

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE  
HUAMANGA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA  
QUÍMICA Y METALURGIA**



**TESIS**

**FORMULACIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO UTILIZANDO  
CONCRETO RECICLADO DEL DISTRITO DE ANDRÉS  
AVELINO CÁCERES, REGIÓN AYACUCHO**

PRESENTADO POR:

**Eduardo QUISPE CONDE**

Para optar el grado académico:

**MAESTRO EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

ASESOR:

**Edgar ARONÉS MEDINA**

**AYACUCHO – PERÚ**

**2022**

## **DEDICATORIA**

Para mi hijo Eliel, quien es parte de mi vida y fortaleza en mis sueños.

A mi madre Eudosia, quien, con su sabiduría, amor y apoyo sin condiciones, trazo una luz de esperanza en mi andar.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Escuela de Posgrado,  
Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia

A mi padre, por estar siempre conmigo, guiándome mi caminar desde el cielo.

Al Ing. Edgar Aronés Medina, por ser fuente de inspiración del ímpetu profesional  
académicamente con su sabiduría y experiencia.

A Zully, como ayuda idónea al estar en las situaciones más difíciles de mi vida.

# ÍNDICE

Página

|                                       |      |
|---------------------------------------|------|
| DEDICATORIA .....                     | ii   |
| AGRADECIMIENTO .....                  | iii  |
| ÍNDICE .....                          | iv   |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                | vii  |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                | ix   |
| ACRÓNIMOS.....                        | xi   |
| RESUMEN.....                          | xii  |
| ABSTRACT .....                        | xiii |
| INTRODUCCIÓN.....                     | 1    |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....      | 2    |
| 1.1. Descripción del problema .....   | 2    |
| 1.2. Formulación del problema .....   | 4    |
| 1.2.1. Problema general.....          | 4    |
| 1.2.2. Problemas específicos .....    | 4    |
| 1.3. Objetivos .....                  | 5    |
| 1.3.1. Objetivo general .....         | 5    |
| 1.3.2. Objetivos específicos .....    | 5    |
| 1.4. Justificación del problema ..... | 5    |
| 1.5. Delimitación del problema .....  | 7    |
| 1.5.1. Delimitación espacial.....     | 7    |
| 1.5.2. Delimitación temporal.....     | 10   |
| 1.6. Hipótesis .....                  | 10   |
| 1.6.1. Hipótesis general .....        | 10   |
| 1.6.2. Hipótesis específicas.....     | 10   |
| MARCO TEÓRICO .....                   | 9    |
| 2.1. Antecedentes .....               | 9    |
| 2.1.1. Internacional.....             | 9    |

|   |    |
|---|----|
| 2.1.2. Nacional .....                                   | 10 |
| 2.1.3. Local .....                                      | 12 |
| 2.2. Bases teóricas .....                               | 12 |
| 2.2.1. Residuos sólidos .....                           | 12 |
| 2.2.2. Pavimento rígido .....                           | 13 |
| 2.2.3. Tipos de concreto.....                           | 13 |
| 2.2.4. Propiedades del concreto endurecido .....        | 14 |
| 2.2.5. Componentes o materiales del concreto .....      | 17 |
| 2.2.6. Clasificación de los agregados .....             | 19 |
| 2.2.6.1. Agregado fino .....                            | 20 |
| 2.2.6.2. Agregado grueso .....                          | 21 |
| 2.2.6.3. Hormigón .....                                 | 22 |
| 2.2.7. Propiedades físicas de los agregados .....       | 22 |
| 2.2.7.1. <i>Granulometría</i> .....                     | 22 |
| 2.2.7.1. <i>Curvas granulométricas</i> .....            | 26 |
| 2.2.7.2. <i>Módulo de fineza</i> .....                  | 27 |
| 2.2.7.3. <i>Densidad relativa</i> .....                 | 29 |
| 2.2.7.4. <i>Gravedad específica</i> .....               | 30 |
| 2.2.7.5. <i>Peso específico</i> .....                   | 30 |
| 2.2.7.6. <i>Absorción y humedad</i> .....               | 32 |
| 2.2.7.7. <i>Peso unitario</i> .....                     | 33 |
| 2.2.7.8. <i>Resistencia a la abrasión</i> .....         | 34 |
| 2.2.8. Tipos de pavimentos .....                        | 34 |
| 2.2.8.1. <i>Pavimento flexible</i> .....                | 34 |
| 2.2.8.2. <i>Pavimento rígido</i> .....                  | 34 |
| 2.2.9. Residuos de construcción y demolición (RCD)..... | 36 |
| 2.2.10. Reciclaje de concreto.....                      | 36 |
| 2.3. Marco legal .....                                  | 39 |
| DISEÑO METODOLÓGICO.....                                | 40 |
| 3.1. Tipo y nivel de investigación .....                | 40 |
| 3.2. Diseño de la investigación .....                   | 40 |
| 3.3. Población y muestra .....                          | 40 |
| 3.3.1. Población .....                                  | 40 |
| 3.3.2. Muestra .....                                    | 41 |
| 3.4. Variables e indicadores .....                      | 41 |



## ÍNDICE DE TABLAS

|   | Página |
|---|--------|
| Tabla 1: Propiedades de concreto endurecido .....   | 15     |
| Tabla 2: Granulometría del agregado fino sólidos De acuerdo con su origen .....   | 23     |
| Tabla 3: Clasificación de los residuos sólidos De acuerdo con su origen.....  | 24     |
| Tabla 4: Resistencias mecánicas de los agregados gruesos .....  | 26     |
| Tabla 5: Cálculo del módulo de finura De acuerdo con su origen .....  | 28     |
| Tabla 6: Clasificación del agregado fino de acuerdo con el valor de módulo de finura.....                                   | 28     |
| Tabla 7: Clasificación de los agregados De acuerdo con su masa unitaria .....   | 31     |
| Tabla 8: Diferencias entre pavimento rígido y pavimento flexible .....  | 35     |
| Tabla 9: Ventajas y desventajas del concreto reciclado .....  | 37     |
| Tabla 10: Legislación respecto a la gestión de Residuos Sólidos .....   | 39     |
| Tabla 11: Operacionalización de variables.....  | 42     |
| Tabla 12: Granulometría de la piedra chancada como agregado natural grueso .....  | 45     |
| Tabla 13: Granulometría de la arena gruesa como agregado natural fino.....  | 46     |
| Tabla 14: Granulometría para el agregado grueso de 25 % de RCD y 75 % de piedra chancada .....                              | 48     |
| Tabla 15: Granulometría para el agregado grueso de 50 % de RCD y 50 % de piedra chancada .....                              | 49     |
| Tabla 16: Granulometría para el agregado grueso de 75 % de RCD y 25 % de piedra chancada .....                              | 51     |
| Tabla 17: Granulometría para el agregado grueso de 100 % de residuos de pavimento rígido .....                              | 52     |
| Tabla 18: Tamaño máximo del agregado grueso de diferentes porcentajes de RCD .....  | 54     |
| Tabla 19: Resistencia a la abrasión del agregado grueso natural y con diferentes porcentajes de RCD.....                    | 55     |
| Tabla 20: Propiedades del agregado grueso de diferentes porcentajes de residuos de pavimento rígido y piedra chancada ..... | 57     |

|  |    |
|--|----|
| Tabla 21: Propiedades del agregado fino y cemento Portland Tipo I .....  | 59 |
| Tabla 22: Proporción de peso por kg de cemento para el diseño de mezcla para diferentes porcentajes de RCD .....       | 60 |
| Tabla 23: Proporción en volumen por bolsa de cemento para el diseño de mezcla para diferentes porcentajes de RCD ..... | 61 |
| Tabla 24: Propiedades físicas del concreto en estado fresco con diferentes porcentajes de RCD .....                    | 61 |
| Tabla 25: Resistencia a la compresión del concreto con diferentes porcentajes de RCD .....                             | 64 |
| Tabla 26: Prueba de normalidad Shapiro-Wilk.....   | 66 |
| Tabla 27: Prueba de correlación Rho de Pearson.....  | 66 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   | Página |
|---|--------|
| Figura 1: Mapa del departamento de Ayacucho y el distrito de Andrés Avelino Cáceres ...               | 7      |
| Figura 2: Localización de la Planta Procesadora de Agregados "Glorieta" .....                         | 8      |
| Figura 3: Localización de botaderos de RCD de pavimento rígido en Huamanga .....                      | 9      |
| Figura 4: Localización de proyectos de pavimentación con concreto reciclado,<br>Huamanga .....        | 9      |
| Figura 5: Clasificación de los residuos sólidos .....   | 12     |
| Figura 6: Esquema de los patrones de tipos de fallas.....   | 17     |
| Figura 7: Agregado fino .....   | 20     |
| Figura 8: Agregado grueso .....   | 21     |
| Figura 9: Tamices superpuestos usados para el análisis granulométrico.....                            | 22     |
| Figura 10: Estado de saturación de los agregados .....  | 30     |
| Figura 11 Granulometría del agregado grueso y agregado fino .....                                     | 45     |
| Figura 12 Granulometría de la piedra chancada como agregado natural grueso.....                       | 46     |
| Figura 13: Granulometría de la arena gruesa como agregado natural fino .....                          | 47     |
| Figura 14: Granulometría para el agregado grueso de 25 % de RCD y 75 % de<br>piedra<br>chancada ..... | 48     |
| Figura 15: Granulometría para el agregado grueso de 50 % de RCD y 50 % de<br>piedra<br>chancada ..... | 50     |
| Figura 16: Granulometría para el agregado grueso de 75 % de RCD y 25 % de piedra<br>chancada .....    | 51     |
| Figura 17 Granulometría para el agregado grueso de 100 % de residuos de<br>pavimento<br>rígido.....   | 53     |
| Figura 18 Resistencia a la abrasión del agregado grueso de RCD .....                                  | 54     |
| Figura 19 Resistencia a la abrasión De acuerdo con dosificación de agregado RCD.....                  | 55     |
| Figura 20 Diseño de mezcla de concreto para pavimento con agregado RCD .....                          | 56     |
| Figura 21 Peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso .....                         | 58     |

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| Figura 22 | Peso unitario del agregado grueso suelto y compactado .....  | 58 |
| Figura 23 | Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino .....  | 59 |
| Figura 24 | Peso unitario del agregado fino suelto y compactado .....  | 60 |
| Figura 25 | Diseño de briquetas de concreto para pavimento con agregado RCD.....   | 61 |
| Figura 26 | Resistencia a la compresión del concreto patrón y reciclado .....  | 63 |
| Figura 27 | Resistencia a la compresión De acuerdo con dosificación de agregado RCD y<br>por edad del concreto para pavimento rígido .....           | 64 |
| Figura 28 | Variación porcentual de resistencia a la compresión por edad del concreto y<br>dosificación con agregado RCD para pavimento rígido ..... | 65 |
| Figura 29 | Influencia del agregado RCD en el desgaste por abrasión .....  | 68 |
| Figura 30 | Influencia del agregado RCD en el peso unitario del concreto en estado fresco<br>.....   | 68 |
| Figura 31 | Influencia del agregado RCD en la resistencia a la compresión a los 28 días..  | 69 |

## ACRÓNIMOS

|          |   |
|----------|---|
| AGN      | : Agregado grueso natural   |
| AGR      | : Agregado grueso reciclado   |
| ASTM     | : American Society for Testing and Materials  |
| INACAL   | : Instituto Nacional de Calidad   |
| INDECOPI | : Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la<br>Propiedad Intelectual |
| NTP      | : Norma Técnica Peruana   |
| RCD      | : Residuos de Construcción y Demolición   |

## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo formular pavimento rígido utilizando concreto reciclado del distrito de Andrés Avelino Cáceres, región Ayacucho. Esta técnica es de naturaleza cuantitativa, experimental en naturaleza, explicativa en alcance y en aplicación. Las briquetas de concreto se produjeron utilizando 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de material de desecho "RCD" de demolición y construcción como agregado grueso. Se utilizó piedra triturada y arena gruesa como agregados finos y medianos, respectivamente. Con base en los datos recopilados, se determinó que 3/4" es el tamaño máximo nominal del agregado grueso y que los agregados que contienen porcentajes variables de RCD se ajustan a la Zona 67 de la NTP 400.037; el peso unitario del hormigón está entre 2240 y 2460; la resistencia a la abrasión del terrible agregado tiene niveles de desgaste por abrasión entre 20.80% y 26.14%  $\text{kg/m}^3$ ; el contenido de aire no supera el 2 %; la temperatura no excede los 32 °C para los diferentes diseños de concreto reciclado; el Slump varía entre 3,5 a 3,8 cm; la resistencia a la compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días cumple con la normatividad para el 100 % de piedra chancada y para el 25 % de RCD con 75 % de piedra chancada. Para el área Andrés Avelino Cáceres de la región Ayacucho, 25% de agregado RCD, 75% de piedra triturada como agregado y arena gruesos como agregado fino, da como resultado un pavimento con valores aceptables para las propiedades. hormigón real, mecánico  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Cuando el contenido de RCD aumenta del 50 % al 75 % o al 100 %, la resistencia a la compresión cae por debajo de los niveles aceptables.

