugar, respecto a la muestra, Hernández, et al. (44) la definen como una porción de la población. Esta también puede considerarse una nueva población derivada de la anterior, la cual aún no se desliga de las propiedades que la hicieron incluirse dentro de su predecesora. Del mismo modo, una muestra es estudiada para ahorrar el tiempo y los recursos que se hayan podido invertir innecesariamente al analizar a una población completa.

El tamaño muestral presenta la integración de partículas de piedra chancada con un valor de resistencia a la compresión de 280 kg/cm^2 , corresponde a 12 probetas

cilíndricas diseñadas con concreto de alta resistencia para pavimentos rígidos en el distrito de Pilcomayo, Huancayo en el año 2021 y 2022 para cada porcentaje.

- 3 probetas para evaluarlo a 7 días
- 3 probetas para evaluarlo a 14 días
- 3 probetas para evaluarlo a 21 días
- 3 probetas para evaluarlo a 28 días

Se eligen 3 probetas para cada experimento, es porque en la normativa se indica ello, que mínimo son 3 (7).

4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Luego de haber realizado la identificación adecuada del diseño y la muestra según las variables especificadas y el problema de investigación se procedió a la identificación de la técnica y el instrumento adecuado teniendo en cuenta las variables, dimensión y los indicadores para la recopilación de datos relevantes e información acerca de los elementos de muestreo. Entre estos se pueden mencionar a sus atributos, variables o conceptos (Hernández, et al. (44).

4.6.1. Técnicas de recolección de datos

Se usó la técnica de observación, la cual, según Espinoza (47), se define como el análisis a través de la percepción de los sentidos. Del mismo modo, el estado del elemento analizado fue delimitado mediante indicadores que hagan posible la obtención de resultados analíticos y factibles de interpretar. Debido a ello, en este estudio se empleó la técnica mencionada con anterioridad, con la finalidad de determinar la influencia de la incorporación de partículas residuales de piedra chancada en la compresión y flexión del diseño de concreto de alta resistencia para el distrito de Pilcomayo, Huancayo en el año 2021 y 2022.

4.6.2. Instrumentos de recolección de datos

Se utilizó la ficha de observación. Espinoza (47) define a la ficha de observación como una herramienta estructurada que posee una lista de indicadores que deben responderse mediante una previa observación del evento de interés. Debido a ello, en los procesos realizados en laboratorio se emplearon fichas de observación, la

cual se encuentra en el Anexo 4 y se desarrolló en función a lo establecido en la Matriz de Operacionalización de variables. Además, la estructura de este instrumento se conformó por tres partes: materiales a emplear, la calidad del concreto especificado y condiciones climáticas. Esto se realizó con la finalidad de recolectar datos de campo relacionados a la resistencia del concreto integrado con partículas residuales de piedra chancada a los 7, 14, 21 y 28 días de edad, en el distrito de Pilcomayo, Huancayo en el año 2021 y 2022.

Validez: El instrumento se sometió a la validación por parte del juicio de tres expertos, ingenieros civiles, especialistas en concreto y construcción de pavimentos rígidos. Según Hernández et al. (45), la validez permite identificar si el instrumento propuesto realmente permite cumplir con el objetivo del mismo y el grado de medición de lo que el investigador desea medir.

Confiabilidad: El instrumento en mención no requirió la verificación de confiabilidad, pues según Hernández et al. (45), solo los instrumentos que permiten la recolección de datos cuantitativos, como cuestionarios, escalas y tests denotan confiabilidad.

4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento de datos recopilados mediante la ficha de observación, se usó el software “SPSS”, el cual se empleó para realizar la estadística descriptiva e inferencial. Esta herramienta tecnológica es responsable de analizar los resultados y presentar indicadores con base en diversos gráficos de tipo estadístico.

En este sentido, la estadística descriptiva permitió el análisis de los datos de forma porcentual, haciendo uso de gráficos y tablas. Es decir, los cálculos estadísticos realizados fueron el promedio y el nivel de significancia. Asimismo, la estadística inferencial facilitó la contrastación de hipótesis, ya que facilita la aplicación de estadígrafos. Así, se pudo determinar la influencia de la incorporación de partículas residuales de piedra chancada en la compresión y flexión del diseño de concreto de alta resistencia para el distrito de Pilcomayo, Huancayo en el año 2021 y 2022.

Además, para procesar los datos se consideró la distribución de las probetas durante ensayos realizados en distintos periodos: 7 días, 14 días, 21 días y 28 días. Es

importante destacar que se incluyó una muestra patrón sin la presencia de partículas residuales del chancado de piedra para servir como referencia en los ensayos. Luego se aplicó el instrumento, se ordenó en SPSS y se calculó el promedio de resistencia a la compresión y flexión según la edad de las muestras y el tipo de agregado.

Posteriormente, para la contrastación de la hipótesis se siguieron los siguientes pasos: se plantearon las hipótesis, se identificó el nivel de significancia o riesgo, se seleccionó el estadístico de prueba ANOVA, se estableció la conclusión estadística y se interpretaron los resultados. Y las pruebas que se llevaron a cabo fueron mediante la prueba ANOVA, pruebas post hoc (Tukey) y subconjuntos para la edad de las muestras. También se utilizó la prueba de Mann-Whitney para analizar el porcentaje de agregado de partículas residuales. Y según el nivel de significancia se evaluó la aceptación o rechazo de las hipótesis, así como la influencia positiva o negativa.

4.8. Aspectos éticos de la Investigación

La investigación se desarrolló de una manera ética, que respete normativas establecidas y garantice el cumplimiento de los derechos humanos de aquellos que participan en su realización. De la misma forma, este lineamiento debe ser considerado para los lectores interesados, a los cuales la información es remitida. Por otra parte, los investigadores deben proceder en todo el transcurso de la investigación con honestidad, en beneficio del intercambio de resultados, conocimientos y la búsqueda de la verdad. De este modo, los resultados obtenidos en la determinación de la influencia de las partículas residuales de piedra chancada en la compresión y flexión del diseño de concreto de alta resistencia para el distrito de Pilcomayo, son confiables, exactos y verídicos (Hernández, et al. (44).

CAPÍTULO V RESULTADOS

5.1. Descripción del diseño tecnológico

La indagación se desarrolló de forma longitudinal, con ello se verificó la distribución de las probetas durante los ensayos, considerando los siguientes periodos: 7 días, 14 días, 21 días y 28 días. Se debe mencionar que, se tuvo una muestra patrón sin la presencia de partículas residuales del chancado de piedra para su posterior ensayo. A su vez, hubo muestras con contenido de este material, el cual estuvo distribuido en distintos porcentajes. En base a lo mencionado con anterioridad, se inició con la abrasión del material para obtener arcilla en terrones y partículas desmenuzables, tal como se ve en la *Figura 7* y *Figura 8*.



Figura 7. Arcilla en terrones y partículas desmenuzables.



Figura 8. Arcilla en terrones y partículas desmenuzables.

Es así que, se desarrolló el proceso de chancado, haciendo uso de un equipo eléctrico, esto para lograr la trituración de la roca; a través, de movimientos vibratorios. De este modo, se consiguió reducir y romper el volumen del objeto, hasta llegar a lograr las particular más compactas y pequeñas posibles, con el propósito de llegar al material más fino posible. Cabe resaltar que, el proceso de chancado contribuye en la reducción del mineral, en función al tamaño esperado, de la forma más confiable t energéticamente eficiente.

Al desarrolla todo lo mencionado, se logró un rendimiento maximizado y superior, pues se obtuvieron partículas desmenuzadas, hasta clasificarlos como terrones de arcilla desmezurables.

5.2. Descripción de resultados

5.2.1. Resultados de compresión

Los indicadores de la resistencia a la compresión según la edad de las muestras y el porcentaje de agregado se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 6

Promedio de resistencia a la compresión según la edad de las muestras

Edad en días	Promedio de resistencia (Kg/cm ²)
7	207.4
21	266.9
28	377.4

En la **Tabla 6** se aprecia que el promedio de resistencia de espécimen de las muestras con 7 días de edad fue 207.4 Kg/cm², de las muestras con 21 días de edad fue 266.9 Kg/cm², y de las muestras con 28 días de edad fue 377.4 Kg/cm². Según las cifras expuestas, la resistencia a la compresión fue mayor a medida que la edad de las muestras aumenta.

Tabla 7

Promedio de resistencia a la compresión según el agregado de partículas residuales

Estructura	Partículas residuales del chancado de piedra	Promedio de resistencia (Kg/cm ²)
Patrón	0%	254.7
Chancado de piedra	30%	406.6

La **Tabla 7** evidencia que las muestras sin agregado de chancado de piedra tuvieron un promedio de resistencia de 254.7 Kg/cm², mientras que las muestras con un 30% de agregado de chancado de piedra tuvieron un promedio de 406.6 Kg/cm². Por lo anterior, es evidente que el agregado del chancado de piedra fue beneficioso para la resistencia a la compresión de los pavimentos rígidos.

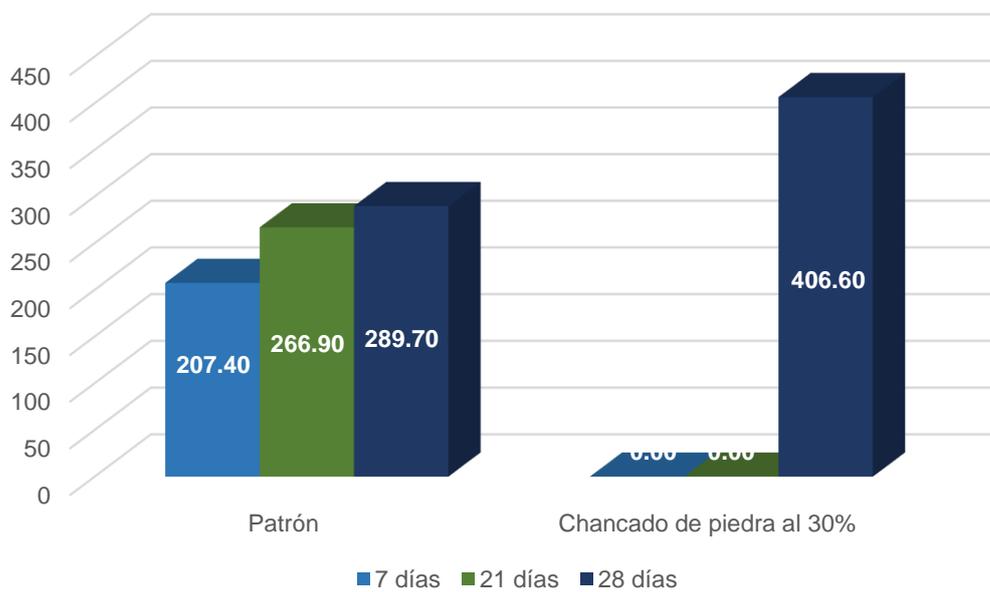
Tabla 8

Promedios de resistencia a la compresión según el agregado de partículas residuales y la edad de las muestras

Días	Promedio de resistencia (Kg/cm ²)	
	Patrón	Chancado de piedra al 30%
7	207.4	-
21	266.9	-
28	289.7	406.6

Figura 9

Promedios de resistencia a la compresión según el agregado de partículas residuales y la edad de las muestras Ubicación del distrito de Pilcomayo



De manera general, se observa en la

Tabla 8 y Figura 9 que las muestras con 7 días de edad y sin agregado de chancado de piedra tuvieron un promedio de resistencia de 207.4 Kg/cm²; las muestras con 21 días de edad, un promedio de resistencia de 266.9 Kg/cm², las muestras con 28 días un promedio de resistencia de 289.7 Kg/cm², y las muestras con la misma edad, pero con un agregado de 30% de chancado de piedra un promedio de 406.6 Kg/cm². De este modo se evidencia que los pavimentos rígidos tuvieron mayor resistencia a la compresión medida que su edad aumentó y que el agregado de piedra chancada se dió en un 30%; por lo tanto, es importante que los pavimentos rígidos cuenten con un 30% de agregado de piedra para que su resistencia a la compresión aumente.

5.2.2. Resultados de flexión

Los indicadores de la resistencia a la flexión son expuestos de igual manera que los indicadores de la resistencia a la compresión, según la edad de las muestras y el porcentaje de agregado:

Tabla 9

Promedio de resistencia a la flexión según la edad de las muestras

Edad en días	Módulo de rotura (MPa)
7	3.42
14	3.71
21	4.07
28	4.31

En la **Tabla 9** se observa que las muestras con 7 días de edad tuvieron un promedio de 3.42 MPa, las muestras con 14 días de edad un promedio de 3.71 MPa, las muestras con 21 días de edad un promedio de 4.07 MPa, y las muestras con 28 días de edad un promedio de 4.31 MPa. Lo descrito pone en evidencia que el módulo de rotura se incrementó a medida que la edad de las muestras es mayor.

Tabla 10

Promedios de resistencia a la flexión según el agregado de partículas residuales y la edad de las muestras

Estructura	Partículas residuales del chancado de piedra	Módulo de rotura (MPa)
Patrón	0%	3.86
Chancado de piedra	10%	3.58
Chancado de piedra	20%	3.96
Chancado de piedra	30%	4.10

En relación al módulo de rotura según el agregado de las partículas residuales del chancado de piedra, se observa en la **Tabla 10** que la muestra sin agregado tuvo un módulo de rotura promedio de 3.86 MPa, la muestra con 10% de agregado una rotura promedio de 3.58 MPa, la muestra con 20% de agregado una rotura promedio de 3.96 MPa, y la muestra con 30% de agregado una rotura promedio de 4.10 MPa. Según lo descrito, los megapascales aumentaron a medida que se agregaron más partículas residuales del chancado de piedra.

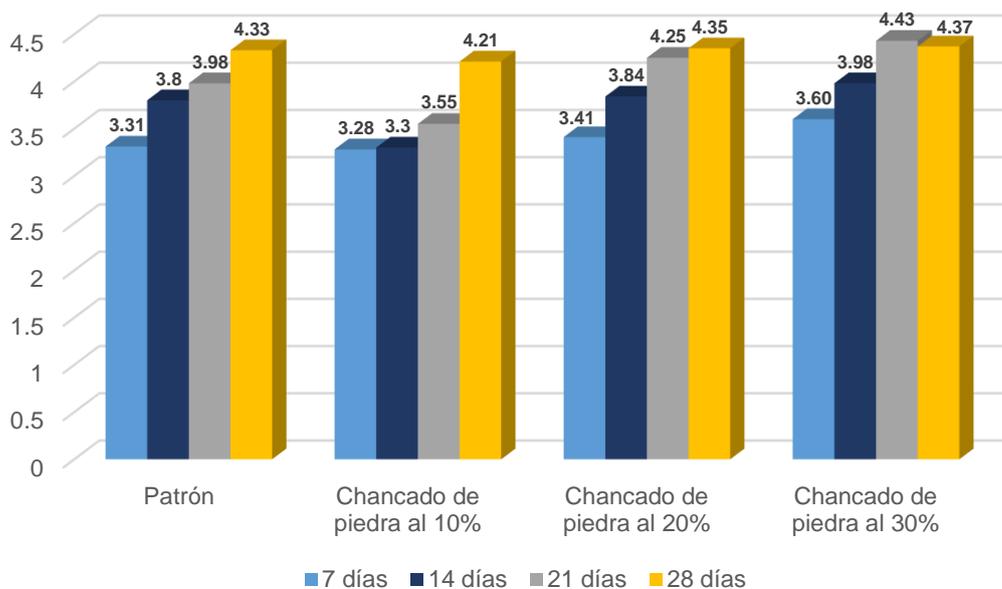
Tabla 11

Promedios de resistencia a la flexión según el agregado de partículas residuales y la edad de las muestras

Días	Módulo de rotura (MPa)			
	Patrón	10%	20%	30%
7	3.31	3.28	3.41	3.60
14	3.80	3.30	3.84	3.98
21	3.98	3.55	4.25	4.43
28	4.33	4.21	4.35	4.37

Figura 10

Promedios de resistencia a la flexión según el agregado de partículas residuales y la edad de las muestras Ubicación del distrito de Pilcomayo



De manera general, se observa en la **Tabla 11** y **Figura 10** que el módulo de rotura promedio más bajo de las muestras con 7 días edad es el que se obtuvo con

un 10% de agregado de partículas residuales (3.28 MPa), y el promedio más alto fue el que se obtuvo con un 30% de agregado (3.60 MPa). En lo que respecta a las muestras con 14 días de edad, el módulo de rotura promedio más bajo fue el de la muestra con 10% de agregado (3.30 MPa), y el promedio más alto es el que se obtuvo con 30% de agregado (3.98 MPa). De las muestras con 21 días de edad, el promedio más bajo del módulo de rotura fue la muestra con 10% de agregado (3.55 MPa) y el promedio más alto el de la muestra con 30% de agregado (4.43 MPa). Finalmente, de las muestras con 28 días, se identificó que el promedio más bajo del módulo de rotura fue el de la muestra con 10% de agregado (4.21 MPa), y el promedio más alto el de la muestra con 30% (4.37 MPa). En base a lo descrito, se evidenció que los megapascuales son más altos a medida que aumenta la edad de la muestra y el agregado de las partículas residuales del chancado de piedra; sin embargo, cabe resaltar que las muestras con 10% de agregado son resultan con menor módulo de rotura que las muestras sin agregado.