**Palabras clave:** Propiedades físicas del concreto, agregados RCD, concreto reciclado , resistencia a la abrasión, resistencia a la compresión.

## ABSTRACT

The study's primary focus was on the Andrés Avelino Cáceres neighborhood in Ayacucho's area, where researchers hoped to develop a firm pavement recipe utilizing recycled concrete. It is a quantitative strategy, an applied strategy, an explanatory strategy, and an experimental strategy. Zero, twenty-five, fifty, seventy-five-, and one-hundred percent RCD aggregate was used as the coarse aggregate in concrete briquettes, with fine aggregate consisting of crushed stone and coarse sand. According to the findings, aggregates containing varying amounts of RCD all have granulometry that is in accordance with Huso 67 of NTP 400.037; the maximum nominal size of the coarse aggregate is 3/4"; the abrasion resistance of the coarse aggregate showed that it has abrasion wear levels between 20.80 % and 26.14 %; the unit weight of the concrete is within the values of 2240 and 2460 Kg/m<sup>3</sup>; the air content does not exceed 2 %; the temperature does not exceed 32 °C for the different recycled concrete designs; the slump varies between 3.5 to 3.8 cm; the compressive strength of the concrete  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  at 28 days complies with the regulations for 100 % crushed stone and for 25 % RCD with 75 % crushed stone. In conclusion, The Andrés Avelino Cáceres neighborhood in the Ayacucho area has a recycled concrete (RCD) pavement with a 25% RCD aggregate, 75% crushed stone (CA), and 5% coarse sand (FS) composition, allows for achieving acceptable values for the physical and mechanical properties of concrete  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Also, the reduction in nonconforming compressive strength values is a result of an increase in the percentages of RCD from 50%, 75%, and 100%.

**Keywords:** RCD aggregates, recycled concrete, physical properties of concrete, abrasion resistance, compressive strength.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente, vivimos un problema de sobreexplotación de agregados naturales debido a la gran cantidad de construcciones y obras que tienen como base al concreto, ya sea para realizar edificaciones, puentes, pavimentos u otros. Por otra parte, estas obras al cumplir su ciclo de vida o por fenómenos naturales sufren deterioros, demandando así la renovación o mantenimiento, esto produce residuos que por lo general son arrojados en lugar no autorizados o inadecuados generando contaminación del medio ambiente.

Frente a ello, se hace necesario contar con estrategias y normas que orienten la reducción de estos agentes contaminantes para el medio ambiente. La reutilización de escombros de construcción y demolición se está convirtiendo en una opción cada vez más realista; por lo que, para garantizar que estos permitan formular concretos con niveles adecuados de resistencia es necesario realizar diferentes análisis como la granulometría, de las cualidades mecánicas del hormigón y de las propiedades físicas de los áridos RCD. Este estudio, entonces, puede verse como una recomendación de cómo crear hormigón reciclado utilizando una cantidad adecuada de residuos de pavimento rígido, con parámetros que cumplan con las leyes existentes y permitan una disminución de la contaminación ambiental.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. Descripción del problema**

La industria de la construcción en su conjunto se ha visto arrastrada por la ola del progreso global y la innovación técnica; aunque algunas culturas se han configurado más que otras, todas han ido construyendo hacia un nivel de vida más alto. Por lo tanto, dado que moviliza recursos sustanciales, crea oportunidades de empleo tanto directas como indirectas y hace contribuciones significativas a la producción de capital en una amplia gama de naciones, es lógico que la importancia de este sector sea universal en todas las economías nacionales. (Ortega, 2014).

Debido a su versatilidad, el concreto se usa en la construcción de una amplia variedad de estructuras, incluidas casas, hospitales, escuelas, oficinas, campos deportivos y pasarelas, De acuerdo con el Consejo Empresarial Global para el Desarrollo Sostenible. La durabilidad del concreto se configura cientos de años ya que es extremadamente perdurable. Sin embargo, se tiene que las necesidades humanas son bastante variables, se van modificando en el tiempo y ello da pie a la generación de residuos o desechos; por ejemplo, contando solamente Europa, EE.UU. y Japón generan más de 900 millones de toneladas anuales. Bajo este escenario podemos decir que el concreto puede ser recuperado, y la pregunta surge ¿cómo? El hormigón triturado se puede utilizar como material de construcción en proyectos posteriores. (Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible, 2009).

Los desafíos asociados a la acumulación de residuos de demolición y construcción en América del Sur (RCD) resultan más crítica ya que la gestión para la disposición final de los RCD no es eficiente, más aún que la legislación viene siendo incipiente. La investigación realizada en Bogotá señaló que la acumulación de escombros de modernización de C&D, M&R y RCD es un problema importante en áreas densamente pobladas, pues este al no existir una gestión y control para su disposición final empeora el problema de la contaminación, el impacto-socio-ambiental y económico. Los residuos originados en el proceso de construcción, denominados también escombros representan el 60 % de residuos sólidos de las ciudades y se incrementan a razón de 4 %, esto genera un impacto negativo para sociedad y el ambiente. En base a lo anterior urge la ejecución de acciones que reduzcan los impactos negativos como la formulación de propuestas de procesos de reciclaje y hacerlas operativas con recursos básicos, reforzadas mediante la estimación y proyección de uso de tecnologías para minimizar el volumen de los residuos sólidos en su destino final (Chávez et al., 2013).

En un análisis bastante interesante al comparar los aspectos técnicos de las normas referentes a los RCD en España y América Latina, tomando como referencia a los países de Chile, Colombia, Brasil, Venezuela, México y Argentina. Este estudio afirma que, en las dos últimas décadas, la promulgación de leyes y normas relativas a los RCD aún son rudimentarias en Latinoamérica. Entonces tenemos que España se configura como el pionero de los considerados en establecer orientaciones y especificaciones técnicas para la gestión del RCD, en torno al resto de países sólo Brasil (2002) y México (2003) han dictado normativa de alcance nacional, sin embargo, no cuentan con especificaciones técnicas especiales para los RCD. En el resto de los países se dictan ordenanzas municipales, por iniciativa de las autoridades locales o por necesidad de regular la disposición y control de RCD. Por otra parte, sólo España y México después de analizar el problema de los RCD han determinado objetivos y metas cuantitativas con especial atención en el reciclaje, con mayor nivel de exigencia en las metas por parte de España. Por lo tanto, la cooperación internacional en términos de financiamiento y experiencia técnica es crucial, en vista de que ayuda a los países emergentes a expandir sus esferas de influencia al promover el establecimiento de redes para el intercambio de información científica y técnica (Mercante et al., 2009).

En el presente escenario, la producción nacional menguó en un 0,98 % en enero de 2021, pero el sector construcción registró un incremento de 15,22 % (INEI, 2021), generando de esta manera un aumento significativo de residuos a partir de la ejecución de obras civiles. Estos residuos sólidos actualmente están siendo subutilizados, lo que genera preocupaciones sociales, ambientales y económicas; por ello, es de vital importancia brindar soluciones para el manejo de esta basura, manejo tanto dentro como fuera de una obra civil.

Es más probable que el pavimento rígido se deteriore en nuestro entorno, lo que lleva a las autoridades a supervisar la construcción de un nuevo pavimento convencional sin reconocer ni preocuparse de que hacerlo requeriría el uso extensivo de recursos naturales escasos.

También es motivo de preocupación el hecho de que los RCD acaben en rellenos sanitarios no regulados (comúnmente conocidos como "vertederos") sin ningún tipo de separación, ya que estos lugares pueden albergar residuos peligrosos que pueden contaminar el medio ambiente circundante (incluyendo el agua, el suelo y el aire). Continuar por este camino sería tirar por la borda un recurso potencialmente útil. Como solución, el estudio sugiere formular y quizás usar concreto reciclado en pavimento rígido.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es la formulación de pavimento rígido utilizando concreto reciclado del distrito de Andrés Avelino Cáceres, región Ayacucho?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cuál es la granulometría del agregado grueso de diferentes porcentajes de concreto reciclado para la formulación de pavimento rígido?
- ¿Cuál es el tamaño de agregado grueso empleado como componente del pavimento rígido a formular?
- ¿Cuál es la resistencia a la abrasión del agregado grueso de diferentes porcentajes de concreto reciclado?
- ¿Cuáles son las propiedades físicas del concreto reciclado del distrito de

Andrés Avelino Cáceres, región Ayacucho?

- ¿Cuál es la resistencia a la compresión del concreto formulado para pavimento rígido?
- ¿Cuál es el porcentaje de concreto reciclado para la formulación de pavimento rígido?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Formular pavimento rígido utilizando concreto reciclado del distrito de Andrés Avelino Cáceres, región Ayacucho.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Determinar la granulometría del agregado grueso de diferentes porcentajes de concreto reciclado para la formulación de pavimento rígido.
- Determinar el tamaño de agregado grueso empleado como componente del pavimento rígido a formular.
- Determinar la resistencia a la abrasión del agregado grueso de diferentes porcentajes de concreto reciclado.
- Determinar las propiedades físicas del concreto reciclado del distrito de Andrés Avelino Cáceres, región Ayacucho.
- Establecer la resistencia a la compresión del concreto formulado para pavimento rígido.
- Determinar el porcentaje de concreto reciclado para la formulación de pavimento rígido.

### **1.4. Justificación del problema**

De acuerdo con el análisis de la Iniciativa para el Cemento Sostenible, anualmente se originan 900 millones de toneladas de escombros de demolición y construcción, Estados Unidos, Japón y varias naciones europeas descartan la mayor parte del concreto.

De acuerdo con Sakai, investigador de la Universidad de Kagawa en la nación de Japón, recomienda que los profesionales de la construcción deben buscar nuevos materiales o alternativas para diseñar estructuras duraderas e integrales. Pues es importante utilizar nuevas estrategias para conservar el medio ambiente, una medida que contribuye a dicha causa es la reutilización de residuos de concreto o reciclarlos (Vasconcelos, 2010).