Por lo anterior, se evidenció la importancia que los pavimentos tengan en su composición 20% o 30% de agregado de partículas residuales del chancado de piedra para que tengan mayor resistencia a la flexión, pero debe evitarse que el agregado sea del 10% porque su resistencia disminuyó.

5.3. Contrastación de hipótesis

5.3.1. Primera hipótesis específica

i. Planteamiento de hipótesis

“Las partículas residuales del chancado de piedra influyen de forma positiva en la resistencia a la compresión del concreto de pavimentos rígidos en el distrito de Pilcomayo-2022”

- ***H₀***: No existen diferencias significativas
- ***H₁***: Existen diferencias significativas

ii. Nivel de significancia o riesgo $\rightarrow 0.05$

H_0 será válida si p-value es mayor o igual a 0.05

H1 será válida p-value es menor a 0.05

iii. Uso del estadístico de prueba ANOVA

Tabla 12

Resultados prueba de ANOVA – Edad de muestras

	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	42880.37	21440.2	10.291	0.017

Tabla 13

Pruebas post hoc (Tukey) – Edad de muestras

(I) Días	(J) Días	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
7	21	-59.50000	4564445	,452	-208.0230	89.0230
	28	-170.00000*	39.52925	,018	-298.6247	-41.3753
21	7	59.50000	45.64445	,452	-89.0230	208.0230
	28	-110.50000	39.52925	,083	-239.1247	18.1247
28	7	170.00000*	39.52925	,018	41.3753	298.6247
	21	110.50000	39.52925	,083	-18.1247	239.1247

Tabla 14

Subconjuntos homogéneos – Edad de muestras

Días	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
7	2	207.4000	
21	2	266.9000	266.9000
28	4		3770.4000
Sig.		0.396	0.097

Tabla 15

Prueba de normalidad - % de agregado

	Agregado	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia	Patrón	0.830	5	0.138
	30%	0.913	3	0.428

Tabla 16

Prueba de Mann-Whitney (rangos) - % de agregado

	Agregado	N	Rango promedio	Suma de rangos
Resistencia	Patrón	5	3.00	15.00
	30%	3	7.00	21.00
	Total	8		

Tabla 17

Prueba de Mann-Whitney (estadísticos) - % de agregado

	U Mann-Whitney	W Wilcoxon	Z	Sig.
Entre grupos	0.000	15.000	- 2.263	0.024

iv. Conclusión estadística

En base al análisis anterior, se demostró que existen diferencias entre la resistencia a la compresión de las muestras según la edad y el porcentaje de partículas residuales que se agregaron; por lo tanto, hay influencia positiva de las partículas residuales del chancado de piedra en la resistencia a compresión del concreto para pavimentos rígidos en el distrito de Pilcomayo-2022.

v. Interpretación de los resultados

Los resultados de la prueba de ANOVA para la edad de las muestras indicaron que el p-value calculado fue igual a 0.017, con el cual se demostró que las muestras si presentaron diferencias; por otro lado, analizando las pruebas post hoc, se identificó que las pruebas de 7 días de edad fueron menos resistentes que las pruebas de 28 días de edad. Por otro lado, para determinar las diferencias en el porcentaje de agregado se requirió hacer un análisis de normalidad para elegir la prueba a aplicar, considerando que solo se contaban con dos grupos (muestras patrón y muestras con 30% de agregado); los resultados arrojaron valores de significancia iguales a 0.1378 y 0.428, con los cuales se optó aplicar la prueba no paramétrica Mann-Whitney, la misma que arrojó un p-value igual a 0.024, con el cual se validó la existencia de diferencias entre las muestras.

5.3.2. Segunda hipótesis específica

i. Planteamiento de hipótesis

“Las partículas residuales del chancado de piedra influyen de forma positiva en la resistencia a la flexión del concreto de pavimentos rígidos en el distrito de Pilcomayo-2022”

- ***H0***: No existen diferencias significativas
- ***H1***: Existen diferencias significativas

ii. Nivel de significancia → 0.05

H0 será válida si p-value es mayor o igual a 0.05

H1 será válida p-value es menor a 0.05

vi. Uso del estadístico de prueba ANOVA

Tabla 18

Resultados prueba de ANOVA – Edad de muestras

	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1.887	0.629	9.655	0.002

Tabla 19*Pruebas post hoc (Tukey) – Edad de muestras*

(I) Edad	(J) Edad	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
7	14	-,33000	,18048	,308	-,8658	,2058
	21	-,65250*	,18048	,016	-1,1883	-,1167
	28	-,91500*	,18048	,001	-1,4508	-,3792
14	7	,33000	,18048	,308	-,2058	,8658
	21	-,32250	,18048	,326	-,8583	,2133
	28	-,58500*	,18048	,031	-1,1208	-,0492
21	7	,65250*	,18048	,016	,1167	1,1883
	14	,32250	,18048	,326	-,2133	,8583
	28	-,26250	,18048	,492	-,7983	,2733
28	7	,91500*	,18048	,001	,3792	1,4508
	14	,58500*	,18048	,031	,0492	1,1208
	21	,26250	,18048	,492	-,2733	,7983

Tabla 20*Subconjuntos homogéneos – Edad de muestras*

Edad	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
7	4	3.4000		
14	4	3.7300	3.7300	
21	4		4.0525	4.0525
28	4			4.3150
Sig.		0.308	0.326	0.492

Tabla 21*Resultados prueba de ANOVA – % de agregado*

	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0.562	0.187	1.068	0.399

iii. Conclusión estadística

Considerando que solo existió diferencias de resistencia a la flexión entre las muestras según su edad, pero no según el porcentaje de agregado, se determina que las partículas residuales del chancado de piedra no influyen positivamente en la resistencia a flexión del concreto para pavimentos rígidos en el distrito de Pilcomayo-2022

iv. Interpretación de los resultados

Los resultados de la prueba de ANOVA para la edad de las muestras evidencia que existió diferencias en la resistencia a flexión entre estas, considerando el p-value de 0.002. En los resultados de las pruebas post hoc se observó que las muestras con 7 días de edad son muy diferentes que las muestras de 21 y 18 días, y las muestras de 14 días son muy diferentes que las muestras de 28 días. Por otro lado, en el análisis de la prueba de ANOVA para el porcentaje de agregado,

se calculó un p-value igual a 0.399 con el cual se determinó que no existen diferencias significativas entre las muestras con agregados al 10%, 20% y 30%.

5.3.3. Hipótesis principal

i. Planteamiento de hipótesis

“Las partículas residuales del chancado de piedra influyen de forma positiva en el concreto de alta resistencia de pavimentos rígidos en el Distrito de Pilcomayo – 2022”

ii. Conclusion estadística

Teniendo en cuenta el argumento anterior, se consideró que las partículas residuales del chancado de piedra sí influyen en el diseño de concreto de alta resistencia para pavimentos rígidos en el distrito de Pilcomayo-2022, por que se mejora significativamente la capacidad de soporte a la compresión y ligeramente la capacidad de soporte a la flexión.

iii. Interpretación de los resultados

Sobre la resistencia a la compresión, se identificó que las muestras son más resistentes a medida que tienen más edad; por lo tanto, las muestras con 28 días de edad son más resistentes que las de 7 días de edad, esto se puede corroborar con en los resultados descriptivos en los que se evidenció que las muestras de 7 días pueden resistir 207.4 Kg/cm² y las de 28 días 377.4 Kg/cm². De igual manera, se identificó que las muestras con 30% de agregado adoptan mayor resistencia a la compresión que las muestras sin agregado, esto se puede corroborar en los resultados descriptivos en los que se muestra que la resistencia máxima permitida de la muestra patrón fue 254.7 Kg/cm², mientras que la muestra con 30% de agregado pudo resistir hasta 406.6 Kg/cm².

Por otro lado, sobre la resistencia a la flexión, se identificó que esta es mayor en las muestras con mayor edad; muestra de ello es que las muestras de 7 días son menos resistentes que las de 21 o 28, de igual manera las de 14 días son muy distintas a las de 28; lo descrito puede corroborarse con los resultados descriptivos en los que se observa que el módulo de rotura para las muestras de 7, 14, 21 y 28 días son 3.42 MPa, 3.71 MPa, 4.07 MPa, y 4.31 MPa,

respectivamente. Sin embargo, en el caso del análisis del porcentaje de agregado se observó que la capacidad de resistencia a la flexión no presenta cambios significativos entre las diversas muestras con diferente porcentaje de agregado; si bien en los resultados descriptivos se aprecian valores distintos que varían según el porcentaje de piedra chancada que se agregó, estos no son significativos según las pruebas estadísticas.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con respecto al objetivo general se determinó que las partículas residuales del chancado de piedra influyen positivamente en el diseño de concreto de alta resistencia para pavimentos rígidos. Ello significa que la trituración artificial de rocas madre de origen ígneo, como de las rocas naturales, de cantera, cantos rodados o gravas de un considerable tamaño proporciona la firmeza al concreto, mejorando su resistencia a la flexión y compresión. Se comprobó, en la prueba que las muestras a la edad de 28 días fueron más resistentes que a los 7, con un valor de 207.4 Kg/cm² y que las muestras con 30% de agregado adoptaron mayor resistencia a la compresión. Además, respecto a la resistencia a la flexión, las muestras con 7 días son menos resistentes que las de 28, siendo los valores de 3.42 MPa y 4.31 MPa.

Dado que, optimiza considerablemente la estructura del concreto y el esfuerzo que denota dicho material en las edificaciones y diseño de pavimentos, mejorando su durabilidad a lo largo del tiempo. Este hallazgo fue similar al de Chavarry (6), quien verificó al mezclar el concreto convencional con partículas de piedras chancadas al 5%, 10% y 15% en probetas, la mejorar de la resistencia a la durabilidad y compresión del concreto. Ya que el concreto sin tal añadido denotó una resistencia a compresión de 388 kg/cm², 408 kg/cm², y luego 413 kg/cm² y 393 kg/cm² respectivamente. En el caso de la resistencia a la durabilidad, estas pruebas evidenciaron una mejora del 10%, de 65% a 75%. Concluyendo que, la adición de partículas de piedra chancada mejora las propiedades estructurales del concreto y se reduce el impacto ambiental en la sociedad.

Carrasco (15) en su estudio, confirmó tal hallazgo; puesto que, al añadir 5% de microsílíce (tipo de roca) y 0.5%, 1% y 2% de policarboxilato (polímero) a la mezcla del concreto, identificó que la resistencia a la compresión aumenta significativamente en la adición de 10% de microsílíce y 1% de policarboxilato. Por lo tanto, verificó que la adición de microsílíce y policarboxilato en concretó para el diseño de la losa para el pavimento rígido aumentó la resistencia de la compresión de 295 kg/cm² a 347 kg/cm² respecto al diseño con la adición de partículas de piedras y polímeros. A ello, Alvarado y Roque (16) confirman el impacto positivo del polvo de grafito o partículas del grafito en la mejora de la resistencia a la flexión y compresión

del concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para el diseño de pavimentos. Puesto que, el resultado de la investigación evidenció que la resistencia a los 28 días del diseño patrón, adicionado con 2% fue de $f'c = 290.00 \text{ kg/cm}^2$, con 2.5% $f'c = 297.50 \text{ kg/cm}^2$ y con 3% de $f'c = 302.00 \text{ kg/cm}^2$. Asimismo, la resistencia a la flexión mejoró significativamente con 2% al $f'y = 43.00 \text{ kg/cm}^2$, con 2.5% al $f'y = 46.00 \text{ kg/cm}^2$ y con 3% al $f'y = 51.00 \text{ kg/cm}^2$. Por lo tanto, el polvo de grafito mejora la resistencia a la flexión y compresión de forma significativa.

Zuñiga y Condori (17) concuerda con los autores mencionados anteriormente, debido a que analizó la influencia de las adiciones de microsílíce en la resistencia a compresión del concreto. De ello, identificó que añadir partículas de plásticos o rocas mejora la mezcla del concreto, dado que a los 28 días las muestras MP, MMS-4 y MMS-8 el concreto optimiza la resistencia a la compresión de 312 kg/cm^2 , 334.89 kg/cm^2 y 396.42 kg/cm^2 respectivamente. De este modo, concluyeron que la incorporación de microsílíce, si impacta en la resistencia a la compresión del concreto. Esto se evidencia en los resultados de las pruebas de laboratorio, en la que se destacó la adición de 8 % de microsílíce. Este resultado fue corroborado con los postulados teóricos de Tharwani et al. (26), Kosmatka et al. (33), National Ready Mixed Concrete Association (32) y Ottazi (31), indicaron que el concreto es un material que se usa en la construcción de pavimentos y edificaciones; por ello, los autores señalan que al añadir la piedra chancada o trituración artificial de rocas madre de origen ígneo en el diseño del concreto se consigue mejorar las propiedades mecánicas del este material. Obteniendo una mezcla con la firmeza adecuada para que la construcción denote resistencia a la flexión y compresión, demostrando una mayor durabilidad ante los efectos de los sucesos naturales.

Según el primer objetivo específico, se halló que las partículas residuales del chancado de piedra influyen positivamente en la resistencia a compresión del concreto para pavimentos rígidos. Esto indica que al incorporar piedras trituradas a la mezcla del concreto se logra construir pavimentos firmes que consiguen soportar la carga a la que se pueden exponer estas edificaciones. En los resultados de la prueba de ANNOVA, se obtuvo un valor de 42880.37 en la suma de cuadrados y una media cuadrática 21440.2, $F = 10.291$ y significancia de 0.017, lo que permitió demostrar que las muestras presentaron diferencias. Por otro lado, en las pruebas post hoc, la

resistencia a los 7 días fue menor; también, en las pruebas de normalidad los valores de significancia fueron 0.1378 y 0.42, permitiendo aplicar la prueba no paramétrica Mann-Whitney, con un $p = 0.024$.

Asimismo, asegura la calidad del concreto y del resultado de la construcción, mejorando la calidad de vida de los beneficiarios, como los transportistas y ciudadanos de Pilcomayo. Este resultado discrepa con el de Mondragón (18), ya que en su estudio identificó que las propiedades de resistencia del concreto se optimizan en diferentes estados, según el tiempo de comprensión. Ello se corrobora con los resultados sobre la resistencia a la compresión a los 28 días para el concreto patrón fue mayor en comparación a un concreto con barita en porcentajes de 5%, 70% y 100% respecto al agregado fino. Asimismo, con los hallazgos de la prueba de tracción diametral, la cual reveló que la resistencia a la tracción a los 28 días del concreto patrón es menor que la obtenida en un concreto adicionado con 5% de barita. A partir de lo mencionado, se verificó que la resistencia a la compresión se reduce a medida que se añade barita en distintos porcentajes. Respecto a este hallazgo, se considera pertinente efectuar mayores investigaciones para verificar los resultados obtenidos.

En cambio, Cuba, et al. (19) concordaron con el hallazgo de la tesis; puesto que, mediante su análisis sobre el uso de la ceniza para optimizar la resistencia al concreto, hallaron que la resistencia del concreto mediante el uso de ceniza que la adición de dicho material en un 5% alcanza mejorar la resistencia con magnitudes de 153.4 kg/cm², 181.7 kg/cm² y 226.1 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días de desencofrado. Estas cantidades superan a lo señalado por la norma E.60., la cual exige una resistencia de 146 kg/cm², 165 kg/cm² y 210 kg/cm² respectivamente. A partir de esto, concluyeron que la adición de materiales como las cenizas al concreto logra mejorar la calidad de la resistencia a la compresión a edades tan tempranas como los 28 días. Muñoz (20) rediente su análisis, acota que la adición de la puzolana (tipo de roca) en una dosis de 10% a 20% en edificaciones o estructuras hidráulicas, garantiza la calidad y resistencia requerida del concreto en relación a la compresión. Ya que los resultados demostraron que la combinación más óptima es aquella que añadió al cemento, un 20% de puzolana triturada, mejorando su resistencia a la compresión a los 28 días en valores de 408.09 kg/cm² en su estado convencional a 420.52 kg/cm².

Migunthanna et al. (21) coincidieron con este resultado, dado que al analizar las propiedades mecánicas y el impacto ambiental de los aglutinantes de geopolímero producidos por residuos provenientes de ladrillos de arcilla, observaron nueve mezclas binarias de desechos de ladrillos de arcilla con cenizas volantes o escoria, empleando el metasilicato de sodio anhidro sólido como activador, siendo colocadas en moldes cúbicos de 25 mm en dos capas. De ello, la resistencia a la compresión alcanzó al 28% y al 48% su resistencia máxima dentro de las 24 h y 72 h, lo que representa una alta ganancia de resistencia temprana. Concluyendo que, los residuos provenientes de los ladrillos de arcilla pueden servir como fuente de material para la producción y el mejoramiento de la resistencia a la compresión del concreto. Este resultado fue corroborado por las teorías de Willet (38), CEMEX (30) y Ottazi (31), ya que manifiestan la relevancia de la incorporación de las partículas de la piedra chancada, pues señalan que las características que denotan esta roca son favorables para la optimización de la resistencia a la compresión, ya que denota propiedades químicas que son favorables en la construcción y esto, mejorar la resistencia a la compresión, fortaleciendo la capacidad de soportar pesos elevados a los pavimentos y la calidad de la construcción de carreteras.

Respecto al segundo objetivo específico, se determinó que las partículas residuales del chancado de piedra no influyen positivamente en la resistencia a flexión del concreto para pavimentos rígidos. Esto, debido a que, los resultados de las pruebas demostraron que la incorporación de tal roca en partículas no mejora la incorporación del acero con las propiedades del concreto, lo cual puede originar rotura en la aceptación de los pavimentos; por ello, no se consigue optimizar la resistencia al corte ni la adherencia del acero. En los resultados de la prueba de ANNOVA, se obtuvo un valor de 1.887 en la suma de cuadrados y una media cuadrática 0.629, $F = 9.655$ y significancia de 0.002; además, en las pruebas post hoc las muestras a los 7 días fueron diferentes a los 18 y 21 días. Por otro lado, los valores en el % de agregado, el p-value fue igual a 0.399, se determinaron muestras significativas en las muestras de agregados al 10%, 20% y 30%.

Este hallazgo fue semejante al de Abdurrahman et al. (22), quienes identificaron lo siguiente: los materiales puzolánicos no mejoraron la resistencia del hormigón de caucho granulado, el cual es producto de la reutilización de los desechos

de las llantas en adición al concreto. Entonces, la incorporación de ciertos materiales como el nano-sílice, cenizas volantes y la cáscara de arroz limitan la adherencia del caucho triturado y el cemento. Así como, las propiedades mecánicas del concreto y su resistencia; los resultados demostraron que la integración de nano-sílice aumentaba la resistencia del hormigón de caucho cuando esta se incluía hasta en un 10% en la mezcla y se lograba la resistencia requerida.

A ello, Aditya et al. (23) añaden que los residuos de mármol son eficientes para mejorar el diseño de la mezcla de concreto; sobre todo, para la producción de pavimentos rígidos. Ya que al realizar mezclas con adiciones de restos de mármol en una dosis de 0% (muestra base), 40% y 60%, para fabricar losas de concreto. Los resultados evidenciaron que la resistencia máxima a la compresión de las muestras se produce cuando se ha reemplazado un 60% de la arena fina por partículas de mármol; sin embargo, ello no sucedió con la resistencia a la flexión. Concluyendo que, para el pavimento rígido y no se puede considerar el uso de las partículas de mármol. Asimismo, Wellala (24) en su tesis sobre el uso de polvo de roca para mejorar la resistencia a la flexión del concreto, halló que las propiedades mecánicas del mortero fresco y el hormigón fabricados con agregados finos provenientes de tres tipos de roca: granófiro, basalto y granito, consiguieron mejorar la resistencia a la compresión de las mezclas aumentó hasta en un 60 % su valor, pero no la resistencia a la flexión. Ya que, en esta última, evidenció una reducción en tal resistencia; concluyendo que, el uso de agregados finos de las canteras en reemplazo de la arena fina para fabricar concreto, no mejora la resistencia a la flexión del concreto.

Finalmente, Sankalake (25) acota lo siguiente: es idóneo el uso del polvo de cantera, el suelo de laterita y el ladrillo triturado como agregados alternativos para la producción de concreto a bajo costo. Ya que tal uso, demostró que la resistencia a la compresión a los 28 días osciló entre 17.5 N/mm² y 19.9 N/mm² para una relación de mezcla (1: 1.5: 3). De la misma manera, se obtuvieron valores de 4.7 N/mm² a 17.6 N/mm² para una proporción de (1:2:4). Por otra parte, en lo referente a la resistencia a la tracción, se registraron magnitudes entre 1.9 N/mm² a 2.5 N/mm² y 1.4 N/mm² a 2.5 N/mm² para cada relación respectiva. Si bien es cierto, los resultados son ligeramente inferiores a los del hormigón convencional, una combinación equivalente de polvo de cantera y laterita o un 75% del primer elemento y un 25% del segundo,

alcanzan una mayor resistencia a la compresión. En síntesis, estos materiales son ideales para fabricar concreto donde no sea necesaria una resistencia superior a 20 N/mm² con respecto a la reflexión del concreto. Este resultado discrepa con los postulados teóricos de Willet (38), National Ready Mixed Concrete Association (32) y Ottazi (31), ya que refirieron que el uso de la piedra chancada, por sus propiedades químicas, puede ser empelado para mejorar la resistencia a la flexión de un edificación o construcción de pavimentos. De este modo, se consigue mejorar la resistencia a la flexión o tracción del concreto, optimizando la mezcla del concreto con la estructura metálica del pavimento. Esto se debe a que los diseñadores de pavimentos hacen uso de conceptos basados en este tipo de resistencia, mejorando la resistencia al corte, a la adherencia del acero y del mismo concreto ante la variación de la temperatura y la fisuración por retracción.

En base a la discusión de los hallazgos, se discute las consecuencias que genera el uso de las partículas residuales del chancado de piedra, siendo estas positivas para el diseño de concreto de alta resistencia para pavimentos rígidos. En tal sentido, se confirma su uso como relevante en la ingeniería civil para la construcción de carretas y pavimentos, siendo de suma utilidad el uso de rocas madre trituradas, considerando el tamaño de estas para garantizar la resistencia a la compresión y flexión, en relación a la firmeza del pavimento. Por tanto, a una proyección futura en el campo de la ingeniería civil, se debe incorporar este proceso innovador la diseñar los pavimentos para mantener la durabilidad, a largo plazo, de los pavimentos. Puesto que, esta incorporación residual contribuye con la mejora de la estructura del concreto, siendo de suma utilidad en la construcción y edificación de diversos proyectos que involucren el diseño de concreto.

CONCLUSIONES

Las conclusiones de la investigación son las siguientes:

- Se logró el objetivo general, ya que se comprobó la hipótesis general, aseverado que las partículas residuales del chancado de piedra influyen positivamente en el diseño de concreto de alta resistencia para pavimentos rígidos en el distrito de Pilcomayo-2022, considerando, en primer lugar, que en los ensayos se identificó que el patrón resistió una compresión de 254.7 Kg/cm² y la muestra con 30% de agregado de piedra chancada resistió una compresión de 406.6 Kg/cm²; y en segundo lugar que el patrón resistió un módulo de rotura de 3.86 MPa, y las muestras con 10%, 20%, y 30% un módulo de rotura de 3.58 MPa, 3.96 MPa, y 4.10 MPa, respectivamente.
- Se alcanzó el primer objetivo específico; dado que, se comprobó la primera hipótesis específica, la cual indicó que las partículas residuales del chancado de piedra influyen positivamente en la resistencia a compresión del concreto para pavimentos rígidos en el distrito de Pilcomayo-2022, considerando que la prueba ANOVA arrojó un p-value igual a 0.017 y la prueba U de Mann-Whitney un p-value igual a 0.24; además de ello, en los ensayos se demostró que el patrón pudo resistir una compresión de 254.7 Kg/cm², mientras que la muestra con un agregado de chancado de piedra al 30% 406.6 Kg/cm².
- Se consiguió el segundo objetivo específico, porque, se validó la segunda hipótesis específica, señalando lo siguiente: Las partículas residuales del chancado de piedra no influyen positivamente en la resistencia a flexión del concreto para pavimentos rígidos en el distrito de Pilcomayo-2022, considerando que las pruebas ANOVA arrojaron p-values iguales a 0.002 y 0.399, con los cuales se corroboró que la resistencia a la flexión aumenta en las muestras con mayor edad, pero la resistencia a la flexión no varía significativamente con los agregados al 10%, 20% y 30%; esto puede verse reflejado en los ensayos en los que se observó que los megapascales de resistencia solo varió entre 3.86 MPa (patrón) y 4.10 MPa (30% de agregado de piedra chancada).

RECOMENDACIONES

- A las autoridades del Distrito de Pilcomayo, considerar los hallazgos de este estudio para desarrollar propuestas innovadoras para mejorar la resistencia de los pavimentos que denotan rigidez, usando partículas residuales para extender el tiempo de vida de tales edificaciones, con una inversión mínima y manteniendo la sostenibilidad de los recursos naturales. De este modo, adiestrar a la población la importancia del uso de materiales sostenibles en el proceso de construcción para mejorar la resistencia y durabilidad del proyecto a largo plazo.
- A los Ingenieros civiles de Pilcomayo, mejorar las metodologías de construcción que emplean en el diseño del pavimento con el fin de mejorar la flexión y compresión a largo plazo, usando las partículas del chancado de piedra para mejorar la resistencia a la compresión del concreto en las edificaciones de su localidad, dando una mejor calidad de vida a tales construcciones y promoviendo el ecoturismo por las particularidades de estas edificaciones. Asimismo, tener en consideración las consecuencias que origina no aplicar los resultados de forma correcta.
- A los estudiantes de Ingeniería Civil, profundizar en la investigación del impacto positivo de las partículas residuales de chancado de piedra en la resistencia a la flexión de las edificaciones locales, con el fin de comprobar dicho beneficio para el área de construcción a nivel regional. Esto con el fin de evitar errores en la implementación de los resultados logrados en esta indagación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **ComexPerú.** Infraestructura vial: gobiernos subnacionales estancados. [En línea] 28 de Febrero de 2020. [Citado el: 14 de Diciembre de 2021.] <https://www.comexperu.org.pe/articulo/infraestructura-vial-gobiernos-subnacionales-estancados>.
2. **Ramirez, José y Rojas, Nicolás.** *Guía técnico constructiva de losas de pavimentos JPCP y JRCP mediante concreto hidráulico.* Bogotá : Universidad Piloto de Colombia, 2019.
3. *La deformación permanente en las mezclas asfálticas y el consecuente deterioro de los pavimentos asfálticos en el Perú.* **Huamán, Nestor y Chang, Carlos.** 2012, Lima : s.n., 23 de Noviembre de 2016, Revista del Departamento Académico de Ingeniería, págs. 139-149.
4. **Huarcaya, Mario.** Por fuerte nevada se cierra pase en 35 kilómetros de la Carretera Central. *Diario Correo.* 05 de Diciembre de 2021.
5. **Fonseca, Eduardo.** *Evaluación comparativa de concreto con agregado natural y concreto a partir de agregado reciclado de prefabricados de concreto, bajo un análisis de ciclo de vida.* Bogotá. Bogotá, Colombia : Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Artes - Maestría en Construcción, Carrera Profesional de Ingeniería Civil [tesis para maestría], 2018.
6. **Chavarry, Guido.** *Elaboración de concreto de alta resistencia incorporando partículas residuales del chancado de piedra de la cantera Talambo, Chepén.* Lambayeque. Chiclayo, Perú : Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Facultad de Ingeniería, Carrera Profesional de Ingeniería Civil Ambiental, 2018.
7. **Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.** *Norma técnica de edificación E.060 concreto armado.* Lima : s.n., 2019. pág. 201.
8. **Schwab, Klaus.** *Reporte de Competitividad Global 2019.* Ginebra : World Economic Forum, 2020.
9. *Aumento continuo del parque automotor, un problema que urge solucionar.* **Posada, Carlos.** Lima : s.n., 26 de Febrero de 2018, Comercio Exterior, págs. 1-3.
10. **Gerencia de Estudios Económicos de la Asociación Automotriz del Perú.** *Informe del sector automotor a octubre 2021.* Gerencia de Estudios Económicos, Asociación Automotriz del Perú. Lima : s.n., 2021.
11. **Ruiz, Walter.** *Diagnóstico de la infraestructura vial en el distrito de Paimas - provincia de Ayabaca - Piura - Perú, 2019 [tesis para titulación].* Piura. Piura, Perú : Universidad Nacional de Piura, Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo, Carrera Profesional de Ingeniería Civil, 2019.
12. **Diario Correo.** Agregados de Río Mantaro se sobreexplotan en más de 50 puntos. *Diario Correo.* 23 de Abril de 2018.

13. **Oblitas, Santos.** *Diseño de un concreto permeable para pavimentos rígidos con agregados de la cantera La Victoria y adición del aditivo Chema 3 y fibras polipropileno en una vía colectora en la ciudad de Chiclayo 2019 [tesis para titulación].* Lambayeque. Chiclayo, Perú : Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Facultad de Ingeniería, Carrera Profesional de Ingeniería Civil Ambiental, 2021.
14. **Amorós, Carlos y Bendezú, José.** *Diseño de mezcla de concreto permeable para la construcción de la superficie de rodadura de un pavimento de resistencia de 210 kg/cm².* Lima. Lima, Perú : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería, Carrera Profesional de Ingeniería Civil, 2021.
15. **Carrasco, Robert.** *Resistencia por compresión y módulo de rotura en pavimentos rígidos, incorporando microsílíce y un policarboxilato [tesis para maestría].* Lima. Lima, Perú : Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ingeniería, Carrera Profesional de Ingeniería Vial, 2019.
16. **Alvarado, José y Roque, Bryan.** *Uso de polvo de grafito como aditivo en el concreto f'c 210 kg/cm² a fin de mejorar las propiedades mecánicas del concreto [tesis para titulación].* Lima. Lima, Perú : Universidad San Martín de Porres, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Carrera Profesional de Ingeniería Civil, 2020.
17. **Zuñiga, Mariela y Condori, Verónica.** *Influencia de adiciones de microsílíce en la resistencia a la compresión del concreto producido con agregados de la cantera de Arunta de la ciudad de Tacna [tesis para titulación].* Tacna. Tacna, Perú : Universidad Privada de Tacna, Facultad de Ingeniería, Carrera Profesional de Ingeniería Civil, 2019.
18. **Mondragón, Karina.** *Comparación entre el concreto convencional y el concreto con barita en polvo como sustituyente del agregado fino [tesis para titulación].* Lambayeque. Chiclayo, Perú : Universidad Señor de Sipán, Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo, Carrera Profesional de Ingeniería Civil, 2016.
19. *Mejoramiento de la resistencia del concreto mediante el uso de ceniza en la ciudad de Huancayo - 2019.* **Cuba, Mallma and Condori.** Huancayo : s.n., 2019, Redacción Científica y Académica, Univerisidad Continental.
20. **Muñoz, Ricardo.** *Estudio comparativo de concreto elaborado con puzolana natural y concreto con cementos puzolanicos Atlas en la ciudad de Huancayo [tesis para titulación].* Junín. Huancayo, Perú : Universidad Nacional del Centro, Facultad de Ingeniería, Carrera Profesional de Ingeniería Civil, 2017.
21. *Investigación de residuos de ladrillos de arcilla como reemplazo parcial de aglutinantes de geopolímeros para aplicaciones de pavimentos rígidos.* **Migunthanna, Janitha, Rajeev, Pathmanathan and Sanjayan, Jay.** 305, Hawthorn : s.n., Setiembre 9, 2021, Construction and Building Materials, pp. 1-12. 0950-0618.
22. *Utilización de material puzolánico para mejorar las propiedades mecánicas del hormigón de caucho granulado como pavimento rígido: una revisión.* **Abdurrahman, H, y**

otros. 2049, Pekanbaru : s.n., 10 de Setiembre de 2021, Journal of Physics: Conference Series, págs. 1-9.