Siguiendo el ejemplo del Reino Unido, quienes buscaron construir los estadios deportivos de los Juegos Olímpicos de Londres 2012 con materiales reciclados, como hicieron los británicos. Al igual que Japón, recicla materiales de la construcción de carreteras en hormigón. Los métodos de recuperación RCD se utilizan en los EE. UU., Alemania, Australia, Bélgica, los Países Bajos y los Emiratos Árabes Unidos (Vasconcelos, 2010). Esta investigación se justifica porque hace una recomendación de política que nuestra nación debe apoyar y promover: el uso de residuos de pavimento rígido en la formulación de concreto, otro método para reducir la contaminación de las obras de construcción es la gestión y el estudio de estrategias de reutilización de RCD.

La investigación se justifica en el ámbito teórico porque se fundamenta en estudios anteriores sobre el concreto reciclado, lo que es denominado por los especialistas concreto sustentable, definido como el formado por agregados reciclados que pueden sustituir de manera parcial o total a los agregados naturales previo tratamiento como cribado, triturado y proceso de mezcla para ser usado en el nuevo concreto.

La investigación se justifica en el ámbito práctico, por la razón de que a pesar que el Perú cuenta con muchos recursos naturales, es necesario hacer uso de estos con responsabilidad y de manera razonable, con mayor razón si fueron usados para la elaboración de concreto, los cuales pasan a convertirse en desechos contaminantes y perjudiciales para la naturaleza; en esa línea los resultados de esta investigación constituyen una propuesta para su reducción en forma práctica teniendo en cuenta la normatividad correspondiente.

A nivel social, es justificable debido a las enormes cantidades de basura producida por la urbanización y la deconstrucción de estructuras que han dejado de ser útiles o necesitan renovación, así, la preocupación por el medio ambiente en beneficio de la

sociedad se manifiesta mediante el desarrollo de hormigón reciclado que cumple con los parámetros de calidad exigidos por las leyes de edificación y construcción de carreteras.

A nivel metodológico la investigación se sustenta por la importancia de contar con técnicas, procesos y en general alternativas que favorezcan la reducción de costos y uso de recursos naturales, logrando que estas obras sean amigables con la naturaleza. El estudio es práctico ya que utiliza remanentes de pavimento duro como materia prima en la fabricación de hormigón, lo que disminuye la influencia negativa sobre el medio ambiente y ayuda a preservarlo.

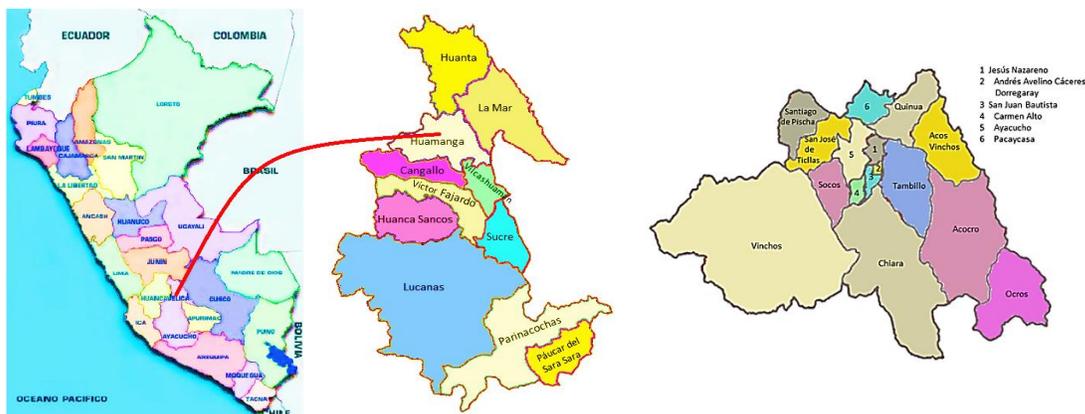
## 1.5. Delimitación del problema

### 1.5.1. Delimitación espacial

Como se puede observar en la Figura 1, los estudios se realizaron a nivel de laboratorio en el distrito Andrés Avelino Cáceres de la provincia de Huamanga en la zona de Ayacucho.

**Figura 1**

*Mapa del departamento de Ayacucho y el distrito de Andrés Avelino Cáceres*



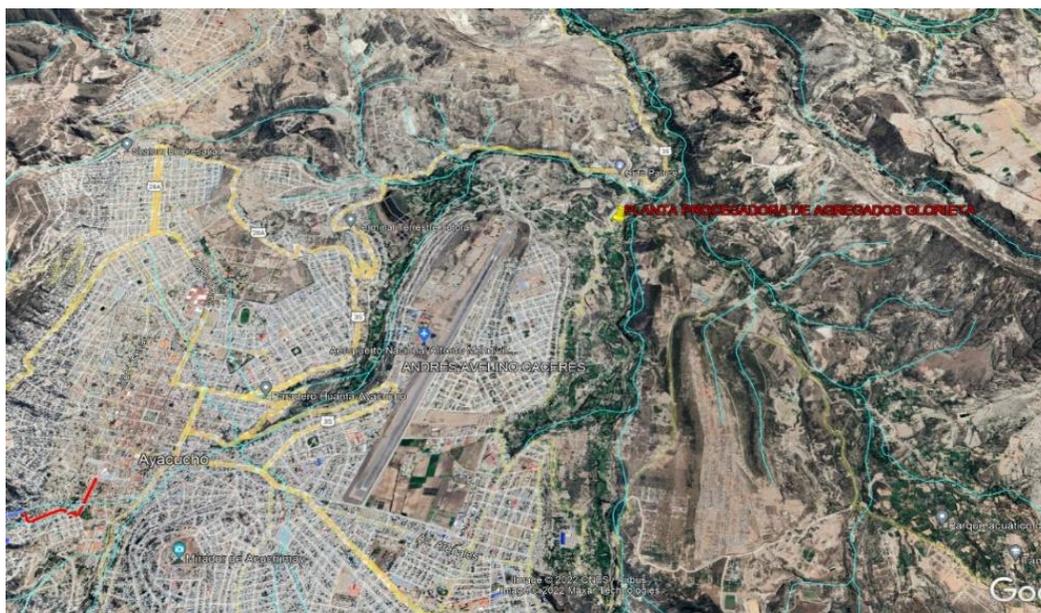
Fuente: Municipalidad Provincial de Huamanga (2019)

El distrito de Andrés Avelino Cáceres se ubica en las coordenadas geográficas: 13° 09' 42" LS, y 74° 12' 38" LO y se encuentra a 2734 m.s.n.m. de altitud (Municipalidad Provincial de Huamanga, 2019). Cabe mencionar que se realizaron análisis en el laboratorio de metrología Metrotest E.I.R.L. y en estudio de mecánica de los suelos, concreto y asfalto JKEMSCA.

En la investigación se utilizaron materiales de la cantera Río Huatatas en el barrio Andrés Avelino Cáceres de Huamanga, la cual se realizó con agregados suministrados por la Fábrica de Procesamiento de Agregados "Glorieta".

## Figura 2

*Localización de la Planta Procesadora de Agregados "Glorieta"*



Fuente: Google Maps (s. f.)

La figura 3 muestra los cuatro botaderos de residuos de pavimentos rígido, donde se observa mayores índices de contaminación, estas zonas son las Áreas RCD N° 1 sector Mollepata, N° 2 sector Totorá, N° 3 el sector Yanama y el N° 4 Huatatas.

**Figura 3**

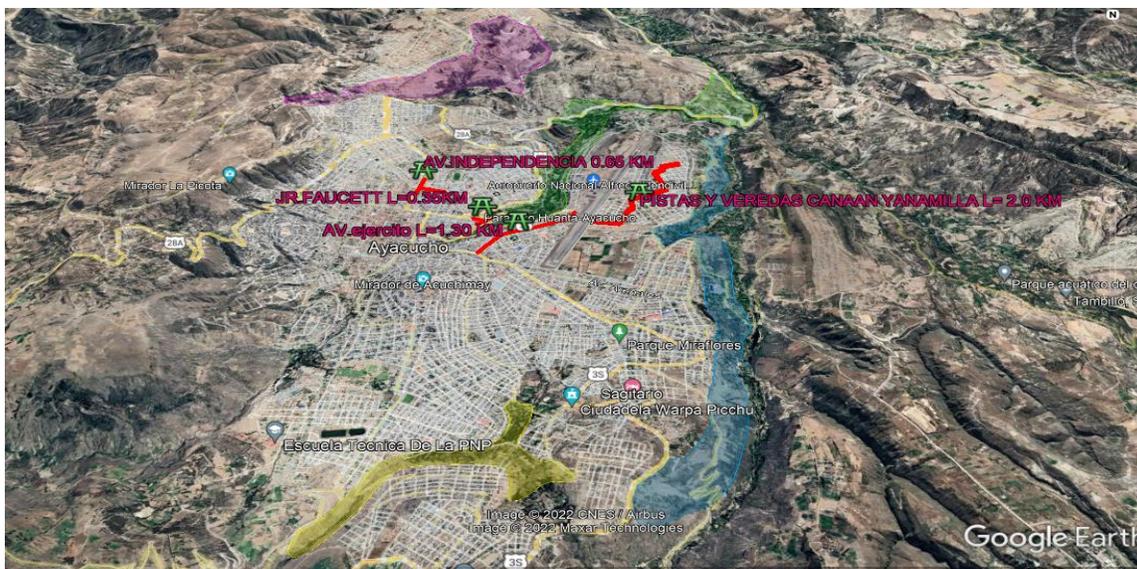
*Localización de botaderos de RCD en la Provincia de Huamanga.*



Fuente: Google Earth (2021)

**Figura 4**

*Concreto reciclado en el Distrito de Andrés Avelino Cáceres Provincia de Huamanga.*



Fuente: Google Earth (2021)

En el estudio se consideró los proyectos de pavimentación utilizando concreto reciclado, los cuales fueron, los pavimentos rígidos de Canaán-Yanamilla y la Av. el Ejército del Distrito Andrés Avelino Cáceres de la Provincia de Huamanga cuyas localizaciones se aprecia en la figura 4.

### **1.5.2. Delimitación temporal**

La duración del estudio que comprende la preparación de materiales y equipo de laboratorio para los ensayos, obtención de las muestras, pruebas experimentales, procesamiento, análisis y discusión de resultados, elaboración del informe final fue de 5 meses.

## **1.6. Hipótesis**

### **1.6.1. Hipótesis general**

La formulación del pavimento rígido es adecuada usando concreto reciclado del distrito de Andrés Avelino Cáceres de la región Ayacucho.

### **1.6.2. Hipótesis específicas**

- La granulometría del agregado grueso de los diferentes porcentajes de concreto reciclado cumple con las especificaciones normadas.
- Los tamaños de agregado grueso ofrecen una adecuada resistencia a la abrasión.
- El agregado grueso procedente de la demolición del pavimento rígido del distrito de Andrés Avelino Cáceres, región Ayacucho tiene propiedades físicas adecuadas.
- A porcentaje de concreto reciclado mayores del 70 % para la formulación de pavimento rígido disminuye la resistencia a la abrasión.
- La resistencia a la compresión del concreto usando agregado grueso proveniente de los residuos de demolición del pavimento rígido alcanza la resistencia deseada.
- En la formulación de pavimento rígido, a mayor porcentaje de concreto reciclado menor es la calidad de pavimento rígido.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes**

##### **2.1.1. Internacional**

Robayo et al. (2015) en su investigación analizan la situación de la ciudad de Cali para proponer acciones en la gestión de los RCD de manera integral, concluyen que no existe integración a nivel nacional ni a nivel de municipios para la gestión de RCD; asimismo, reconocen que es imprescindible realizar investigaciones que brinden soporte técnico y científico para la formulación de leyes que regulen el uso de materiales residuales de construcciones para aprovechar los materiales RCD; las normas establecen los procedimientos para el tratamiento adecuado de RCD para su reutilización, de tal manera que alcancen los estándares de calidad exigidos para el concreto; afirman que realizar un aprovechamiento adecuado de los RCD permitirá que las personas que trabajan con estos materiales también se vean beneficiadas.

Gómez y López (2014) en su investigación, encontraron que los jardines comunitarios multifuncionales en Altos de la Estancia, un barrio de Ciudad Bolívar–Bogotá, D.C., hacían un excelente uso de los desechos orgánicos putrescibles que se recolectaban allí. Para lo cual emplean una metodología descriptiva donde explican cómo obtener el diseño de la huerta, mostrando e identificando cada proceso para la implementación de un método participativo. Los principales resultados que obtuvieron son que por semana los residuos orgánicos llegan a 41,33 kg y que las pilas en sistemas abiertos optimizan la

producción de compost. El tipo de técnica no influye en la calidad ni en la producción de vermicompost.

Contreras (2012) su estudio se enfocan en encontrar formas de modificar la tecnología de concreto existente para que los agregados derivados de edificios demolidos puedan usarse para crear concreto resistente  $210 \text{ kg/cm}^2$ . Se realizaron visitas al sitio de construcción para recolectar materiales de desecho para clasificarlos antes de que se diseñara la combinación; una vez seleccionado y clasificado los RCD fueron sometidos a trituración mediante técnicas diferentes para obtener el agregado para el concreto; revisó estudios internacionales sobre los criterios de aplicabilidad de la tecnología para la formulación del concreto de acuerdo a las normas técnicas; realizó la sustitución con agregado reciclado 0, 20, 40, 60, 80 y 100 %. Las conclusiones de su estudio fueron que los ensayos de los agregados mostraron un comportamiento similar a los agregados naturales. El análisis granulométrico de los agregados gruesos es necesario para el diseño de mezclas; Las pruebas de resistencia a la compresión y a la flexión indicaron que se puede usar un 40 % de agregado reciclado para producir concreto con valores de resistencia que, en algunas circunstancias, superaron los del concreto hecho con agregados totalmente naturales.

### **2.1.2. Nacional**

Huisa (2015) desarrolló una investigación para determinar estrategias adecuadas para reciclar materiales procedentes de construcciones de vías antiguas para su reutilización en construcciones nuevas en la ciudad de Juliaca. El muestreo se realizó mediante la excavación de pozos de sondeo dentro del óvalo de Pedro Vilcapaza en la Av. Circunvalación para evaluar las propiedades mecánicas y físicas del material de la subrasante; usó el 30 % de agregado de cantera de Taparachi logrando mejorar sus características mecánicas; en la elaboración de la mezcla se incluyeron suelos de la cantera antes mencionada, asfalto quebrado de mezclas abandonadas (a razón del 3%, 5% y 10%) y árido reciclado (a razón del 30% y 50%). El uso de agregados naturales en la producción de concreto estructural con una resistencia de  $210 \text{ kg/cm}^2$  demostró que se pueden mejorar las cualidades mecánicas de los suelos base y subbase. El uso de residuos de mezcla asfáltica como aditivo para el suelo de base mejora las características mecánicas del suelo; es posible el uso de agregado reciclados provenientes de losas de concreto de pavimentos

antiguos para la formulación de nuevos pavimentos rígidos logrando niveles aceptables dentro de los estándares de calidad para el concreto.

Tarazona (2018) su estudio examina las propiedades mecánicas y físicas de los agregados gruesos en los residuos del pavimento rígido para emplearlos como agregado grueso en la formulación de concreto fresco. Para ello, realiza ensayos de las cualidades físicas y mecánicas del hormigón en estado endurecido y fresco, comparando los resultados con los del hormigón estándar elaborado con áridos naturales. El pavimento reciclado pasó por muchos pasos para adquirir un tamaño de agregado grueso adecuado  $\frac{1}{2}$ ",  $\frac{3}{4}$ " y 1"; Se encontró que eran apropiados para el diseño de la mezcla después de someterse a pruebas de granulometría, humedad, contenido de aire, peso unitario, gravedad específica, peso específico, absorción y abrasión, diseñó concreto con resistencia  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  con los tamaños de agregado  $\frac{1}{2}$ ",  $\frac{3}{4}$ " y 1" usando 20%, 40% y 60% de agregado reciclado en cada uno de los cuatro grupos distintos. De acuerdo con la información resultante de los ensayos realizados sobre hormigón fresco y envejecido, la concentración máxima de árido grueso que se puede utilizar para fabricar hormigón nuevo de la calidad necesaria es del 40%, Siempre que el hormigón no esté sujeto a acciones de desgaste, se pueden utilizar áridos reciclados. Aunque se determinó que se necesitaría gastar más dinero en el procesamiento de agregados recuperados para que se puedan usar en el diseño de mezclas de concreto, se consideró que esto era una compensación justa a la luz de la reducción de la contaminación que puede resultar del reciclaje de desechos de concreto. pavimentación.

Castañeda y Vásquez (2014) adoquines de hormigón utilizando hormigón reciclado triturado en lugar de agregados naturales de diferentes tamaños para crear tamaños de 20x10x6 cm y 20x10x8 cm, respectivamente, para explorar la viabilidad de emplear hormigón reciclado en esta aplicación, se probaron las cualidades mecánicas del hormigón para garantizar que estuvieran a la altura de las especificaciones. De acuerdo con los hallazgos, hasta el 70 % de agregado fino y el 70 % de agregado grueso en los adoquines de 20x10x6 cm pueden provenir de concreto reciclado, lo que demuestra su viabilidad en la industria de fabricación de adoquines de concreto, no obstante, sólo se podrá sustituir el árido fino (70%) por material reciclado en adoquines de 20x10x8 cm; el árido grueso de cantera debe conservarse en su totalidad.

### 2.1.3. Local

El repositorio institucional de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga no incluye referencias preexistentes al concreto reciclado, de ello se deduce que no ha habido una investigación previa localizada..

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Residuos sólidos

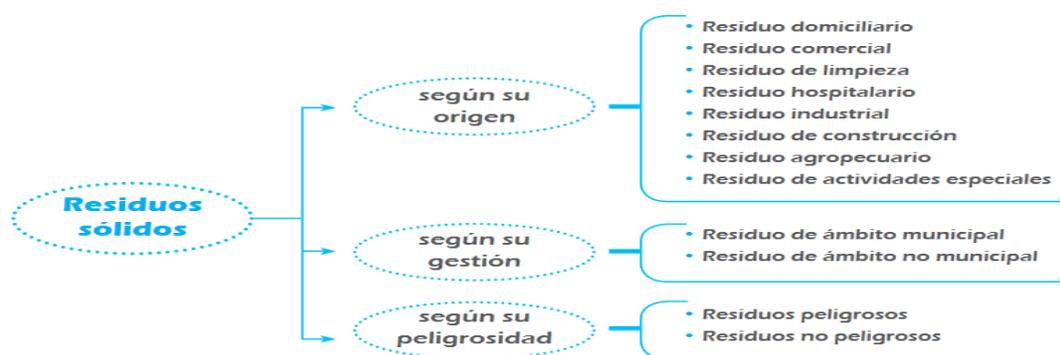
Tal como lo definen las normas nacionales o para mitigar amenazas potenciales a la salud humana así como para el medio ambiente, este término se refiere a cualquier sustancia, producto o subproducto sólido o semisólido en su generador tenga o esté obligado a controlar. El término tiene en cuenta tanto la basura hecha por el hombre como la basura causada por desastres naturales (Ministerio del Ambiente, 2012).

#### 2.2.1.1. Clasificación de los residuos sólidos

De acuerdo con la Ley N° 27314 que se convirtió en la Ley General de Residuos Sólidos, especifica que los residuos sólidos se clasifican de acuerdo con su fuente, manejo y potencial de peligrosidad, como se aprecia en el diagrama adjunto.

**Figura 5**

*Clasificación de los residuos sólidos*



Fuente: Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (2009)

### **2.2.2. Pavimento rígido**

El hormigón, o piedra artificial, se describe como una sustancia hecha de cemento, agregados, agua y aire. A pesar de su aparente simplicidad, el hormigón es bastante complicado (Cottier, 2019). Es un material resistente, tiene parecido a las rocas resultado de una mezcla adecuado entre cemento, agregados y agua de ser necesario se incorpora aire hasta aditivos. En el que las partículas de árido se unen químicamente por la reacción del cemento y el agua, dando como resultado una masa sólida (Ortega, 2014).

El hormigón es una sustancia dura creada mediante la combinación de agua, cemento, partículas gruesas o finas y, en ocasiones, aditivos. El cemento, el agua y los agregados en esta combinación forman una reacción química que hace que el material se endurezca con el tiempo. Una resistencia a la tracción inferior a la resistencia a la compresión es indicativa de la naturaleza frágil del material. Cuyo tamaño depende de factores como la relación agua-cemento, los materiales utilizados, los métodos de curado utilizados, el calibre del trabajo realizado, etc. Los beneficios del hormigón se pueden ver en su "comportamiento y trabajabilidad de la mezcla" durante la fabricación, lo que le permite adaptarse a cualquier molde (Montoya, 2017).

### **2.2.3. Tipos de concreto**

#### **2.2.3.1. Concreto simple**

Dependiendo de la dosificación, se añade a la mezcla un elemento llamado a modificar el comportamiento final del hormigón junto con el árido grueso y fino, el cemento y el agua (Díaz, 2019).

#### **2.2.3.2. Concreto armado**

Es el resultado de colocar barras de acero de construcción al concreto y en caso de alcanzar mayor edad en estado endurecido, actúa como una sola unidad.

Además del desempeño, también se requieren "componentes estructurales que cumplan con los esfuerzos de flexo-compresión" o "elementos estructurales que funcionen simultáneamente con la compresión y la tracción" (Díaz, 2019).

### **2.2.3.3. Concreto ciclópeo**

Es el resultado de agregar piedra empleado en la construcción al concreto simple, la razón de este proceso es de aumentar su volumen y por ende reducir el costo inmerso en él, sin que ello involucre la variación de su resistencia. Las piedras utilizadas en estos hormigones deben cumplir con las siguientes especificaciones ya que se utilizan en obras con requerimientos técnicos mínimos: Máximo 8" de diámetro; "la resistencia a la compresión en el concreto debe ser suficiente, y también debe proporcionar estabilidad química para no interrumpir los procesos de fraguado" (Díaz, 2019).

### **2.2.3.4. Concreto prefabricado**

El concreto prefabricado corresponde al grupo de material constructivo que se obtiene al mezclar, vaciar y curado de concreto en moldes de una determinada geometría en decir, el hormigón prefabricado, que puede ser estructural o arquitectónico, se utiliza en la construcción de una variedad de estructuras después de que sus componentes han sido procesados hasta el punto en que son suficientemente resistentes a su manipulación. Cuando se trata de la mayoría de las aplicaciones de construcción estándar, este tipo de hormigón puede ser reforzado o pretensado (Martínez, 2017).

### **2.2.4. Propiedades del concreto endurecido**

El control de sus componentes para el uso en una determinada construcción es crucial ya que las características del hormigón tienden a variar mucho dependiendo de las variables agregadas. Además, se puede medir un beneficio económico al usar concreto con las cualidades precisas requeridas (IMCYC, 2004).