23. *Implementación de residuos de mármol como material agregado para el pavimento rígido.* **Aditya, Candra, Irawan, Dafid y Silviana, Silviana.** 4, Malang : s.n., 7 de Julio de 2021, EUREKA: Physics and Engineering, págs. 76-68.

24. **Wellala, Dammika.** *Uso de polvo de roca de cantera como agregado fino en el hormigón [tesis para maestría].* Perth. Perth, Australia : Universidad John Curtin, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera Profesional de Ingeniería Civil, 2017.

25. **Sankale, Paul.** *Evaluación de polvo laterizado de cantera y ladrillos triturados como materiales alternativos para la fabricación de hormigón [tesis para maestría].* Nairobi. Nairobi, Kenia : Universidad de Agricultura y Tecnología de Jomo Kenyatta, Facultad de Ingeniería y Tecnología, Carrera Profesional de Ingeniería en Gestión de la Construcción, 2018.

26. *Estudio de la resistencia del hormigón mediante el uso de cáscara de coco.* **Tharwani, Ajay, et al.** 4, Burhanpur : s.n., Mayo 2017, International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology, pp. 37-41.

27. **Ortega, Juan.** *Diseño de estructuras de concreto armado.* Primera. Lima, Perú : Editorial Macro, 2014. pág. 230.

28. **Darwin, David, Dolan, Charles y Nilson, Arthur.** *Deign of concrete structures.* Decimosexta. Nueva York : Mc Graw Hill Education, 2020. pág. 801.

29. **Carvajal, María y Cortés, Gabriela.** *Evaluación del uso de aditivos sobre la mezcla convencional de concreto en morteros de cemento art para el aumento de su resistencia [tesis para titulación].* Bogotá. Bogotá, Ecuador : Universidad América, Facultad de Ingniería, Carrera Profesional de Ingeniería Química, 2019.

30. **CEMEX.** ¿Por qué se determina la resistencia a la compresión en el concreto? [En línea] 5 de Abril de 2019. [Citado el: 3 de Diciembre de 2021.] <https://www.cemex.com.pe/-/por-que-se-determina-la-resistencia-a-la-compresion-en-el-concreto->.

31. **Ottazi, Gianfranco.** *Apuntes del curso Concreto Armado I.* Decimoquinta. Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2015.

32. *El concreto en la práctica, ¿Qué, por qué y cómo?* **National Ready Mixed Concrete Association .** Silver Spring : s.n., 2017, NRMCA, págs. 1-82.

33. **Kosmatka, Steven, Kerckhoff, Beatrix y Panarese, William.** *Diseño y control de mezclas de concreto.* Decimoséptima. Skokie : Portland Cement Association, 2016.

34. **Departamento de Transporte de la Florida.** *Manual de diseño de pavimentos rígidos.* Florida : Office of design, pavement management section, 2019. pág. 93.

35. **GRID CONSULT PVT. LTD.** *Guía de Diseño de Pavimentos (Pavimento Rígido)*. Primera. Katmandú : Ministerio de Infraestructura Física y Transporte, 2016. pág. 98.
36. *Manual para la construcción de losas de concreto para pavimento rígido*. **CONSORCIO FCC**. 2013, Manual para la construcción de losas de concreto para pavimento rígido, págs. 1-30.
37. *La utilización de polvo de piedra triturada como reemplazo de arena en hormigón de cemento*. **Dubal, A.** 9, Pune : s.n., 5 de Setiembre de 2018, Journal of Engineering Research and Application, págs. 11-14.
38. **Willet, Jason.** *Anuario de minerales 2016*. s.l. : USGS, science for a changing world, 2020.
39. *Comportamiento del concreto con polvo de granito pulido en reemplazo parcial del cemento*. **Amaravathi, K, y otros.** 2, Rajampet : s.n., Agosto de 2018, International Journal of Engineering Science Invention Research & Development, Vol. V, págs. 1-6.
40. *Polvo de granito vs. cenizas volantes para la producción sostenible de morteros de cemento curados al aire*. **Chajec, Adrián.** 1208, Breslavia : s.n., 4 de Marzo de 2021, Materials, págs. 1-24.
41. *Propiedades del hormigón sostenible que utiliza polvo de granito como sustituto de la arena de río: una revisión*. **Sachdeva, Abhishek.** 12, Diciembre de 2020, Science, Technology and Development, Vol. IX, págs. 497-511.
42. *Diseño de vida útil y modelado de estructuras de hormigón: antecedentes, desarrollos e implementación*. **Alexander, M.** 3, Ciudad del Cabo : s.n., 31 de Agosto de 2018, Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción, Vol. VII, págs. 224-245.
43. *Rendimiento de pavimentos rígidos mediante la aplicación de fibras. Revisión*. **Abimael, Noe, y otros.** 2, Veracruz : s.n., Febrero de 2017, Thomson Reuters ENDNOTE, págs. 41-60.
44. **Hernández, Roberto, Fernández, Carlos y Baptista, María del Pilar.** *Metodología de la investigación*. México : Mcgraw-hill interamericana, 2018.
45. **Hernández, Roberto, Fernández, Carlos y Baptista, Pilar.** *Metodología de la investigación*. Sexta. México : McGraw-Hill, 2014. pág. 634.
46. **Sánchez, Hugo, Reyes, Carlos y Mejía, Katia.** *Manual de términos de investigación científica, tecnológica y humanística*. Lima : Universidad Ricardo Palma, 2018.
47. **Espinoza, Ciro.** *Metodología de la investigación tecnológica*. Huancayo : Universidad nacional del centro del Perú, 2010.

48. *Effect of size and gradation of crusher stone and crusher dust particles in flexible pavement construction.* **Tarun, J., y otros.** 5, 2016, SSRG International Journal of Civil Engineering, Vol. 3, págs. 1-7.

49. *El efecto de la carga de compresión sobre la permeabilidad a los gases residuales del hormigón.* **Jihad, Md, y otros.** 30, 2019, Construction and Building Materials, Vol. 217, págs. 12-19.

ANEXOS

Anexo 1
Matriz de Consistencia

Título: Partículas residuales del chancado de piedra en concreto de alta resistencia para pavimentos rígidos del distrito de Pilcomayo-2022

Autor: Acuña Mucha, Jhon Edson

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES y DIMENSIONES	METODOLOGÍA	MUESTRA	TÉCNICAS
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es la influencia de las partículas residuales del chancado de piedra en el concreto de alta resistencia de pavimentos rígidos en el Distrito de Pilcomayo – 2022?</p> <p>Problemas Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuál es la influencia de las partículas residuales del chancado de piedra 	<p>Objetivo General:</p> <p>Determinar la influencia de las partículas residuales del chancado de piedra en el concreto de alta resistencia de pavimentos rígidos en el Distrito de Pilcomayo – 2022.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Analizar la influencia de las partículas residuales del chancado de piedra 	<p>Hipótesis General:</p> <p>Las partículas residuales del chancado de piedra influyen de forma positiva en el concreto de alta resistencia de pavimentos rígidos en el Distrito de Pilcomayo – 2022.</p> <p>Hipótesis Específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Las partículas residuales del chancado de piedra influyen de forma positiva en la 	<p>Variable Independiente:</p> <p>Partículas residuales del chancado de piedra</p> <p>Dimensiones</p> <ul style="list-style-type: none"> Granulometría del agregado grueso Módulo de fineza (agregado fino) de diseño. <p>Variable Dependiente:</p>	<p>Tipo de Investigación:</p> <p>Tecnológica</p> <p>Nivel de Investigación:</p> <p>Explicativo</p> <p>Método General:</p> <p>Método científico</p> <p>Diseño:</p>	<p>Población:</p> <p>40 probetas cilíndricas</p> <p>Muestra:</p> <p>40 probetas cilíndricas diseñadas con concreto de alta resistencia adicionado con partículas de piedra chancada para pavimentos rígidos en el distrito de Pilcomayo</p>	<p>Técnicas:</p> <p>Técnica de observación</p>

<p>en la resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia de pavimentos rígidos en el distrito de Pilcomayo-2022?</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es la influencia de las partículas residuales del chancado de piedra en la resistencia a la flexión del concreto de alta resistencia de pavimentos rígidos en el distrito de Pilcomayo-2022? 	<p>en la resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia de pavimentos rígidos en el distrito de Pilcomayo-2022.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Establecer la influencia de las partículas residuales del chancado de piedra en la resistencia a la flexión del concreto de alta resistencia de pavimentos rígidos en el distrito de Pilcomayo-2022. 	<p>resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia de pavimentos rígidos en el distrito de Pilcomayo-2022.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las partículas residuales del chancado de piedra influyen de forma positiva en la resistencia a la flexión del concreto de alta resistencia de pavimentos rígidos en el distrito de Pilcomayo-2022. 	<p>concreto de alta resistencia</p> <p>Dimensiones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resistencia a la compresión • Resistencia a la flexión 	<p>Investigación experimental</p>	<p>Muestreo:</p> <p>Muestreo probabilístico por conveniencia</p>
--	--	---	---	-----------------------------------	---

Anexo 2

Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Independiente Partículas residuales del chancado de piedra	Es el conjunto de partículas que quedan como resultado de la trituración de piedras en la máquina trituradora. Debido a sus propiedades, este material puede ser empleado en una mezcla de concreto (37)	Granulometría del agregado grueso Módulo de fineza (agregado fino)	mm pulgadas	Ficha de observación
Dependiente Concreto de alta resistencia	El diseño de concreto de alta resistencia para pavimentos rígidos puede entenderse como los procesos de planificación y cuantificación de los materiales que tendrá el concreto. Asimismo, se incluye dentro de esta actividad el establecimiento de sus propiedades y características para cumplir los requerimientos de una obra que requiera la construcción de pavimentos Kosmatka, et al. (33).	Resistencia a la compresión Resistencia a la flexión	kg/cm ² MPa	Ficha de observación

Anexo 3
Matriz de operacionalización del instrumento

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEMES	CRITERIOS DE EVALUACIÓN								OBSERVACIONES
				Existe relación entre la variable y la dimensión		Existe relación entre la dimensión y el indicador		Existe relación entre el indicador y el ítem.		Existe relación entre el ítem y la opción de respuesta		
				Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	
DISEÑO DE MEZCLAS	Materiales a emplear	Cemento	<ul style="list-style-type: none"> Tipo: M H (R) Marca: Andino 	X		X		X		X		NINGUNA
		Agregado grueso	<ul style="list-style-type: none"> Tipo: Piedra chancada 2 “ Cantera: “AGUANJARPA” 	X		X		X		X		NINGUNA
		Agregado fino	<ul style="list-style-type: none"> Maraca agregado fino Cantera: “AGUANJARPA” 	X		X		X		X		NINGUNA
		Hormigón	<ul style="list-style-type: none"> Procedencia: Pilcomayo 	X		X		X		X		NINGUNA
		Aditivo	<ul style="list-style-type: none"> Tipo: Polvillo de piedra chancada Marca 	X		X		X		X		NINGUNA
	Calidad de concreto especificado	Resistencia a la compresión	<ul style="list-style-type: none"> $F_c=21(\text{kg}/\text{m}^2)$ 	X		X		X		X		NINGUNA
		Asentamiento	<ul style="list-style-type: none"> SLUJMP 3” a 4” 	X		X		X		X		NINGUNA
		Uso del concreto	<ul style="list-style-type: none"> Uso de concreto para pavimento rígido 	X		X		X		X		NINGUNA
	Condiciones climáticas	Temperatura ambiental de la obra	<ul style="list-style-type: none"> $<-5^\circ\text{C} \dots$ $-5 \text{ a } 0^\circ\text{C}$ $0 \text{ a } 5^\circ\text{C}$ $< 5^\circ\text{C} \text{ a } 17^\circ\text{C}$ 	X		X		X		X		NINGUNA
		Exposición a sales y sulfato	<ul style="list-style-type: none"> Sí No 	X		X		X		X		NINGUNA
		Exposición a la humedad	<ul style="list-style-type: none"> Húmedo Sumergido Grueso 	X		X		X		X		NINGUNA

Anexo 4

Instrumento de investigación y constancia de su aplicación

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES		
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL		
Lugar: Pilcomayo, Huancayo, Junín		
Encargado:		
DISEÑO DE MEZCLAS		
1) MATERIALES A EMPLEAR		
CEMENTO	Tipo:	Marca:
AGREGADO GRUESO	Tipo:	Cantera:
AGREGADO FINO	Tipo:	Cantera:
HORMIGÓN (*)	Procedencia:	
ADITIVO	Tipo:	Marca:
	%:	
	Tipo:	Marca:
	%:	
* Permitido solo hasta la Resistencia de 100 Kg/cm ²		
2) CALIDAD DEL CONCRETO ESPECIFICADO		
RESIST. COMPRESIÓN (f _c):		
ASENTAMIENTO (SLUMP):		
USO DEL CONCRETO :		
3) CONDICIONES CLIMÁTICAS (Marcar con un aspa "X")		
TEMPERATURA AMBIENTAL DE LA OBRA: < -5°C..... -5 a 0°C..... 0 a 5°C..... > 5°C.....		
EXPOSICIÓN A SALES Y SULFATOS: Si..... No.....		
EXPOSICIÓN A LA HUMEDAD: Húmedo..... Sumergido..... Grueso.....		
Observaciones:	FIRMA	Repres. Del solicitante:
Ing. Responsable: _____		Técnico: _____

Anexo 5

Validez del instrumento

ANEXO 6: DISEÑO DEL INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

- 1.1. Apellidos y Nombres del Experto: Chavéz Palpán, Henry Lionel
- 1.2. Cargo e Institución donde labora: Coordinador de Proyectos – Municipalidad Distrital de Ataura
- 1.3. Nombre del Instrumento motivo de Evaluación:
- 1.4. Autor del instrumento: Jhon Edson Acuña Mucha

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

DIMENSIONES	INDICADORES	Deficiente 00 - 20%	Regular 21 - 40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje Apropiado					X
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables				X	
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					X
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					X
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para mejora y las actitudes respecto al tema de estudio				X	
7. CONSISTENCIA	Basados en aspectos teóricos científicos.					X
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones.				X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				X	
10. CONFIABILIDAD	El instrumento recoge la información necesaria y suficiente					X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

Es factible y aplicable

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

80%

Lugar y fecha: Huancayo, 19/12/2023




Henry Lionel Chávez Palpán
 INGENIERO CIVIL
 Registro CIP N° 222351

Ing. Henry Lionel Chávez Palpán

DNI N° 46047495

CIP: 222351

Teléfono N° 998 429 984

**ANEXO 6: DISEÑO DEL INFORME DE
OPINIÓN DE EXPERTOS DEL
INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**

- 1.1. Apellidos y Nombres del Experto: Beltrán Montero, Jhordan
 1.2. Cargo e Institución donde labora: Consultor Independiente
 1.3. Nombre del Instrumento motivo de Evaluación:
 1.4. Autor del instrumento: Jhon Edson Acuña Mucha