El comportamiento del hormigón endurecido está influenciado por sus muchas cualidades, lo cual se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 1***Propiedades de concreto endurecido*

| <b>Características del concreto endurecido</b> | <b>Propiedades</b>          | <b>Concepción</b>   | <b>Factores que influyen</b>  |
|--|-----------------------------|---|---|
| Características físico - química               | Impermeabilidad             | La resistencia del hormigón a la penetración del agua.  | Finura del cemento<br>Cantidad de agua<br>Compacidad  |
|  | Durabilidad                 | Resiliencia natural; la capacidad de resistir el desgaste de cosas como la intemperie, el ataque químico y la abrasión. | Sales<br>Calor<br>Agente contaminante<br>Humedad  |
|  | Resistencia térmica         | Resistencia del hormigón a los cambios de temperatura.  | Bajas temperaturas<br>Hielo / deshielo<br>Altas temperaturas >300 °C  |
| Características Mecánicas                      | Resistencia a la compresión | Esfuerzo de aplastamiento máximo "que soporta el hormigón bajo".  | Relación A/C<br>Edad del concreto<br>Contenido de aire<br>Contenido de Cemento<br>El papel del tamaño del agregado, el tiempo de curado y el tamaño máximo del agregado                   |
|  | Resistencia a la flexión    | El esfuerzo de flexión más alto que una viga puede soportar antes de romperse.  | Relación A/C<br>Los mayores factores posibles del concreto endurecido, curado y reforzado con fibra incluyen el efecto agregado, el contenido de cemento, el contenido de aire y la edad. |

Fuente: Torre (2004)

Profundizaremos un poco más en el atributo de resistencia a la compresión ya que destaca entre los demás para su estudio.

#### **2.2.4.1. Resistencia a la compresión**

La resistencia a la compresión de un concreto, en su forma más básica, es su propiedad mecánica más crucial. La prueba de esto se encuentra mediante procedimientos estándar de análisis de muestras (Quiroz & Salamanca, 2006).

Dado que los ensayos de compresión solo pueden realizarse sobre hormigón endurecido, deben realizarse sobre muestras obtenidas durante el proceso de mezcla después del curado. (Abanto, 2009).

Por conveniencia de la prueba y dado que un aumento en esta resistencia a menudo resulta en una mejora en las cualidades del concreto, se ejerce mucha presión sobre ellos. Además, el mayor peso por unidad de área que puede soportar un testigo antes de que se revelen las fallas de compresión es la resistencia a la compresión del hormigón (fisuras, roturas). A los 28 días, el hormigón ha alcanzado su máxima resistencia a la compresión ( $f'c$ ) (Abanto, 2009).

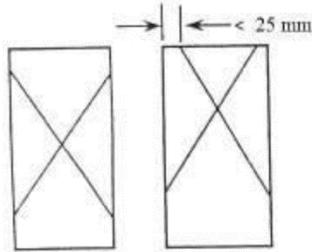
#### **2.2.4.2. Tipos de falla en los especímenes**

En una prueba de resistencia a la compresión, esto ocurre cuando el indicador de carga muestra una disminución continua y el testigo ve un patrón de fractura evidente (INACAL, 2015).

A continuación, en la figura 6, vemos un desglose de las múltiples averías que pueden producirse.

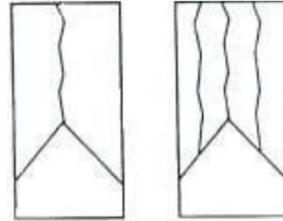
## Figura 6

### Esquema de los patrones de tipos de fallas



#### Tipo 1

Los conos están algo bien formados en ambos extremos, con fracturas de capa de menos de 25 milímetros de ancho.



#### Tipo 2

Cono perfectamente formado que descansa sobre una base ancha, con capas rotas verticalmente, cono con una base sin refinar en el lado opuesto.



#### Tipo 3

Separaciones en el plano vertical, columnas en ambos extremos y conos amorfos son todas características posibles.



#### Tipo 4

Esta es una fractura diagonal, no una fractura de base, y requiere golpes de martillo para diferenciarla del tipo I.



#### Tipo 5

No es raro que las capas incrustadas se agrieten "en el costado de las bases (superior o inferior).



#### Tipo 6

Como en "tipo 5, pero con el extremo cónico del cilindro enfatizado", etc.

Fuente: (INACAL, 2015)

## 2.2.5. Componentes o materiales del concreto

### 2.2.5.1. El cemento portland

La "característica de reaccionar lentamente al combinar agua, arena, piedra u otros elementos comparables" es lo que diferencia al cemento Portland de otros tipos de cemento, el cemento está compuesto principalmente de Clinker cal aluminio fiero y sílice en proporciones determinadas finalmente esta es molido (Abanto, 2017).

El cemento es un compuesto con capacidades adhesivas y de cohesión, capaz de hacer factible unir piezas minerales para crear un todo compacto con durabilidad y resistencia (Sánchez, 2001).

### **2.2.5.2. El agua**

El agua es naturalmente segura para beber si está libre de organismos nocivos y productos químicos (aceite, ácidos, etc.) No se debe usar agua de mar porque estas producen patógenos como la eflorescencia en el mortero por efectos de las sales que contiene y posterior presencia de corrosión (San Bartolomé et al., 2018).

Con respecto a la durabilidad, maleabilidad y otras cualidades del producto final, el agua es un ingrediente crucial en la construcción del concreto. Además, enfatizamos que el agua utilizada en la preparación del concreto debe estar libre de contaminantes, incluidos " sales, álcalis, aceites, ácidos, material orgánico y otras sustancias químicas que pueden ser peligrosas para el concreto o" el acero (Abanto, 2017).

El cemento en el hormigón sufre reacciones químicas en presencia de agua, lo que acelera el proceso de endurecimiento y fraguado, formando un sólido con las partículas. (Sánchez, 2001).

El agua del concreto tiene un propósito en la reacción química entre la sustancia cementante y otros ingredientes.

- a) La formación del gel.
- b) Que el hormigón resultante tenga cualidades que:
  - Cuando está recién formado, mejora la usabilidad y el posicionamiento de este.
  - Ayudan al "proceso de curación y lo transforman en un producto con los rasgos y atributos necesarios" mientras se encuentran en la etapa endurecida (Pacheco, 2018).

### **2.2.5.3. Los agregados**

Los agregados son provienen de canteras y estas son explotadas y llevadas a moliendas y selección mediante tamizado de las rocas, las cuales están conformadas por uno o más minerales y estos minerales están clasificados de acuerdo a su composición química y mineralógica (García et al., 2019).

Se entiende por áridos un conjunto de partículas inorgánicas que se extraen de diferentes canteras utilizando criterios y procedimientos predeterminados, los cuales son seleccionados procesados y tamizados para el uso y la elaboración de concreto (Rivva, 2021).

El reglamento las define como "partículas de origen artificial o natural que pueden ser manipuladas o procesadas y cuyo tamaño varía dentro de los límites prescritos por" las normas (INDECOPI, 2018).

En cuanto al "concreto" De acuerdo con la revista educativa "Arquitectura21" señala que "60% a 75% del volumen de hormigón" (70% a 85% en peso) se componen de partículas finas y gruesas, tienen un gran impacto en las cualidades del concreto endurecido y fresco, la relación de mezcla y el costo del proyecto. La mayoría de los agregados finos tienen partículas de menos de 5 milímetros de tamaño, lo que los hace similares a la arena natural o la piedra partida (Arquitectura21, 2021).

#### **2.2.6. Clasificación de los agregados**

Una clasificación básica de agregados son los agregados finos y gruesos, pero cabe agregar que existen diversas formas que se exponen a continuación:

- Por su origen.
- Por el color.
- Por el tamaño de partícula.
- Por la forma de fragmentación.
- De acuerdo con su peso específico.
- Agregados reciclados (Garavito, 2020).

En base a lo anterior, describiremos la clasificación por tamaño de partícula ya que es la más conocida y por lo general las Normas Técnicas Peruanas la toman como referencia.

### 2.2.6.1. Agregado fino

Desechos que se pueden tamizar mediante una abertura de 9,5 mm, ya sea que hayan sido creados por desintegración natural o artificial (3/8")" (Ministerio de Vivienda, Saneamiento y Construcción, 2009).

Conforme con las pautas que se establecieron en el manual de prueba de materiales de MTC, el material fino se define como el que puede pasar mediante un tamiz con un orificio de 9,5 mm. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

Los tamices de 3/8" (9,51 mm) y el No. 200 tienen diferentes especificaciones para lo que constituye el agregado fino, aunque ambos pueden usarse en la construcción. El agregado fino se produce a partir de la desintegración artificial o natural de las rocas (74  $\mu$ m), la graduación debe ser utilizada dentro de los parámetros de la NTP 400.037 y la ASTM C33, ambas descritas en la Norma Técnica Peruana 400.011 (INDECOPI, 2018).

#### Figura 7

*Agregado fino*



Fuente: AGS (2018)

### 2.2.6.2. Agregado grueso

Los agregados gruesos se definen como "una grava o una mezcla de los mismos o un agregado triturado que consiste principalmente en partículas mayores de 5 mm", con un rango típico de 9,5 mm a 38 mm" (Arquitectura21, 2021). Los fragmentos de roca de menos de 4,75 milímetros (núm. 4) de tamaño, producidos por meteorización o trituración, se conocen como agregados. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2009).

Se dice que el agregado grueso puede ser compuesta por gravas, gravilla triturada, piedra desintegrada, reciclados de concreto triturado y escoria de alto horno de hierro. La grava tiende a mejorar la calidad y las características de adherencia al someter a un aplastamiento. Muchos estudios señalan que existe una baja resistencia a la flexión al mezclar gravas sin triturar. Es muy importante evitar en la mezcla gravas planas y alargadas porque estas debilitan el comportamiento estructural a su vez origina problemas de trabajabilidad asociados a la durabilidad (Guyer, 2020).

#### Figura 8

*Agregado grueso*



Fuente: Geotecnia ONLINE (2021)

Por otra parte, cabe mencionar que en algunos textos dentro de esta clasificación también se menciona al hormigón o también llamado agregado global, el cual describiremos a continuación:

### 2.2.6.3. Hormigón

Es una sustancia que se compone de grava y arena, se encuentra en la corteza terrestre en concentraciones variables y se utiliza tan pronto como se extrae. (Tecmaterialesbravo, 2015).

### 2.2.7. Propiedades físicas de los agregados

Esta sección se explicará más que nada con normas técnicas aplicadas en nuestro país.

#### 2.2.7.1. Granulometría

Describe cómo se distribuye el agregado en términos de tamaño. Usando los pasos descritos en NTP 400.012, puede calcular la masa de los componentes del agregado retenidos en cada tamiz para tener una idea en la distribución del tamaño de las partículas del agregado fino, grueso y global (INACAL, 2018a).

#### Figura 9

*Tamices superpuestos usados para el análisis granulométrico*



Fuente: Departamento de Mecánica Estructural (2009)

La granulometría, también conocida como análisis granulométrico, es el proceso de separar las partículas componentes de un agregado en fracciones De acuerdo con su tamaño para calcular las contribuciones relativas de cada fracción al peso total del agregado. En este método, el agregado se separa por tamaño utilizando mallas de

diferentes aberturas, lo que permite clasificarlos De acuerdo con el tamaño de agregado más grande presente en cada fracción. El peso retenido de cada tamaño de malla se informa como una fracción del tamaño total de la muestra. Estos indicadores se calculan de forma acumulativa y por tramos para cada malla, y con estos números finales se construye el gráfico granulométrico del material. (Departamento de Mecánica Estructural, 2009).

#### a) Granulometría del agregado fino

A continuación, presentamos la granulometría del agregado fino.