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

DIMENSIONES	INDICADORES	Deficiente 00 - 20%	Regular 21 - 40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje Apropiado					X
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables					X
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					X
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					X
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para mejora y las actitudes respecto al tema de estudio				X	
7. CONSISTENCIA	Basados en aspectos teóricos científicos.				X	
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones.					X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					X
10. CONFIABILIDAD	El instrumento recoge la información necesaria y suficiente					X

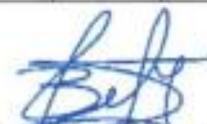
III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

Es factible y aplicable

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lugar y fecha: Huancayo, 22/12/2023


 Jhordan Beltrán Montero
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 269822

Jhordan Beltrán Montero

DNI N° 44483394
 CIP: 269822
 Teléfono N° 964 736 827

**ANEXO 6: DISEÑO DEL INFORME DE
OPINIÓN DE EXPERTOS DEL
INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**

- I.1. Apellidos y Nombres del Experto: Simon Blancas, Jose Luis
 I.2. Cargo e Institución donde labora: Jefe de Proyectos - HLC
 I.3. Nombre del Instrumento motivo de Evaluación:
 I.4. Autor del instrumento: Jhon Edson Acuña Mucha

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

DIMENSIONES	INDICADORES	Deficiente 00 - 20%	Regular 21 - 40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje Apropiado					X
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables					X
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					X
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					X
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para mejora y las actitudes respecto al tema de estudio				X	
7. CONSISTENCIA	Basados en aspectos teóricos científicos.					X
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones.					X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					X
10. CONFIABILIDAD	El instrumento recoge la información necesaria y suficiente					X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

Es factible y aplicable

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%

Lugar y fecha: Huancayo, 28/12/2023




Ing. Jose Luis Simon Blancas

DNI N° 60001600

CIP: 212264

Teléfono N° 950 049 499

Anexo 6

La data de procesamiento de datos

- Resistencia a la flexión

Días	%	Carga máxima (kN)	Módulo de rotura (M P a)
21	10	23.81	3.16
21	10	28.81	3.84
21	10	27.49	3.66
21	30	35.84	4.77
21	30	32.5	4.33
21	30	31.36	4.2
21	20	33.29	4.43
21	20	31.75	4.24
21	20	30.6	4.08
28	Patrón	32.68	4.33
28	20	32.77	4.35
28	20	31.2	4.17
28	20	34.09	4.52
28	10	29.54	3.93
28	10	31.59	4.18
28	10	34.04	4.51
28	30	33.34	4.43
28	30	34.95	4.63
28	30	30.66	4.06
7	Patrón	25.13	3.31
7	10	24.17	3.22
7	10	23.85	3.18
7	10	25.72	3.43
7	30	28.12	3.74
7	30	27.16	3.6
7	30	26.02	3.47
7	20	24.44	3.26
7	20	25.45	3.39
7	20	27.01	3.59
14	Patrón	28.7	3.80
14	30	29.9	3.94
14	30	28.58	3.77
14	30	32	4.22
14	20	29.87	3.94
14	20	28.4	3.75
14	20	29.03	3.83
14	10	26.64	3.51
14	10	24.6	3.24
14	10	23.83	3.14
21	Patrón	30.06	3.98

- **Resistencia a la compresión**

Días	%	Carga máxima (kN)	Resistencia de especímen (M P a)	Resistencia de especímen (Kg/cm2)	% Resistencia
7	0	167.02	20.7	207.4	74%
21	0	210.71	26.7	266.9	95%
28	0	235.14	29	289.7	103%
28	3	325.21	41.4	413.7	148%
28	3	312.01	39.6	396.5	142%
28	3	322.13	41	409.7	146%

Anexo 7

Fotografía de la aplicación del instrumento

Foto N° 1: Arcilla en terrones y partículas desmenuzables.



Foto N° 2: Arcilla en terrones y partículas desmenuzables.



Foto N° 3: Elaboración de las vigas patrón.



Foto N° 4: Ensayos de contenido de humedad.

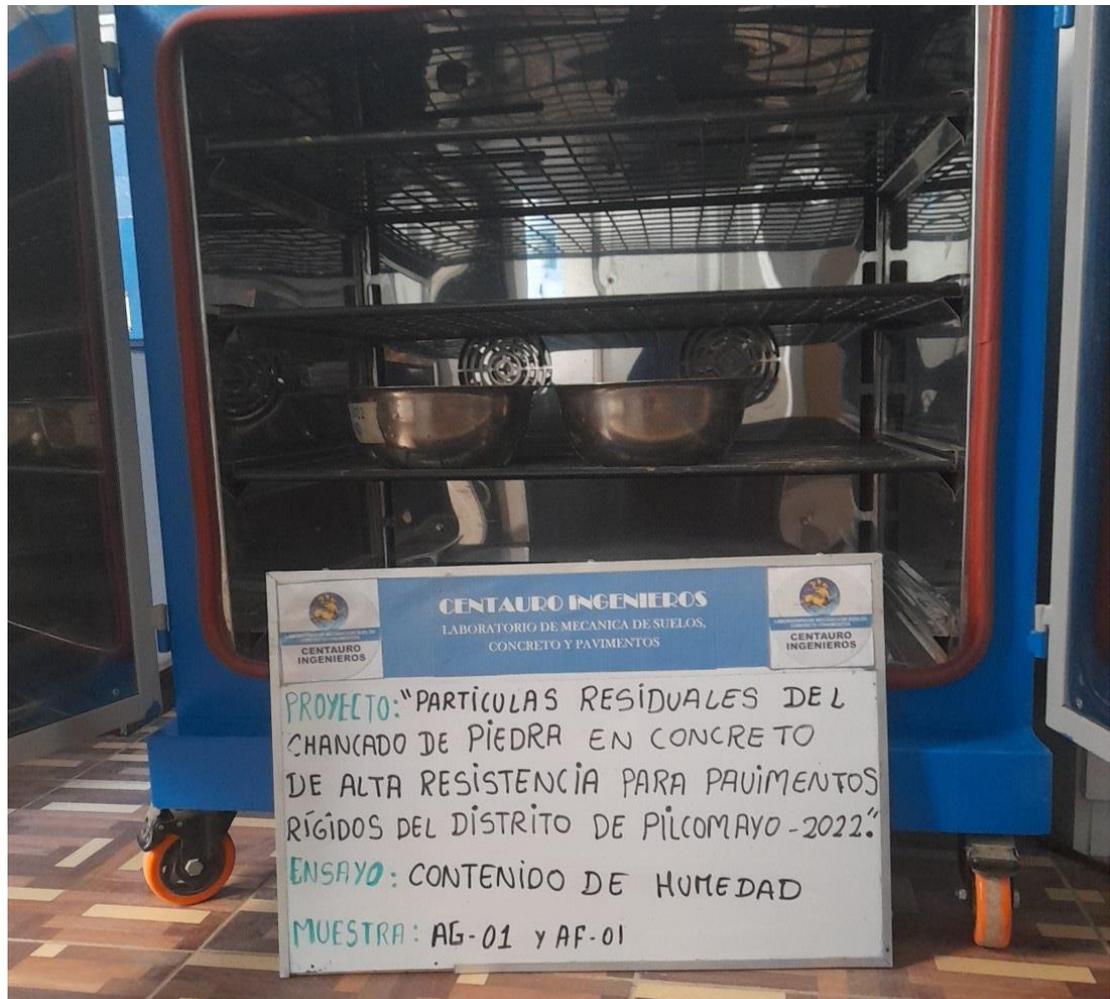


Foto N° 5: Tubos equivalentes de arena.

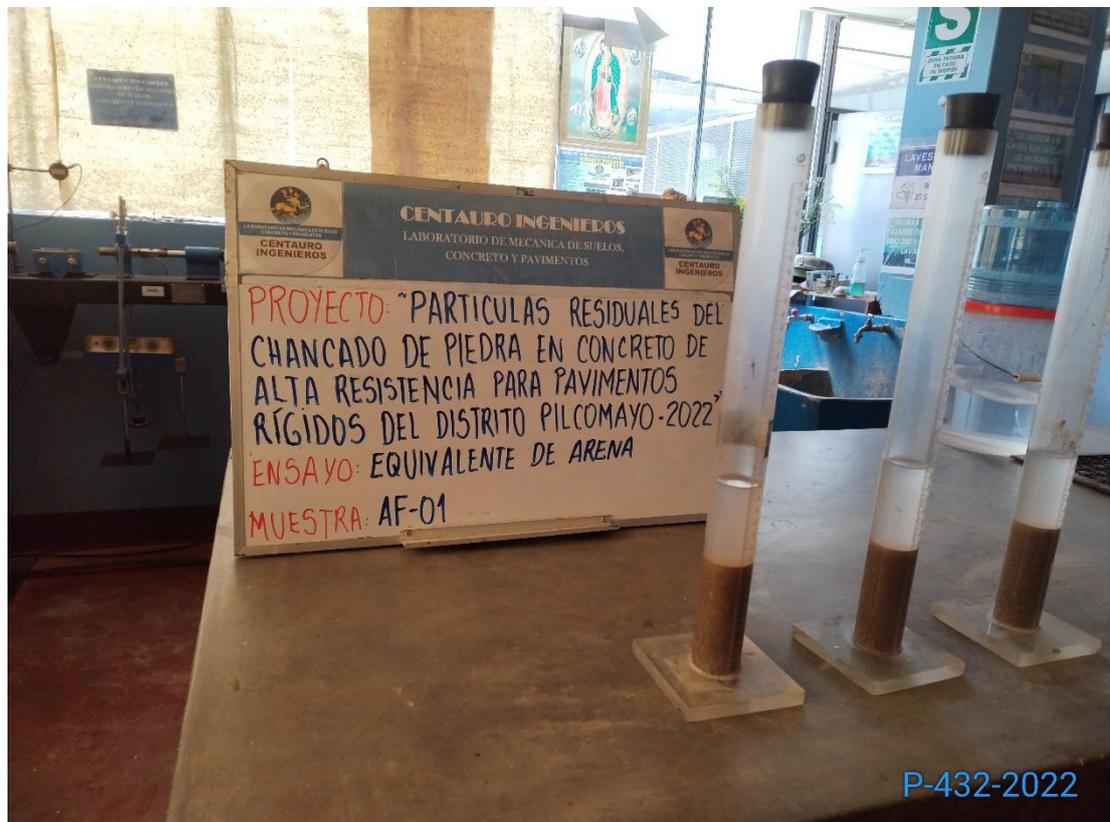


Foto N° 6: Ensayos de gravedad específica.

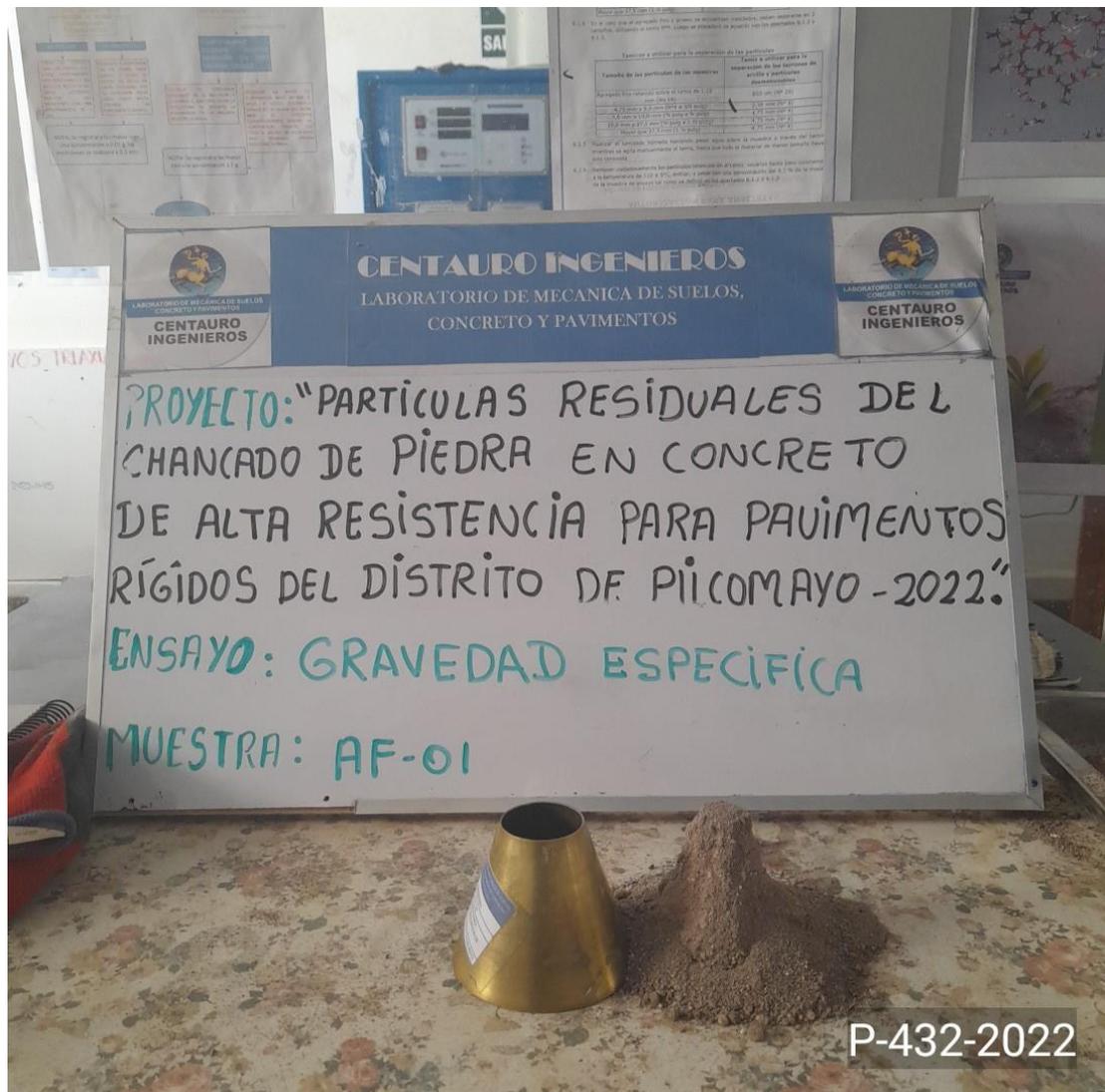


Foto N° 7: Pasante por la malla N° 200.