**Tabla 2**

*Granulometría del agregado fino*

| <b>Tamiz</b>    | <b>Porcentaje que pasa</b> |
|-----------------|----------------------------|
| 9,5 mm (3/8")   | 100                        |
| 4,75 mm (N° 4)  | 95 a 100                   |
| 2,36 mm (N° 8)  | 80 a 100                   |
| 1,18 mm (N° 16) | 50 a 85                    |
| 600 µm (N° 30)  | 25 a 60                    |
| 300 µm (N° 50)  | 05 a 30                    |
| 150 µm (N° 100) | 0 a 10                     |

Fuente: INACAL (2014)

El agregado fino, como se aprecia en la tabla anterior, debe tener un módulo de finura entre 2,3 y 3,1 y una inconsistencia máxima del 45 % entre dos tamaños de malla adyacentes. Los agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas aún pueden usarse, pero es esencial que se realicen estudios para garantizar que el material cree concreto con un grado suficiente de resistencia y cumpla con los criterios requeridos.

#### b) Granulometría del agregado grueso

La granulometría del agregado grueso debe cumplir con los requerimientos de los usos especificados a continuación.

**Tabla 3**

*Granulometría del agregado grueso*

| Huso | Tamaño máximo nominal                 | Porcentaje que pasa por los tamices normalizado |                  |                |                  |                |                    |                  |                  |                  |                 |                |                |                 |                |  |
|------|---------------------------------------|---|------------------|----------------|------------------|----------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|--|
|      |                                       | 100 mm (4 pulg)                                 | 90 mm (3 ½ pulg) | 75 mm (3 pulg) | 63 mm (2 ½ pulg) | 50 mm (2 pulg) | 37,5 mm (1 ½ pulg) | 25,0 mm (1 pulg) | 19,0 mm (¾ pulg) | 12,5 mm (½ pulg) | 9,5 mm (¾ pulg) | 4,75 mm (N° 4) | 2,36 mm (N° 8) | 1,18 mm (N° 16) | 300 µm (N° 50) |  |
| 1    | 90 mm a 37,5mm (3 ½ pulg a 1 ½ pulg)  | 100   | 90 a 100         | ...            | 25 a 60          | ...            | 0 a 15             | ...              | 0 a 5            | ...              | ...             | ...            | ...            | ...             | ...            |  |
| 2    | 63 mm a 37,5 mm (2 ½ pulg a 1 ½ pulg) | ...   | ...              | 100            | 90 a 100         | 35 a 70        | 0 a 15             | ...              | 0 a 5            | ...              | ...             | ...            | ...            | ...             | ...            |  |
| 3    | 50 mm a 25,0 mm (2 pulg a 1 pulg)     | ...   | ...              | ...            | 100              | 90 a 100       | 35 a 70            | 0 a 15           | ...              | 0 a 5            | ...             | ...            | ...            | ...             | ...            |  |
| 357  | 50 mm a 4,75 mm (2 pulg a No. 4)      | ...   | ...              | ...            | 100              | 95 a 100       | ...                | 35 a 70          | ...              | 10 a 30          | ...             | 0 a 5          | ...            | ...             | ...            |  |
| 4    | 37,5 mm a 19,0 mm (1 ½ pulg a ¾ pulg) | ...   | ...              | ...            | ...              | 100            | 90 a 100           | 20 a 55          | 0 a 5            | ...              | 0 a 5           | ...            | ...            | ...             | ...            |  |
| 467  | 37,5 mm a 4,75 mm (1 ½ pulg a No. 4)  | ...   | ...              | ...            | ...              | 100            | 95 a 100           | ...              | 35 a 70          | ...              | 10 a 30         | 0 a 5          | ...            | ...             | ...            |  |
| 5    | 25,0 mm a 12,5mm (1 pulg a ½ pulg)    | ...   | ...              | ...            | ...              | ...            | 100                | 90 a 100         | 20 a 55          | 0 a 10           | 0 a 5           | ...            | ...            | ...             | ...            |  |
| 56   | 25,0 mm a 9,5 mm (1 pulg a 3/8 pulg)  | ...   | ...              | ...            | ...              | ...            | 100                | 90 a 100         | 40 a 85          | 10 a 40          | 0 a 15          | 0 a 5          | ...            | ...             | ...            |  |
| 57   | 25,0 mm a 4,75mm (1 pulg a No. 4)     | ...   | ...              | ...            | ...              | ...            | 100                | 95 a 100         | ...              | 25 a 60          | ...             | 0 a 10         | 0 a 5          | ...             | ...            |  |

| Huso | Tamaño máximo nominal                | Porcentaje que pasa por los tamices normalizado |                  |                |                  |                |                    |                  |                  |                  |                 |                |                |                 |                |
|------|--------------------------------------|---|------------------|----------------|------------------|----------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|
|      |                                      | 100 mm (4 pulg)                                 | 90 mm (3 ½ pulg) | 75 mm (3 pulg) | 63 mm (2 ½ pulg) | 50 mm (2 pulg) | 37,5 mm (1 ½ pulg) | 25,0 mm (1 pulg) | 19,0 mm (¾ pulg) | 12,5 mm (½ pulg) | 9,5 mm (¾ pulg) | 4,75 mm (N° 4) | 2,36 mm (N° 8) | 1,18 mm (N° 16) | 300 µm (N° 50) |
| 6    | 19,0 mm a 9,5 mm (¾ pulg a 3/8 pulg) | ...   | ...              | ...            | ...              | ...            | ...                | 100              | 90 a 100         | 20 a 55          | 0 a 15          | 0 a 5          | ...            | ...             | ...            |
| 67   | 19,0 mm a 4 mm (¾ pulg a No. 4)      | ...   | ...              | ...            | ...              | ...            | ...                | 100              | 90 a 100         | ...              | 20 a 55         | 0 a 10         | 0 a 5          | ...             | ...            |
| 7    | 12,5 mm a 4,75 mm (½ pulg a No. 4)   | ...   | ...              | ...            | ...              | ...            | ...                | ...              | 100              | 90 a 100         | 40 a 70         | 0 a 15         | 0 a 5          | ...             | ...            |
| 8    | 9,5 mm a 2,36 mm (¾ pulg a No. 8)    | ...   | ...              | ...            | ...              | ...            | ...                | ...              | ...              | 100              | 85 a 100        | 10 a 30        | 0 a 10         | 0 a 5           | ...            |
| 89   | 12,5 mm a 9,5 mm (½ pulg a 3/8 pulg) | ...   | ...              | ...            | ...              | ...            | ...                | ...              | ...              | 100              | 90 a 100        | 20 a 55        | 5 a 30         | 0 a 10          | 0 a 5          |
| 9    | 4,75 mm a 1,18 mm (No. 4 a No. 16)   | ...   | ...              | ...            | ...              | ...            | ...                | ...              | ...              | ...              | 100             | 85 a 100       | 10 a 40        | 0 a 10          | 0 a 5          |

Fuente: INACAL (2014)

La resistencia mecánica de los agregados gruesos debe cumplir con los parámetros establecidos en la tabla 4.

**Tabla 4**

*Resistencia mecánica de los agregados gruesos*

| <b>Métodos alternativos</b>     | <b>No mayor que</b> |
|---------------------------------|---------------------|
| Abrasión (Método los Ángeles)   | 50 %                |
| Valor de impacto de rango (VIA) | 30 %                |

Fuente: INACAL (2014)

### **2.2.7.1. Curvas granulométricas**

Se utiliza para representar gráficamente la granulometría y brinda una perspectiva objetiva de la forma como están distribuidos los tamaños del agregado. Para lograr esto, se colocan los logaritmos de las aberturas del tamiz en las abscisas y las cantidades que pasan, o los complementos con respecto a 100, en las ordenadas. Estos últimos son los valores retenidos (INACAL, 2019).

En esta sección, analizamos el tamaño nominal más grande posible y el tamaño más grande posible de material que cabe mediante un tamaño de malla de 200.

#### **a) Tamaño máximo del agregado**

- b) La abertura de tamiz más pequeña que permite el paso de una cantidad total de agregado se utiliza para llevar a cabo los requisitos o caracterizar los agregados. (INACAL, 2019).

#### **c) Tamaño máximo nominal del agregado**

Para realizar las especificaciones o describir los agregados, se denomina así a la abertura inmediatamente superior al tamiz que retenga al agregado en una cantidad mayor o igual al 15 % (INACAL, 2019).

#### **d) Material que pasa la malla N° 200**

Es el suelo fino que pasa por el tamiz No. 200 – 74  $\mu\text{m}$ , generalmente está presente en forma de polvo o puede recubrir las partículas de agregado, a pesar de que tengan capas delgadas de limo o arcilla cubriéndolas, sin embargo, esto representa una amenaza ya que pueden romper la conexión de la pasta de cemento y el agregado, reduciendo la

resistencia y durabilidad de la mezcla. En caso de que la cantidad de los diferentes tipos de limo y arcilla sea excesiva, el agua requerida para la mezcla puede aumentar en forma considerable (Rivera, 2015).

La técnica de lavado con agua se puede utilizar para analizar la "cantidad de suciedad fina en el agregado", mediante la cual se elimina el revestimiento de la superficie del agregado y se cuenta el material fino que pasa mediante un tamiz estándar 74  $\mu\text{m}$  (N° 200) y su capacidad "para impedir el comportamiento de los morteros o hormigones en que pueda ser utilizado. Se requiere someter al árido a un "proceso húmedo" de sedimentación y tamizado para determinar su calidad (INACAL, 2002).

#### **2.2.7.2. Módulo de fineza**

La variación en este factor de índice es lo que distingue al agregado grueso del fino, que es una aproximación del factor de índice promedio de los agregados. El módulo de finura es una métrica utilizada para conocer la homogeneidad de un material, aunque no distingue entre tipos de granulometría para los áridos que se encuentran dentro de los rangos previstos por las normas correspondientes. El módulo de finura se encuentra sumando todas las fracciones de la malla original que se conservaron: 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100 divididos entre 100 (Abanto, 2017).

Es una medida para clasificar las piedras De acuerdo con estándares granulométricos. Después de pasar por una secuencia de tamices a un ritmo geométricamente creciente, el porcentaje retenido del agregado se cuenta y se divide por 100 para obtener el módulo de finura. 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100, dado que el módulo de finura es proporcional al tamaño, se puede utilizar para determinar si un agregado es grueso o fino. Con ese fin, el módulo de finura es una medida empírica que se puede usar para determinar aproximadamente qué tan fino o grueso es un material (Sanhueza, 2020).

El módulo de finura (FM) De acuerdo con la norma ASTM C 125, la proporción de agregado grueso o agregado fino se calcula sumando el porcentaje en peso de "agregados" que son retenidos en una secuencia específica de pantallas y dividiendo por 100. Las mallas que se usan para conocer el módulo de finura son la de 0,15 mm (No.100), 0,30 mm (No.50), 0,60 mm (No.30), 1,18 mm (No.16), 2.36 mm (No.8), 4.75 mm (No.4), 9,52 mm (3/8"), 19,05 mm (3/4"), 38,10 mm (1 1/2"), 76,20 mm (3"), y 152,40 mm (6"). Para agregados más gruesos, los valores más altos del módulo de finura son indicativos de un mayor grado de aspereza (SITECAL, 2016).

Es importante tener en cuenta que, los agregados pueden tener distinta granulometría, pero pueden tener el mismo módulo de finura. Usando el módulo de finura del agregado fino, podemos calcular cuánto de cada tipo de agregado se debe usar para formar el volumen total del concreto. Se utiliza un análisis de malla asumido para aclarar cómo calcular el módulo de finura de un agregado fino (SITECAL, 2016).

**Tabla 5**

*Cálculo del módulo de finura*

| Tamaño de la malla | Porcentaje de la fracción individual retenido, en peso | Porcentaje acumulado que pasa, en peso | Porcentaje acumulado retenida, en peso   |
|--------------------|--|--|--|
| 9,52 mm (3/8")     | 0  | 100                                    | 0  |
| 4,75 mm (No.4)     | 2  | 98                                     | 2  |
| 2,36 mm (No.8)     | 13   | 85                                     | 15                                       |
| 1,18 mm (No.16)    | 20   | 65                                     | 35                                       |
| 0,60 mm (No.30)    | 20   | 45                                     | 55                                       |
| 0,30 mm (No.50)    | 24   | 21                                     | 79                                       |
| 0,15 mm (No.100)   | 18   | 3                                      | 97                                       |
| Charola            | 3  | 0                                      | ---                                      |
|                    |  |  | <b>283</b>                               |
| <b>Total</b>       | <b>100</b>   |  | <b>Módulo de finura = 283/100 = 2,83</b> |

Fuente: SITECAL (2016).

Muchos materiales pueden usar este método; por otro lado, se sugiere que primero determine el módulo de finura del agregado fino y luego use ese número para categorizar el agregado usando los valores de la tabla 6 (Rivera, 2015).

**Tabla 6**

*Clasificación del agregado fino de acuerdo con el valor de módulo de finura*

| Módulo de finura | Agregado fino             |
|------------------|---------------------------|
| Menor que 2,00   | Muy fino o extra fino     |
| 2,00 – 2,30      | Fino                      |
| 2,30 – 2,60      | Ligeramente fino          |
| 2,60 – 2,90      | Mediano                   |
| 2,90 – 3,20      | Ligeramente grueso        |
| 3,20 – 3,50      | Grueso                    |
| Mayor que 3,50   | Muy grueso o extra grueso |

Fuente: Rivera (2015)

### **2.2.7.3. Densidad relativa**

En contraste con la "densidad relativa" (gravedad específica), que es la relación entre la densidad del material y la del agua destilada a cierta temperatura, la "densidad aparente" es la conexión dimensional de masa a volumen para la sección impermeable del agregado (INACAL, 2018b).

Las densidades se representan con mayor frecuencia en unidades SI, como kilogramos por metro cúbico o libras por pie cúbico, aunque también se pueden definir como la masa por unidad de volumen de un material (INACAL, 2018b).

De acuerdo con la NTP 400.021 consideran diversas definiciones de la densidad y para un mayor entendimiento la describiremos a continuación:

- Densidad (OD), después del secado en un horno, la relación masa-volumen de las partículas de agregado incluye el volumen de los poros (tanto la permeabilidad como la impermeabilidad) pero no el volumen del espacio intersticial.
- Densidad (SSD) incluye poros de partículas llenos de agua, espacios entre partículas y volúmenes de poros, pero no volúmenes vacíos de agregados secos.
- Densidad relativa (gravedad específica), (SSD) al contrastar la densidad agregada (SSD) con la del agua destilada a cierta temperatura, se puede determinar.
- La gravedad específica aparente (densidad relativa aparente) de un agregado se calcula dividiendo su densidad aparente por la densidad del agua destilada a cierta temperatura.

En conclusión, sabemos que la densidad, expresada en kg/m<sup>3</sup>, puede ser "de secado al horno (OD), seca superficialmente saturada (SSD) o densidad aparente, según el método empleado para determinarla. Solo con OD, SSD, y la densidad relativa aparente, la densidad relativa (gravedad específica) no tiene unidades inherentes (gravedad específica aparente). Se puede calcular la densidad OD y la densidad OD relativa de un agregado seco. Por otro lado, la densidad SSD, la densidad relativa SSD y la absorción pueden calcularse después de que haya pasado una cierta cantidad de tiempo mientras el agregado ha estado sumergido en agua.

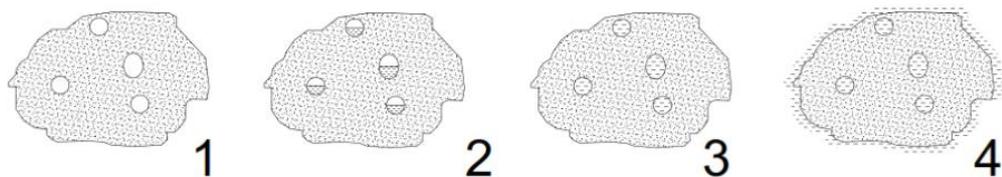
Con lo respecto a lo anterior, por lo general se trabaja con la gravedad específica por lo que es necesario hacer hincapié en ello.

#### 2.2.7.4. Gravedad específica

Con respecto a la densidad del agregado con respecto a la del agua ( $1000 \text{ kg/m}^3$ ). Sin embargo, dado que los agregados son porosos, el agua puede penetrar en sus capilares y convertirse en parte de los agregados cuando se usan para hacer concreto. Por lo tanto, la "definición de la gravedad específica considerando el volumen y peso del porcentaje de agua contenido en las partículas" debe considerarse cuidadosamente. El agua libre que queda en las superficies exteriores del agregado húmedo se tiene en cuenta al calcular la relación A/C del concreto, pero no la gravedad específica. Hay cuatro "cales" de agregados distintos que pueden identificarse por la cantidad de agua presente tanto dentro de los poros del agregado como en su superficie (figura 10) (Quiroz & Salamanca, 2006).

**Figura 10**

*Estado de saturación de los agregados*



*Nota.* 1. Seco (Secado al horno), 2. Parcialmente Saturado, 3. Saturado con la Superficie Seca (SSD); poros con contenido de agua y seco en la superficie, 4. Saturado húmedo en la superficie; poros con contenido de agua y húmedo en la superficie.

Fuente: Quiroz & Salamanca (2006).

#### 2.2.7.5. Peso específico

Es la relación entre la masa o peso del material en el aire y la del mismo volumen de agua a temperatura constante. Por lo tanto, no hay manera de medir estas cantidades (INACAL, 2018b).

También depende de "la cantidad de masa por unidad de volumen y el volumen de los poros", que se pueden encontrar tanto en agregados naturales como manufacturados. La Tabla 7 muestra las escalas resultantes que se pueden usar para categorizar el concreto como "ligero", "normal" o "pesado". (Rivera, 2015).

**Tabla 7***Clasificación de los agregados De acuerdo con su masa unitaria*

| Tipo de concreto | Masa unit. Aprox. Ccto. Kg/m <sup>3</sup> | Masa unit. Agregado Kg/m <sup>3</sup> | Ejemplo de utilización                                       | Ejemplo de agregado                  |
|------------------|---|---------------------------------------|--|--------------------------------------|
| Ultraligero      | 500-800                                   |                                       | Concreto para aislamiento                                    | Piedra pómez Ag. Ultraligero         |
| Ligero           | 950-1350                                  | 480-1040                              | Rellenos y mampostería no estructural                        | Perlita Ag. Ultraligero              |
|                  | 1450-1950                                 |                                       | Ccto. Estructural  |                                      |
| Normal           | 2250-2450                                 | 1300-1600                             | Ccto. Estructural y no estructural                           | Agregado de río o triturado          |
| Pesado           | 3000-5600                                 | 3400-7500                             | Concreto para proteger de radiación ganma ó X, y contrapesos | Hematita, barita, coridón, magnetita |

Fuente: Rivera (2015)

Cabe mencionar en este ítem de peso específico es necesario tener claro sobre los siguientes conceptos:

- **Peso específico aparente:** A temperatura constante, es el vínculo de la masa en aire de un metro cúbico de la porción impermeable del agregado a la de un metro cúbico de agua destilada desprovista de gas (INACAL, 2018b).
- **Peso específico de masa:** Específicamente, es el vínculo entre la "masa en aire de una unidad de volumen de agregado considerando tanto los poros permeables como los impermeables de las partículas" al volumen total del agregado, pero excluyendo los poros entre partículas", en relación con la densidad del agua destilada libre de gas del mismo volumen en el aire a una temperatura determinada (INACAL, 2018b).
- **Peso específico de masa saturado superficialmente seco (SSS):** Es el tiempo que se tarda en llenar los poros con agua desde que están sumergidos en agua durante unas 24 horas hasta su capacidad máxima en comparación con la cantidad de masa que hay en el aire, a la masa en el aire de un volumen particular de agua destilada sin gas, a una temperatura determinada, con la excepción de los espacios entre partículas individuales (INACAL, 2018b).

### **2.2.7.6. Absorción y humedad**

Según la definición del American Concrete Institute, la absorción es "la cantidad de agua requerida para saturar los agregados de concreto, representada como un porcentaje de la masa de los componentes secos". La estructura interior de las partículas de agregado consiste en sustancia sólida y poros o agujeros, y puede o no incluir agua (Rivera, 2015). Los agregados pueden tener cualquiera de las siguientes condiciones de humedad:

- Seco, todos los poros no contienen agua.
- Humedad media, con permeabilidad moderada y estado no saturado.
- Los materiales que están "saturados" y "superficialmente secos" (S.S.S.) tienen poros llenos de agua, pero una superficie seca.
- En un estado de sobresaturación, el agua llena no solo la superficie del material sino también sus poros (agua libre).

De acuerdo con las condiciones de humedad del agregado, debido a la saturación del agregado y la reacción del agua libre con el cemento, se puede agregar o quitar agua de la mezcla. Si la "humedad del agregado es mayor que la absorción", se dice que el material tiene agua libre y se agrega agua a la mezcla; si es menor que la tasa de absorción, el agregado extraerá agua de la mezcla hasta saturarla. Por eso es crucial tener estos parámetros grabados en piedra para que pueda determinar el contenido de agua de la mezcla sin alterar la relación agua-cemento (Rivera, 2015).

El agregado fino, por otro lado, se expande o hincha cuando está húmedo porque la humedad en su superficie evita que las partículas del agregado se adhieran entre sí.

A continuación, haremos referencia a algunos conceptos importantes en torno a la humedad y la absorción.

- a) Condiciones en obra:** Para establecer las proporciones del concreto, se asume que el agregado está completamente saturado y seco al tacto, en otras palabras, se cree que todos sus poros abiertos están llenos de agua y que está completamente desprovisto de humedad superficial, una situación que es ideal pero que rara vez ocurre en la actualidad. Por otro lado, el estado húmedo sobresaturado del agregado es más común en el uso real; por ejemplo, en árido recién lavado, en cualquier árido después de lluvia, etc. Si no se tiene en cuenta la humedad de la superficie del agregado, se pueden producir reducciones significativas en la resistividad del concreto.

Los agregados no pueden "absorber o ceder agua en el proceso de mezclado" si ya están saturados y tienen una superficie seca. Un agregado húmedo agrega demasiada agua al concreto, mientras que uno parcialmente seco elimina parte de ella. Por lo tanto, "el contenido de agua debe ajustarse, agregando o restando un porcentaje más de la dosis de agua indicada, para que el contenido de agua sea" suficiente (Abanto, 2017).

- b) Contenido de humedad:** La humedad, o contenido de humedad, se define como el porcentaje de una muestra de suelo que consiste en agua en relación con la masa total de las partículas del suelo (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).
- c) Absorción:** Es la proporción de agua necesaria para llevar un agregado de su condición seca a su estado aparentemente saturado (Abanto, 2017).
- d) Humedad superficial:** Se define como "la relación entre la tasa de absorción de humedad y el contenido de humedad total" (% a). A la luz de esto, podemos distinguir entre los dos escenarios siguientes:
  - Si  $\% \omega > \% a$ , el agua efectiva o neta se calcula restando la cantidad de agua utilizada en el diseño de la cantidad total de agua utilizada en la mezcla, que incluye el agua libre aportada por el árido.
  - Si  $\% \omega < \% a$ , esta cantidad de agua debe ser añadida a la mezcla para no comprometer la cantidad de agua en el diseño de la mezcla, ya que el árido absorbe agua de la mezcla (agua que necesita para llegar al perfecto estado) (Abanto, 2017).