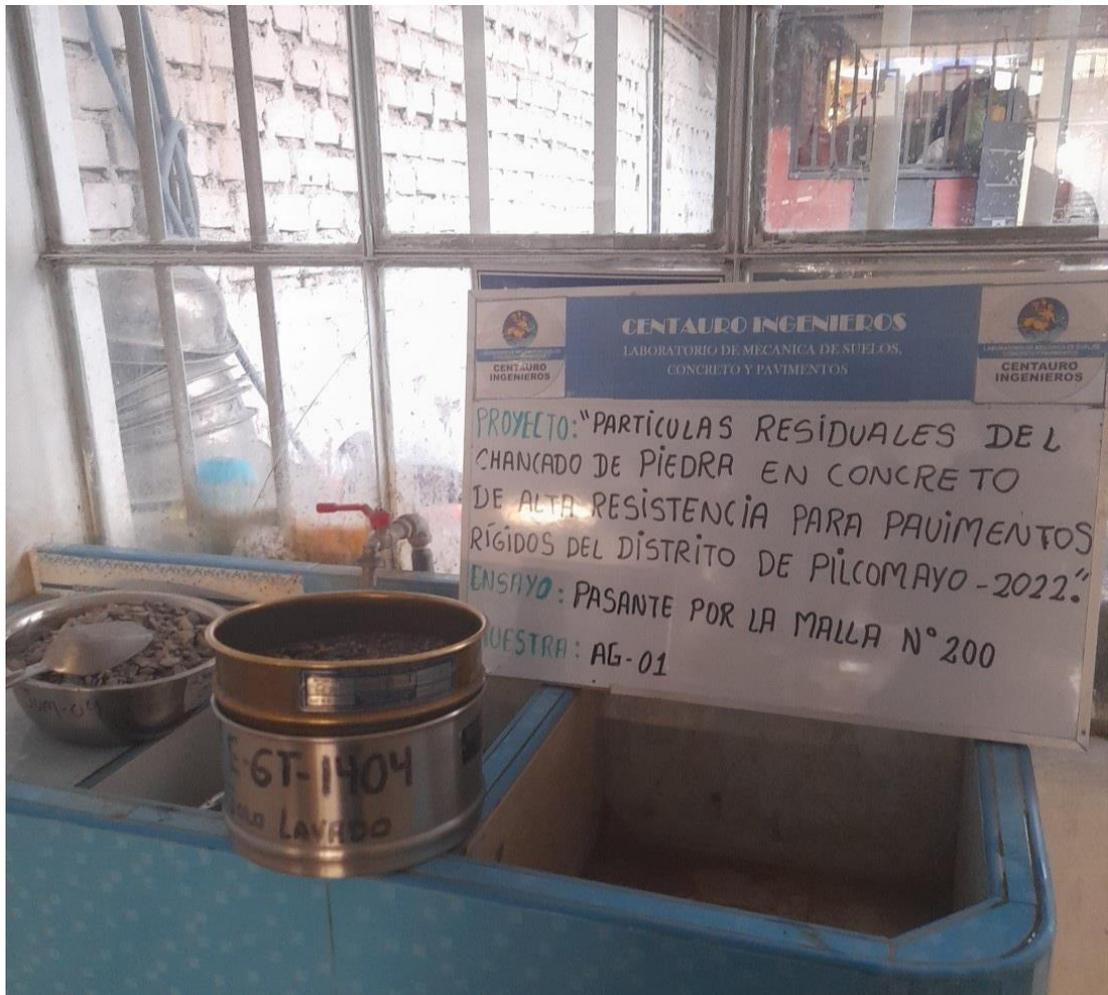


Foto N° 8: Peso específico.

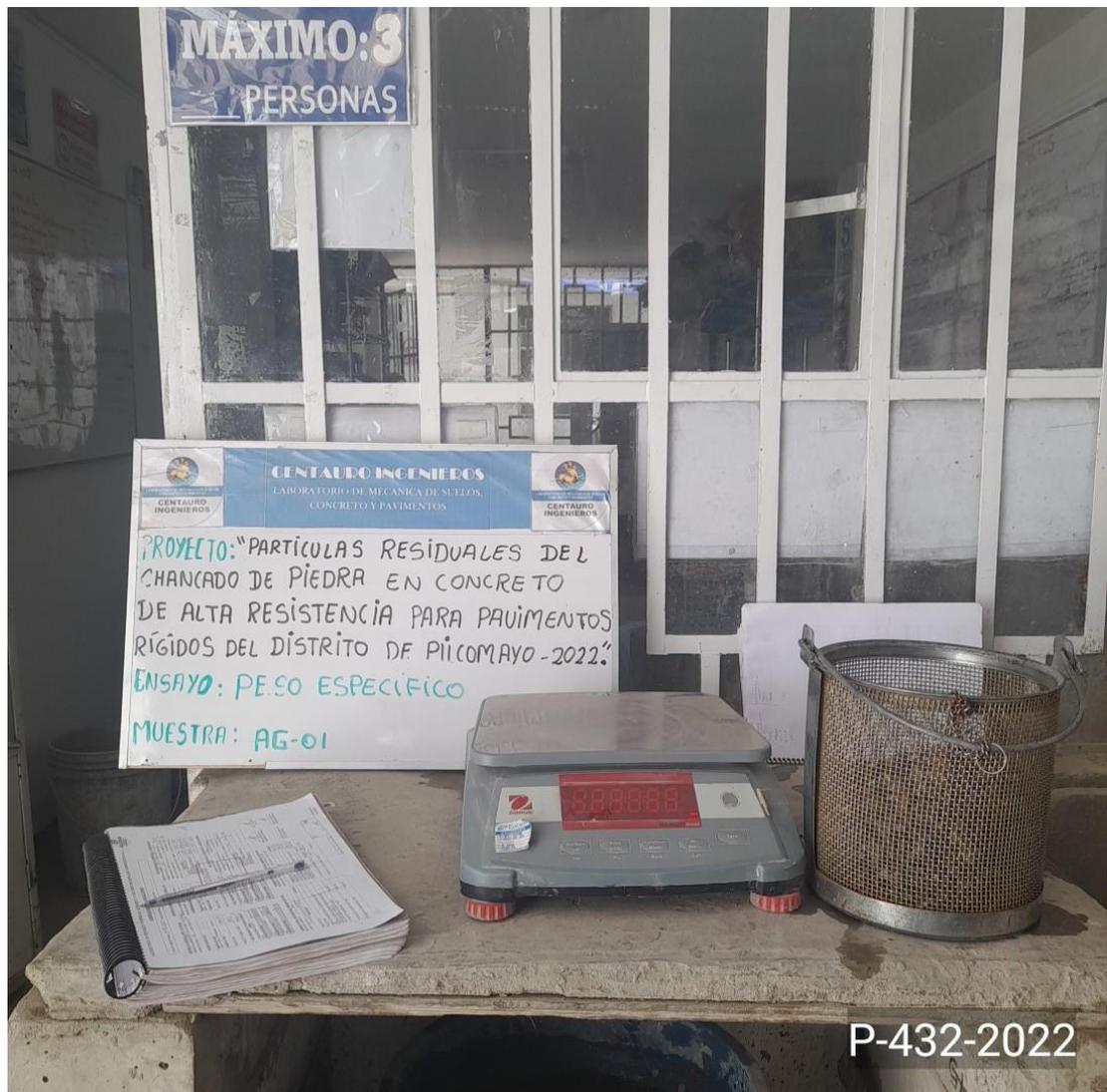


Foto N° 9: Elaboración de especímenes 10%.



Foto N° 10: Elaboración de especímenes 30%.



Foto N° 11: Elaboración de especímenes muestra patrón.

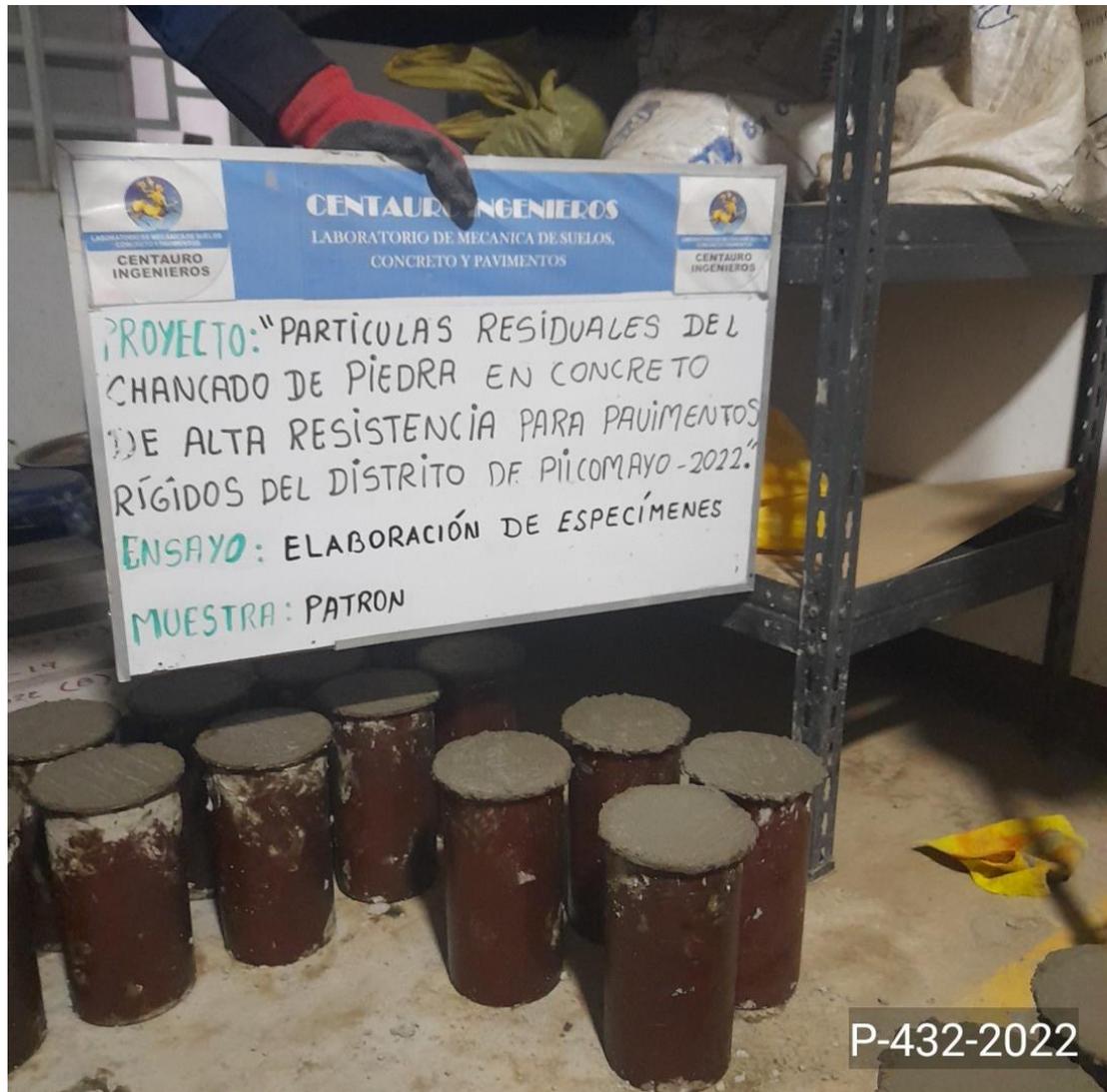


Foto N° 12: Ensayo asentamiento, patrón + ad (10%).

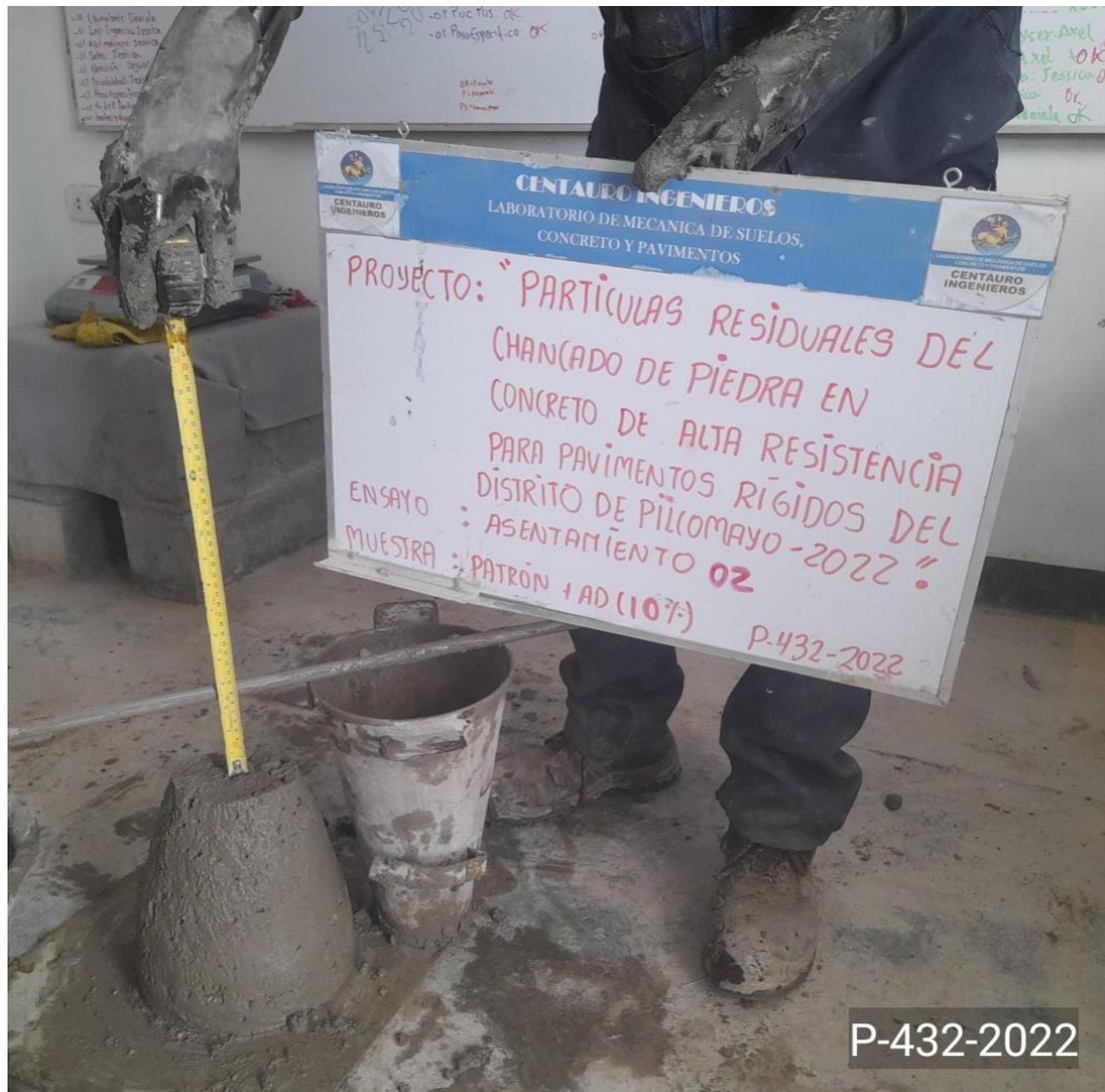


Foto N° 13: Ensayo asentamiento, patrón + ad (30%).

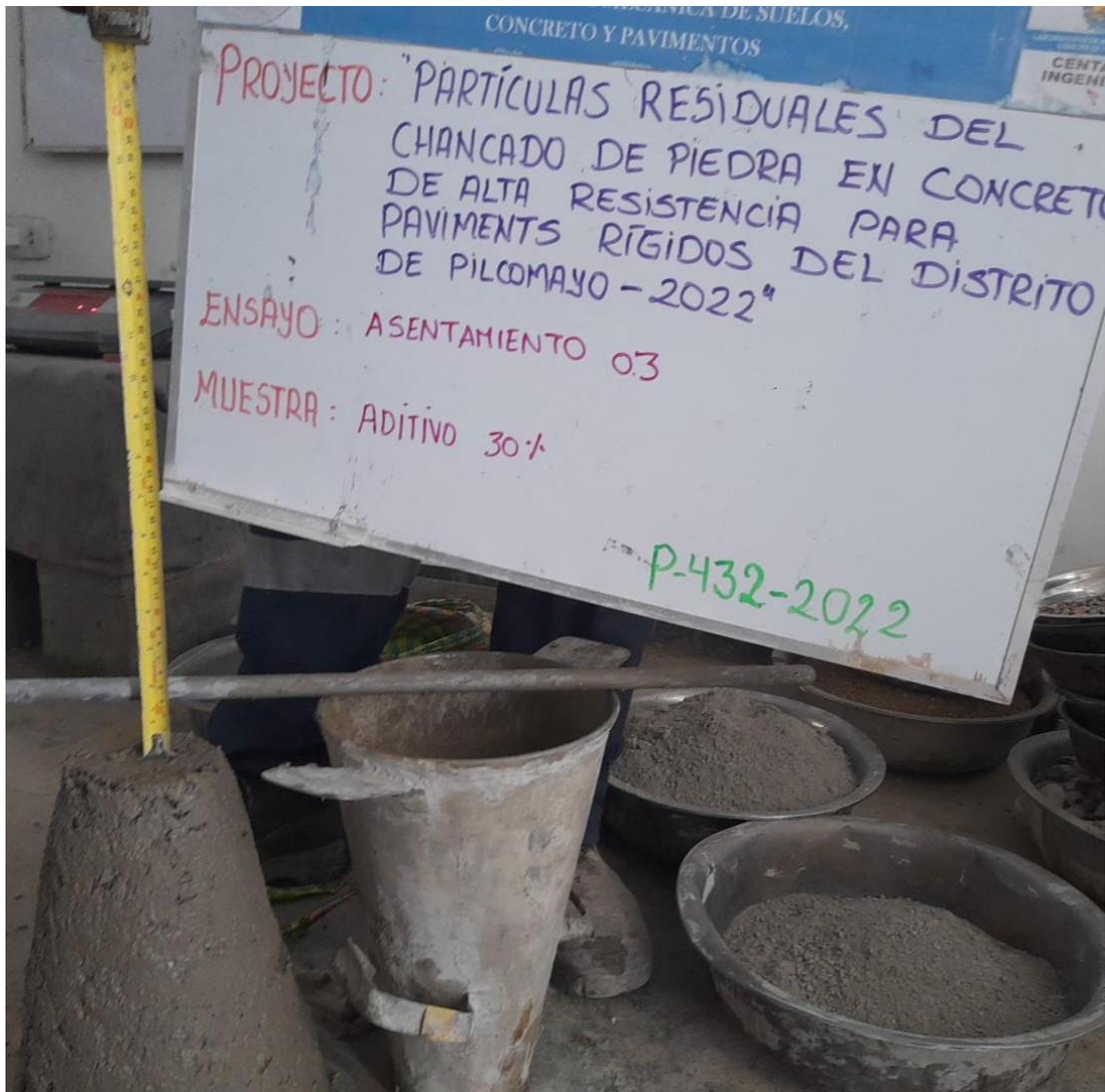


Foto N° 14: Elaboración de vigas, muestra patrón + ad (10%).



Foto N° 15: Elaboración de vigas, muestra patrón + ad (20%).



Anexo 8

Ensayos de laboratorio



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, PAVIMENTOS Y AGUA CENTAURO INGENIEROS
 LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL – DA CON REGISTRO LE-141
Informe de ensayo con valor oficial



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

INFORME DE ENSAYO

Inicio de página

EXPEDIENTE N° : 006-2023-AC
PETICIONARIO : BACH. ACUÑA MUCHA JHON EDSON
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
CONTACTO DEL PETICIONARIO : jhonacunamucha@gmail.com
PROYECTO : PARTICULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA EN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA PARA PAVIMENTOS RIGIDOS DEL DISTRITO DE PILCOMAYO-2022
UBICACIÓN : DISTRITO DE PILCOMAYO, PROVINCIA DE HUANCAYO, DEPARTAMENTO DE JUNÍN
FECHA DE RECEPCIÓN : 09 DE NOVIEMBRE DEL 2022
FECHA DE EMISIÓN : 03 DE ENERO DEL 2023

(PÁG. 01 DE 01)

MÉTODO:
 ASTM C39/C39M-21: Método de prueba estándar para determinar la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón.

MUESTRA	CÓDIGO DE TRABAJO	ESTRUCTURA DE PROCEDENCIA	TIPO DE MUESTRA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD	DIÁMETRO ESPÉCIMEN PROMEDIO (mm)	ALTURA DE ESPÉCIMEN (mm)	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	CARGA MÁXIMA (kN)	RESISTENCIA DE ESPÉCIMEN (MPa)	RESISTENCIA DE ESPÉCIMEN (kg/cm ²)	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	% RESIS.	TIPO DE FRACTURA	DEFECTOS
X3	P-432-2022 (C)	MUESTRA PATRÓN	PROBETAS DE CONCRETO CILÍNDRICAS	10/12/2022	31/12/2022	21	100.25	204.16	7893.30	210.71	26.7	266.9	280	95%	TIPO 3	NO

TIPO DE FRACTURA:

- TIPO 1 : Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25mm de grietas en capas.
 - TIPO 2 : Cono bien formado sobre otra base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, como no bien definido en la otra base.
 - TIPO 3 : Grietas verticales columnares en ambas bases.
 - TIPO 4 : Fractura diagonal sin grietas en las bases, golpear con martillo para diferenciar del tipo 1.
 - TIPO 5 : Fracturas de leños en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado.
 - TIPO 6 : Similar al tipo 5 pero al terminal del cilindro es abotinado.
- CT : Cortado
 CF : Capilado
 CAP : Casado
 AN : Almohadillas de neopreno



NOTA ILUSTRATIVA: UNA MUESTRA DE CONCRETO DE ACUERDO AL REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCION LA CONSTITUYEN DOS PROBETAS, PARA CADA EDAD Y CALIDAD DE CONCRETO. ADICIONES, DESVIACIONES O EXCLUSIONES DEL MÉTODO: NO APLICA.

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 31/12/2022
FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 31/12/2022
MUESTRA PROPORCIONADA POR : PERSONAL DE LABORATORIO

CONDICIONES AMBIENTALES:
 TEMPERATURA AMBIENTE : 17.8 °C
 HUMEDAD RELATIVA : 59%
 ÁREA DONDE SE REALIZÓ EL ENSAYO : ÁREA DE ENSAYOS ESPECIALES
 DIRECCIÓN DEL LABORATORIO : AV. MARISCAL CASTILLA N° 3950 - EL TAMBO - HUANCAYO (SEDE 1)

MUESTREO REALIZADO POR EL PERSONAL DE LABORATORIO. EL LABORATORIO NO ESTÁ ACREDITADO EN MUESTREO ANTE INACAL.
 LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL PETICIONARIO SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN, RESISTENCIA DE DISEÑO.
 EL PORCENTAJE DE RESISTENCIA ESTA EN REFERENCIA A LA RESISTENCIA DE DISEÑO QUE INDICÓ EL CLIENTE.
 LOS RESULTADOS DEL ENSAYO CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PERSONAL DE LABORATORIO.
 EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.
 LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.
 HC-AC-017 REV 04 FECHA: 2022/07/05

INFORME AUTORIZADO POR ING. JANET YÉSSICA ANÍAS ARIAS



Fin de Página

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauroingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)

Tel. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015
Av. Mariscal Castilla N° 3950 (Sede 1) y N° 3948 (Sede 2) - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.)
Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, PAVIMENTOS Y AGUA CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE :

- ENSAYOS DE MECÁNICAS DE SUELOS
 - ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETOS Y ASFALTO
 - ENSAYOS EN ROCAS
 - ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
 - ENSAYOS SPT, DPL, DPHS

- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
 - PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
 - ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
 - CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
 - EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO Nº 00114425 con Resolución Nº 007184-2019-/DSD-INDECOPI

INFORME DE RESULTADOS

EXPEDIENTE N° : 017-2023-AC
PETICIONARIO : BACH. ACUÑA MUCHA JHON EDSON
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
CONTACTO DEL PETICIONARIO : honacunamucha@gmail.com
PROYECTO : PARTICULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA EN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA PARA PAVIMENTOS RIGIDOS DEL DISTRITO DE PILCOMAYO-2022
UBICACIÓN : DISTRITO DE PILCOMAYO, PROVINCIA DE HUANCAYO, DEPARTAMENTO DE JUNÍN
FECHA DE RECEPCIÓN : 09 DE NOVIEMBRE DEL 2022
FECHA DE EMISIÓN : 03 DE ENERO DEL 2023

INFORME DE ENSAYO (PÁG. 01 DE 01)

MÉTODO:

MTIC E 709: Resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.

MUESTRA	CÓDIGO DE TRABAJO	ESTRUCTURA DE PROCEDENCIA	TIPO DE MUESTRA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD	LONGITUD ESPÉCIMEN PROMEDIO (mm)	ANCHO DE ESPÉCIMEN (mm)	ALTURA DE ESPÉCIMEN (mm)	CARGA MÁXIMA (kN)	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	MÓDULO DE ROTURA (MPa)	LOCALIZACIÓN DE LA FALLA (mm)
L-1	P-432-2022(L)	MUESTRA PATRO N MAS ADICIÓN DEL 10% DE PARTICULAS RESIDUAL DE PIEDRA CHANCADA.	VIGAS DE CONCRETO	13/12/2022	3/01/2023	21	540.00	150.67	151.67	23.81	280	3.16	302
L-2	P-432-2022(L)	MUESTRA PATRO N MAS ADICIÓN DEL 10% DE PARTICULAS RESIDUAL DE PIEDRA CHANCADA.	VIGAS DE CONCRETO	13/12/2022	3/01/2023	21	540.33	150.67	151.33	28.81	280	3.84	304
L-3	P-432-2022(L)	MUESTRA PATRO N MAS ADICIÓN DEL 10% DE PARTICULAS RESIDUAL DE PIEDRA CHANCADA.	VIGAS DE CONCRETO	13/12/2022	3/01/2023	21	540.33	150.33	151.67	27.49	280	3.66	314

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 3/01/2023
 FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 3/01/2023

CONDICIONES AMBIENTALES:

TEMPERATURA AMBIENTE : 15.8 °C
 HUMEDAD RELATIVA : 56%
 ÁREA DONDE SE REALIZÓ EL ENSAYO : ÁREA DE ENSAYOS ESPECIALES

MUESTREO REALIZADO POR EL PERSONAL DE LABORATORIO.

LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL PETICIONARIO SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN.

EL PORCENTAJE DE RESISTENCIA ESTA EN REFERENCIA A LA RESISTENCIA DE DISEÑO QUE INDICÓ EL CLIENTE.

LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ, LAS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

HC-AC-036 REV.00 FECHA: 2021/10/28


INGENIEROS CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
JEFE DE LABORATORIO
Ing. Victor Pena Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 10483

Email: grupocentauroringenieros@gmail.com Web: <http://centauroringenieros.com> Facebook: [centauroringenieros](https://www.facebook.com/centauroringenieros)

Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015
 Av. Mariscal Castilla N° 3950 (Sede 1) y N° 3948 (Sede 2) - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.)
 Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroringenieros@gmail.com



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, PAVIMENTOS Y AGUA CENTAURO INGENIEROS
 LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL – DA CON REGISTRO LE-141



Informe de ensayo con valor oficial

Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

INFORME DE ENSAYO

Inicio de página

EXPEDIENTE N° : 063-2023-AC
PETICIONARIO : BACH. ACUÑA MUCHA JHON EDSON
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
CONTACTO DEL PETICIONARIO : jhonacunamucha@gmail.com
PROYECTO : PARTICULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA EN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA PARA PAVIMENTOS RIGIDOS DEL DISTRITO DE PILCOMAYO-2022
UBICACIÓN : DISTRITO DE PILCOMAYO, PROVINCIA DE HUANCAYO, DEPARTAMENTO DE JUNÍN
FECHA DE RECEPCIÓN : 09 DE NOVIEMBRE DEL 2022
FECHA DE EMISIÓN : 09 DE ENERO DEL 2023

[PÁG. 01 DE 01]

MÉTODO:
 ASTM C39/C39M-21: Método de prueba estándar para determinar la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón.

MUESTRA	CÓDIGO DE TRABAJO	ESTRUCTURA DE PROCEDENCIA	TIPO DE MUESTRA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD	DIÁMETRO ESPÉCIMEN PROMEDIO (mm)	ALTURA DE ESPÉCIMEN (mm)	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	CARGA MÁXIMA (kN)	RESISTENCIA DE ESPÉCIMEN (MPa)	RESISTENCIA DE ESPÉCIMEN (kg/cm ²)	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	% RESIS.	TIPO DE FRACTURA	DEFECTOS
X-4	P-432-2022(C)	MUESTRA PATRÓN	PROBETAS DE CONCRETO CILÍNDRICAS	10/12/2022	7/01/2023	28	101.65	205.33	8115.30	235.14	29.0	289.7	280	103%	TIPO 3	NO

TIPO DE FRACTURA:

- TIPO 1 : Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25mm de grietas en capas.
 TIPO 2 : Cono bien formado sobre otra base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en la otra base.
 TIPO 3 : Grietas verticales columnares en ambas bases.
 TIPO 4 : Fractura diagonal sin grietas en las bases, golpear con martillo para diferenciar del tipo 1.
 TIPO 5 : Fracturas de lados en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embanado.
 TIPO 6 : Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado.
- CT : Cortado
 CP : Capillado
 CAP : Casado
 AN : Almohadillas de neopreno



NOTA ILUSTRATIVA: UNA MUESTRA DE CONCRETO DE ACUERDO AL REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCION LA CONSTITUYEN DOS PROBETAS, PARA CADA EDAD Y CALIDAD DE CONCRETO.
 ADICIONES, DESVIACIONES O EXCLUSIONES DEL MÉTODO: NO APLICA

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 7/01/2023
 FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 7/01/2023
 MUESTRA PROPORCIONADA POR : PERSONAL DE LABORATORIO

CONDICIONES AMBIENTALES:

TEMPERATURA AMBIENTE : 15.3 °C
 HUMEDAD RELATIVA : 59%
 ÁREA DONDE SE REALIZÓ EL ENSAYO : ÁREA DE ENSAYOS ESPECIALES
 DIRECCIÓN DEL LABORATORIO : AV. MARISCAL CASTILLA N° 3950 - EL TAMBO - HUANCAYO (SEDE 1)

MUESTREO REALIZADO POR EL PERSONAL DE LABORATORIO. EL LABORATORIO NO ESTÁ ACREDITADO EN MUESTREO ANTE INACAL.
LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL PETICIONARIO SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN, RESISTENCIA DE DISEÑO.

EL PORCENTAJE DE RESISTENCIA ESTÁ EN REFERENCIA A LA RESISTENCIA DE DISEÑO QUE INDICÓ EL CLIENTE.
 LOS RESULTADOS DEL ENSAYO CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PERSONAL DE LABORATORIO.
 EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL PERSONAL AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AC-017 REV.04 FECHA: 2022/07/05

INFORME AUTORIZADO POR ING. JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS

ING. JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS
 INGENIERO CIVIL

Fin de Página

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauroingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)

Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Av. Mariscal Castilla N° 3950 (Sede 1) y N° 3948 (Sede 2) - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.)

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, PAVIMENTOS Y AGUA CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE :

- ENSAYOS DE MECÁNICAS DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETOS Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS

- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO Nº 00114425 con Resolución Nº 007184-2019-/DSD-INDECOPI

INFORME DE RESULTADOS

EXPEDIENTE N° : 067-2023-AC
PETICIONARIO : BACH. ACUÑA MUCHA JHON EDSON
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
CONTACTO DEL PETICIONARIO : honacunamucha@gmail.com
PROYECTO : PARTÍCULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA EN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS DEL DISTRITO DE PILCOMAYO-2022
UBICACIÓN : DISTRITO DE PILCOMAYO, PROVINCIA DE HUANCAYO, DEPARTAMENTO DE JUNÍN
FECHA DE RECEPCIÓN : 09 DE NOVIEMBRE DEL 2022
FECHA DE EMISIÓN : 11 DE ENERO DEL 2023

INFORME DE ENSAYO (PÁG. 01 DE 01)

MÉTODO:

MTC E 709: Resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.

MUESTRA	CÓDIGO DE TRABAJO	ESTRUCTURA DE PROCEDENCIA	TIPO DE MUESTRA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD	LONGITUD ESPÉCIMEN PROMEDIO (mm)	ANCHO DE ESPÉCIMEN (mm)	ALTURA DE ESPÉCIMEN (mm)	CARGA MÁXIMA (kN)	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	MÓDULO DE ROTURA (MPa)	LOCALIZACIÓN DE LA FALLA (mm)
I-1	P-432-2022(H)	MUESTRA PATRÓN MÁS ADICIÓN DEL 20% DE PARTÍCULAS RESIDUAL DE PIEDRA CHANCADA	VIGAS DE CONCRETO	12/12/2022	9/01/2023	28	540.00	150.00	152.00	32.77	280	4.35	332
I-2	P-432-2022(H)	MUESTRA PATRÓN MÁS ADICIÓN DEL 20% DE PARTÍCULAS RESIDUAL DE PIEDRA CHANCADA	VIGAS DE CONCRETO	12/12/2022	9/01/2023	28	540.33	150.33	151.33	31.20	280	4.17	306
I-3	P-432-2022(H)	MUESTRA PATRÓN MÁS ADICIÓN DEL 20% DE PARTÍCULAS RESIDUAL DE PIEDRA CHANCADA	VIGAS DE CONCRETO	12/12/2022	9/01/2023	28	540.33	150.00	152.00	34.09	280	4.52	341

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 9/01/2023
 FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 9/01/2023

CONDICIONES AMBIENTALES:
 TEMPERATURA AMBIENTE : 16.1 °C
 HUMEDAD RELATIVA : 51%
 ÁREA DONDE SE REALIZÓ EL ENSAYO : ÁREA DE ENSAYOS ESPECIALES

MUESTREO REALIZADO POR EL PERSONAL DE LABORATORIO.

LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL PETICIONARIO SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN, RESISTENCIA DE DISEÑO.

EL PORCENTAJE DE RESISTENCIA ESTA EN REFERENCIA A LA RESISTENCIA DE DISEÑO QUE INDICÓ EL CLIENTE.

LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ, LAS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL PERSONAL AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

HC-AC-036 REV.00 FECHA: 2021/10/28


INGENIERO CIVIL VICTOR PEÑA DUEÑAS S.A.C.
JEFE DE LABORATORIO
ING. VICTOR PEÑA DUEÑAS
INGENIERO CIVIL
CIP. 70469

Email: grupocentauroringenieros@gmail.com Web: <http://centauroringenieros.com/> Facebook: [centauroringenieros](https://www.facebook.com/centauroringenieros)

Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Av. Mariscal Castilla N° 3950 (Sede 1) y N° 3948 (Sede 2) - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.)

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroringenieros@gmail.com



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, PAVIMENTOS Y AGUA CENTAURO INGENIEROS
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL – DA CON REGISTRO LE-141
Informe de ensayo con valor oficial



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

INFORME DE ENSAYO

Inicio de página

EXPEDIENTE N° : 390-2023-AC
PETICIONARIO : BACH-ACUÑA MUCHA JHON EDSON
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
CONTACTO DEL PETICIONARIO : jhonaacunamucha@gmail.com
PROYECTO : PARTÍCULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA EN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS DEL DISTRITO DE PILCOMAYO-2022
UBICACIÓN : DISTRITO DE PILCOMAYO, PROVINCIA DE HUANCAYO, DEPARTAMENTO DE JUNÍN
FECHA DE RECEPCIÓN : 09 DE NOVIEMBRE DEL 2022
FECHA DE EMISIÓN : 11 DE ENERO DEL 2023

(PÁG. 01 DE 01)

MÉTODO:
 ASTM C39/C39M-21. Método de prueba estándar para determinar la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón.

MUESTRA	CÓDIGO DE TRABAJO	ESTRUCTURA DE PROCEDENCIA	TIPO DE MUESTRA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD	DIÁMETRO ESPÉCIMEN PROMEDIO (mm)	ALTURA DE ESPÉCIMEN (mm)	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	CARGA MÁXIMA (kN)	RESISTENCIA DE ESPÉCIMEN (MPa)	RESISTENCIA DE ESPÉCIMEN (kg/cm ²)	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	% RESIS.	TIPO DE FRACTURA	DEFECTOS
LY-10	P-432-2022(F-1)	MUESTRA PATRÓN MÁS ADICIÓN DEL 30% DE PARTÍCULAS RESIDUAL DE PIEDRA CHANCADA	PROBETAS DE CONCRETO CILÍNDRICAS	12/12/2022	9/01/2023	28	100.05	203.89	7861.84	325.21	41.4	413.7	280	148%	TIPO 3	NO
LY-11	P-432-2022(F-1)	MUESTRA PATRÓN MÁS ADICIÓN DEL 30% DE PARTÍCULAS RESIDUAL DE PIEDRA CHANCADA	PROBETAS DE CONCRETO CILÍNDRICAS	12/12/2022	9/01/2023	28	100.10	203.99	7869.70	312.01	39.6	396.5	280	142%	TIPO 3	NO
LY-12	P-432-2022(F-1)	MUESTRA PATRÓN MÁS ADICIÓN DEL 30% DE PARTÍCULAS RESIDUAL DE PIEDRA CHANCADA	PROBETAS DE CONCRETO CILÍNDRICAS	12/12/2022	9/01/2023	28	100.05	203.92	7861.84	322.13	41.0	409.7	280	146%	TIPO 3	NO

TIPO DE FRACTURA:

TIPO 1 : Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25mm de grietas en capas.
 TIPO 2 : Cono bien formado sobre otra base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, como no bien definido en la otra base.
 TIPO 3 : Grietas verticales columnares en ambas bases.
 TIPO 4 : Fractura diagonal sin grietas en las bases, golpear con martillo para diferenciar del tipo 1.
 TIPO 5 : Fracturas de lados en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embasado.
 TIPO 6 : Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado.
 CT : Cortado
 CP : Capillado
 CAP : Casado
 AN : Almohadillas de neopreno

CT	
CP	
CAP	
AN	X



NOTA ILUSTRATIVA: UNA MUESTRA DE CONCRETO DE ACUERDO AL REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCIÓN LA CONSTITUYEN DOS PROBETAS, PARA CADA EDAD Y CALIDAD DE CONCRETO. ADICIONES, DESVIACIONES O EXCLUSIONES DEL MÉTODO: NO APLICA

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 9/01/2023
 FECHA DE CULMINACION DEL ENSAYO : 9/01/2023
 MUESTRA PROPORCIONADA POR : PERSONAL DE LABORATORIO

CONDICIONES AMBIENTALES:
 TEMPERATURA AMBIENTE : 16 °C
 HUMEDAD RELATIVA : 52%
 AREA DONDE SE REALIZO EL ENSAYO : AREA DE ENSAYOS ESPECIALES
 DIRECCION DEL LABORATORIO : AV. MARISCAL CASTILLA N° 3950 - EL TAMBO - HUANCAYO (SEDE 1)

MUESTREO REALIZADO POR EL PERSONAL DE LABORATORIO. EL LABORATORIO NO ESTÁ ACREDITADO EN MUESTREO ANTE INACAL.

LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL PETICIONARIO SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN, RESISTENCIA DE DISEÑO.

EL PORCENTAJE DE RESISTENCIA ESTA EN REFERENCIA A LA RESISTENCIA DE DISEÑO QUE INDICÓ EL CLIENTE.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL PERSONAL DE LABORATORIO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ LOS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL PERSONAL AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AC-017 REV.04 FECHA: 2022/07/05

INFORME AUTORIZADO POR ING. JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS

INGENIERA YÉSSICA ANDÍA ARIAS
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 17480

Fin de Página

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: http://centauroingenieros.com/ Facebook: centauroingenieros

Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Av. Mariscal Castilla N° 3950 (Sede 1) y N° 3948 (Sede 2) - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.)

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, PAVIMENTOS Y AGUA CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE :

- ENSAYOS DE MECÁNICAS DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETOS Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPMS

- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

INFORME DE RESULTADOS

EXPEDIENTE N° : 5913-2022-AC
PETICIONARIO : BACH. ACUÑA MUCHA JHON EDSON
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
CONTACTO DEL PETICIONARIO : honacunamucha@gmail.com
PROYECTO : PARTICULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA EN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA PARA PAVIMENTOS RIGIDOS DEL DISTRITO DE PILCOMAYO-2022
UBICACIÓN : DISTRITO DE PILCOMAYO, PROVINCIA DE HUANCAYO, DEPARTAMENTO DE JUNÍN
FECHA DE RECEPCIÓN : 09 DE NOVIEMBRE DEL 2022
FECHA DE EMISIÓN : 19 DE DICIEMBRE DEL 2022

INFORME DE ENSAYO (PÁG. 01 DE 01)

MÉTODO:

MTC E 709: Resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.

MUESTRA	CÓDIGO DE TRABAJO	ESTRUCTURA DE PROCEDENCIA	TIPO DE MUESTRA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD	LONGITUD ESPÉCIMEN PROMEDIO (mm)	ANCHO DE ESPÉCIMEN (mm)	ALTURA DE ESPÉCIMEN (mm)	CARGA MÁXIMA (kN)	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	MÓDULO DE ROTURA (MPa)	LOCALIZACIÓN DE LA FALLA (mm)
J-1	P-432-2022(F)	MUESTRA PATRÓN.	VIGAS DE CONCRETO	10/12/2022	17/12/2022	7	542.00	151.00	152.00	25.13	280	3.31	228

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 17/12/2022
 FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 17/12/2022

CONDICIONES AMBIENTALES:
 TEMPERATURA AMBIENTE : 17.2 °C
 HUMEDAD RELATIVA : 55%
 ÁREA DONDE SE REALIZÓ EL ENSAYO : ÁREA DE ENSAYOS ESPECIALES

MUESTREO REALIZADO POR EL PERSONAL DE LABORATORIO.

LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL PETICIONARIO SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN.

EL PORCENTAJE DE RESISTENCIA ESTA EN REFERENCIA A LA RESISTENCIA DE DISEÑO QUE INDICÓ EL CUENTE.

LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ, LAS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD

HC-AC-036 REV.00 FECHA: 2021/10/28


INGENIEROS CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
TIPO DE LABORATORIO
Ing. Victor Peña Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 70469

Email: grupocentauruingenieros@gmail.com Web: <http://centauruingenieros.com/> Facebook: centauru ingenieros

Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Av. Mariscal Castilla N° 3950 (Sede 1) y N° 3948 (Sede 2) - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.)

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauruingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, PAVIMENTOS Y AGUA CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS DE MECÁNICAS DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETOS Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS

- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO Nº 00114425 con Resolución Nº 007184-2019-/DSD-INDECOPI

INFORME DE RESULTADOS

EXPEDIENTE N° : 5988-2022-AC
PETICIONARIO : BACH. ACUÑA MUCHA JHON EDSON
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
CONTACTO DEL PETICIONARIO : honacunamucha@gmail.com
PROYECTO : PARTICULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA EN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA PARA PAVIMENTOS RIGIDOS DEL DISTRITO DE PILCOMAYO-2022
UBICACIÓN : DISTRITO DE PILCOMAYO, PROVINCIA DE HUANCAYO, DEPARTAMENTO DE JUNÍN
FECHA DE RECEPCIÓN : 09 DE NOVIEMBRE DEL 2022
FECHA DE EMISIÓN : 28 DE DICIEMBRE DEL 2022

INFORME DE ENSAYO (PÁG. 01 DE 01)

MÉTODO:

MTCE 709: Resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.

MUESTRA	CÓDIGO DE TRABAJO	ESTRUCTURA DE PROCEDENCIA	TIPO DE MUESTRA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD	LONGITUD ESPÉCIMEN PROMEDIO (mm)	ANCHO DE ESPÉCIMEN (mm)	ALTURA DE ESPÉCIMEN (mm)	CARGA MÁXIMA (kN)	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	MÓDULO DE ROTURA (MPa)	LOCALIZACIÓN DE LA FALLA (mm)
P-1	P-432-2022(P)	MUESTRA PATRÓN MÁS ADICIÓN DEL 30% DE PARTICULAS RESIDUAL DE PIEDRA CHANCADA	VIGAS DE CONCRETO	14/12/2022	28/12/2022	14	540.00	151.00	152.00	29.90	280	3.94	255
P-2	P-432-2022(P)	MUESTRA PATRÓN MÁS ADICIÓN DEL 30% DE PARTICULAS RESIDUAL DE PIEDRA CHANCADA	VIGAS DE CONCRETO	14/12/2022	28/12/2022	14	540.33	151.00	152.00	28.58	280	3.77	229
P-3	P-432-2022(P)	MUESTRA PATRÓN MÁS ADICIÓN DEL 30% DE PARTICULAS RESIDUAL DE PIEDRA CHANCADA	VIGAS DE CONCRETO	14/12/2022	28/12/2022	14	542.00	151.00	152.00	32.00	280	4.22	238

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 28/12/2022
 FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 28/12/2022

CONDICIONES AMBIENTALES:
 TEMPERATURA AMBIENTE : 15.2 °C
 HUMEDAD RELATIVA : 55%
 ÁREA DONDE SE REALIZÓ EL ENSAYO : ÁREA DE ENSAYOS ESPECIALES

MUESTREO REALIZADO POR EL PERSONAL DE LABORATORIO.

LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL PETICIONARIO SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN.

EL PORCENTAJE DE RESISTENCIA ESTA EN REFERENCIA A LA RESISTENCIA DE DISEÑO QUE INDICÓ EL CUENTE.

LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ, LAS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL PERSONAL AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD

HC-AC-036 REV.00 FECHA: 2021/10/28


PERSONAL OFICIALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
VINPE DE LABORATORIO
Ing. Victor Peña Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 70489

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: http://centauroingenieros.com/ Facebook: centauroingenieros

Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Av. Mariscal Castilla N° 3950 (Sede 1) y N° 3948 (Sede 2) - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.)

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, PAVIMENTOS Y AGUA CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS DE MECÁNICAS DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETOS Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS

- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

INFORME DE RESULTADOS

EXPEDIENTE N° : 5990-2022-AP
PETICIONARIO : BACH. ACUÑA MUCHA JHON EDSON
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
CONTACTO DEL PETICIONARIO : honacunamucha@gmail.com
PROYECTO : PARTICULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA EN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA PARA PAVIMENTOS RIGIDOS DEL DISTRITO DE PILCOMAYO-2022
UBICACIÓN : DISTRITO DE PILCOMAYO, PROVINCIA DE HUANCAYO, DEPARTAMENTO DE JUNÍN
FECHA DE RECEPCIÓN : 09 DE NOVIEMBRE DEL 2022
FECHA DE EMISIÓN : 28 DE DICIEMBRE DEL 2022

INFORME DE ENSAYO (PÁG. 01 DE 01)

MÉTODO:

MT C E 709: Resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.

MUESTRA	CÓDIGO DE TRABAJO	ESTRUCTURA DE PROCEDENCIA	TIPO DE MUESTRA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD	LONGITUD ESPÉCIMEN PROMEDIO (mm)	ANCHO DE ESPÉCIMEN (mm)	ALTURA DE ESPÉCIMEN (mm)	CARGA MÁXIMA (kN)	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	MÓDULO DE ROTURA (MPa)	LOCALIZACIÓN DE LA FALLA (mm)
Ñ-1	P-432-2022(Ñ)	MUESTRA PATRÓN MÁS ADICIÓN DEL 10% DE PARTICULAS RESIDUAL DE PIEDRA CHANCADA	VIGAS DE CONCRETO	14/12/2022	28/12/2022	14	541.67	151.00	152.00	26.64	280	3.51	308
Ñ-2	P-432-2022(Ñ)	MUESTRA PATRÓN MÁS ADICIÓN DEL 10% DE PARTICULAS RESIDUAL DE PIEDRA CHANCADA	VIGAS DE CONCRETO	14/12/2022	28/12/2022	14	541.33	151.00	152.00	24.60	280	3.24	215
Ñ-3	P-432-2022(Ñ)	MUESTRA PATRÓN MÁS ADICIÓN DEL 10% DE PARTICULAS RESIDUAL DE PIEDRA CHANCADA	VIGAS DE CONCRETO	14/12/2022	28/12/2022	14	541.33	151.00	152.00	23.83	280	3.14	302

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 28/12/2022
 FECHA DE CULMINACIÓN DEL ENSAYO : 28/12/2022

CONDICIONES AMBIENTALES:
 TEMPERATURA AMBIENTE : 15,6 °C
 HUMEDAD RELATIVA : 55%
 ÁREA DONDE SE REALIZÓ EL ENSAYO : ÁREA DE ENSAYOS ESPECIALES

MUESTREO REALIZADO POR EL PERSONAL DE LABORATORIO.

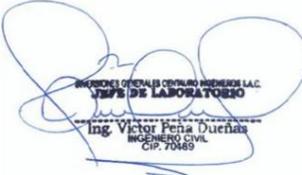
LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL PETICIONARIO SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN.

EL PORCENTAJE DE RESISTENCIA ESTA EN REFERENCIA A LA RESISTENCIA DE DISEÑO QUE INDICÓ EL CUENTE.

LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS TAL Y COMO SE RECIBIÓ, LAS CUALES FUERON PROPORCIONADAS POR EL PERSONAL AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD

HC-AC-036 REV.00 FECHA: 2021/10/28


INGENIERO CIVIL
JEFE DE LABORATORIO
 Ing. Victor Peña Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 71489

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauroingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)

Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Av. Mariscal Castilla N° 3950 (Sede 1) y N° 3948 (Sede 2) - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.)

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