#### **2.2.7.7. Peso unitario**

La masa de un agregado es igual al volumen requerido para llenar completamente el recipiente. Es importante tener en cuenta que el volumen de las partículas y los espacios entre ellas se incluyen en la unidad de masa final.

Ciertas técnicas de dosificación de mezclas producen una unidad de masa compactada, mientras que la unidad de masa suelta se utiliza para determinar la cantidad de agregados a vender o comprar si la transacción se realiza por volumen (volumen suelto). (Rivera, 2015).

### **2.2.7.8. Resistencia a la abrasión**

La frase "resistencia al desgaste" describe qué tan bien resiste un agregado bajo estrés, y a menudo se usa como un indicador de calidad cuando se elige un agregado para usar en concreto que estará sujeto a desgaste, como un pavimento rígido (Rivera, 2015).

### **2.2.8. Tipos de pavimentos**

Los pavimentos son construcciones hechas por el hombre que se construyen sobre capas de materiales fabricados que se han colocado sobre la topografía existente con la intención de que la subrasante soporte las cargas que se le imponen. Para simplificar las cosas, podemos clasificar los pavimentos como rígidos o flexibles (Parera, 2017).

#### **2.2.8.1. Pavimento flexible**

Este pavimento está compuesto por una capa asfáltica que se aplica encima de las capas denominadas base y sub-base (Parera, 2017).

#### **2.2.8.2. Pavimento rígido**

Este pavimento que se aplica por encima de la capa base, pero también puede aplicarse sobre la subrasante. Esta capa debe ser auto resistente y la cantidad de hormigón utilizada debe estar sujeta a regulación si se quiere que la fuerza aplicada se transmita al suelo directamente y con poca pérdida de energía (Departamento Nacional de Planeación, 2017).

Un "pavimento de hormigón" es una losa de hormigón, que descansa sobre una base o sub-base sin ningún otro soporte estructural, ya sea reforzado o no. Debido a su alto módulo de elasticidad y resistencia a la tracción, la losa de pavimento puede soportar las cargas que se le imponen, lo que lleva a una distribución de cargas que se convierte en los esfuerzos más bajos de la subrasante. En comparación con los pavimentos rígidos, las tensiones de la subrasante generadas por los pavimentos flexibles suelen ser mayores debido a la mayor distancia sobre la que deben transmitirse los esfuerzos (ALICARESP, 2019).

El pavimento rígido consta de tres capas: la subrasante, la subbase y la losa o superficie de rodadura.

- **Subrasante**, Luego de ser preparado y compactado, sirve como cimentación del pavimento. El soporte consistente de la subrasante es mucho más crucial, que tenga una gran capacidad de apoyo, para que esta capa pueda desempeñar su función de apoyo de manera aceptable y uniforme, sin variaciones bruscas en el valor del apoyo. Debido a esto, el suelo en expansión debe manejarse con precaución.
- **Subbase**, es la sección de un pavimento rígido que no es la losa rígida o la subrasante. Para evitar que se bombee suciedad de grano fino, puede incluir muchas capas de material "estabilizado o granular". Esta capa se debe colocar obligatoriamente cuando hay riesgo de bombeo por los niveles de combinación de suelo, agua y tráfico; estas condiciones frecuentemente se dan cuando se utiliza en vías principales y de tránsito pesado.
- **Losa**, como estos pavimentos no necesitan una capa base, la capacidad de carga de la losa es mayor que la de la subrasante, lo que le otorga el otro apodo de "superficie rodante". El hormigón hidráulico se utiliza por su rigidez y fuerte "elasticidad". Se utiliza hormigón de cemento Portland para hacer la losa. (Parera, 2017).

A continuación, se muestra algunas diferencias entre pavimento rígido y pavimento flexible:

**Tabla 8**

*Diferencias entre pavimento rígido y pavimento flexible*

| <b>Propiedades</b>     | <b>Pavimento Rígido</b>   | <b>Pavimento flexible</b>   |
|------------------------|---|---|
| Número de capas        | Máximo 2 capas  | Puede tener varias capas  |
| Absorción de esfuerzos | La losa absorbe todo el esfuerzo                                  | La mayor parte del esfuerzo se transmite al suelo   |
| Coste de construcción  | Mayor costo   | Menor costo   |
| Deformación            | Menor deformación   | Mayor deformación   |
| Vida en servicio       | Tienen mayor vida útil  | Tiene menor vida útil   |
| Coste de mantenimiento | Bajo costo de mantenimiento                                       | Alto costo de mantenimiento   |
| Seguridad              | Cuando la superficie está pulida, posee menor fricción en la losa | Existe mayor fricción en la losa  |
| Juntas                 | La capa de rodadura es discontinua                                | La capa de rodadura es continua   |
| Puesta en servicio     | El tiempo de disponibilidad requiere varios días de fraguado      | Puesta en servicio de la superficie inmediata   |
| Rendimientos           | Rendimientos menores  | Rendimientos mayores. Cada jornada de trabajo se concluye con mayor superficie pavimentada. |

Fuente: Parera (2017)

### 2.2.9. Residuos de construcción y demolición (RCD)

Los escombros de construcción y demolición (RCD) se definen en el artículo 6 de la norma para la gestión y tratamiento de este tipo de residuos, así como cuando se realizan obras para rehabilitar, restaurar, remodelar y demoler edificaciones e infraestructuras (DS N° 003-2013-VIVIENDA, 2013).

En torno a los RCD, es necesario tener claro algunas definiciones:

- **Concreto reciclado**, lo que llamamos "hormigón de desecho" o "escombros de hormigón reciclable" (RCD) es hormigón que se ha recuperado de otros tipos de basura y se le ha dado un buen uso (Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible, 2009).
- **Concreto recuperado**, es aquel concreto que se recupera del concreto de desecho o RCD, este tiene la posibilidad de ser reutilizado o reciclado, como también al triturarse se puede utilizar como agregado. Sin embargo, se usa comúnmente en la sub-base vial, pero se puede utilizar también en un nuevo concreto (Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible, 2009).
- **Agregado reciclado**, es aquel que procede de un proceso de tratamiento de materiales (escombros) de desecho que se obtiene a partir de la demolición de construcciones (INACAL, 2014).
- **Agregados de concreto reciclado**, son aquellos que se obtienen de los agregados reciclados, generalmente luego de un proceso de tratamiento del material (Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible, 2009).

### 2.2.10. Reciclaje de concreto

El término se refiere al proceso que tiene por objeto evitar la disposición del hormigón, ya sea utilizándolo como relleno sanitario o disponiéndolo en rellenos sanitarios municipales (Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible, 2009).

A continuación, presentamos una tabla que muestra las ventajas y desventajas del concreto reciclado.

**Tabla 9***Ventajas y desventajas del concreto reciclado*

| <b>Tema</b>  | <b>Desventaja</b>  | <b>Ventaja</b>   |
|--|--|--|
| Costo del material agregados naturales vs. agregados naturales | En algunos países los agregados naturales tienen menor costo.  | El impuesto sobre el agregado natural y costo de transporte puede ser mayor que para el agregado reciclado, el costo total del proyecto se puede reducir, pues se paga menos impuesto y tarifa por el vertimiento de RCD al recuperar material y no desecharlo   |
| Disponibilidad del material                                    | Disponibilidad irregular de RCD.   | Los RCD por lo general están en áreas urbanas cercanas a proyectos de construcción y desarrollo. Los materiales vírgenes deben ser trasladados de lugares más lejanos.   |
| Infraestructura para procesamiento                             | Requiere de un plan de manejo de RCD in-situ y clasificación.<br>El proceso de recuperar el concreto de alto valor es costoso.   | Cuando la infraestructura ha sido establecida, las unidades móviles de separación e instalación especializada puede generar retornos atractivos.   |
| Opinión pública  | Percepción equívoca sobre la calidad del concreto recuperado, pues se cree que los materiales nuevos son de mejor calidad.   | La preocupación por conservar el medio ambiente motiva el mayor uso de productos ecológicos y la reutilización de materiales.  |
| Leyes, regulaciones y estándares admitidos en la industria     | Clasificar concreto recuperado como desechos puede aumentar la cantidad de permisos y reportes<br>Es posible la imposición de limitaciones adicionales a su uso.   | Existen leyes que promueven reciclar, hay impuestos al uso de vertederos para desechos y políticas que norma la disposición de áreas verdes lo que promueve usar concreto reciclado.   |
| Impactos ambientales   | Procesar tecnológicamente para recuperar el concreto debe considerar el posible impacto de polución atmosférica y auditiva, además del consumo de energía, aunque existe una diferencia mínima con el procesamiento de agregados vírgenes. | El uso de concreto recuperado puede reducir el impacto ambiental en general y de acuerdo a su ciclo de vida.<br><br>- No utilizar materiales recuperados incrementa los costos ambientales y de salubridad, por la mayor generación de desperdicios<br><br>- Si no se emplea material recuperado, es necesario usar materiales vírgenes.<br><br>- El concreto recuperado es inerte |

| Tema                | Desventaja  | Ventaja  |
|---------------------|---|--|
| Propiedades físicas | En aplicaciones especiales (concreto de alto rendimiento) es limitado su uso. | <p data-bbox="943 230 1399 461">- El transporte de concreto reciclado es menor al de materiales vírgenes, pues son más cercanos, se reduce el consumo de combustible, emisión de CO<sub>2</sub> y uso de vías y vehículos.</p> <p data-bbox="943 468 1399 562">Una amplia variedad de usos puede beneficiarse de la alta calidad del hormigón reciclado.</p> |
|                     | La tecnología limita las opciones de reciclaje.                               |  |

Fuente: Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible (2009).

### 2.3. Marco legal

La normatividad referente a la gestión de Residuos Sólidos, se detalla en la tabla 10.

**Tabla 10**

*Legislación respecto a la gestión de Residuos Sólidos*

| N° | Descripción  |
|----|--|
| 1  | 2000: Ley General de Residuos Sólidos (Ley 27314), la base para la mejora y crecimiento de la industria de los residuos sólidos.   |
| 2  | 2003: Ley Orgánica de Municipalidades (Ley 27972), establece quién es responsable de qué cuando se trata de la regulación, manejo y disposición de residuos sólidos a nivel municipal. 2004: Reglamento de la Ley General del Residuos Sólidos (DS N.º 057-2004-PCM).  |
| 3  | 2005: Ley General del Ambiente (Ley 28611). Dado que sostiene que todas las personas deberían poder disfrutar de los beneficios de un entorno ecológicamente estable y seguro, debe hacer su parte para garantizar que así sea (artículo 1). De manera similar, deja en claro que los municipios son responsables del manejo de la basura doméstica y comercial. |
| 4  | 2008: Decreto Legislativo 1065, que establece modificaciones a la Ley General de Residuos Sólidos.   |
| 5  | 2009: Ley 29263. En el capítulo I, crea nuevos tipos penales relacionados con el medio ambiente, incluyendo la pena mínima obligatoria de cuatro años por disposición ilegal de residuos peligrosos.   |
| 6  | 2009: Política Nacional del Ambiente (D.S. N.º 012-2009-MINAM). Con el propósito de incentivar la inversión privada y pública en la administración de proyectos de recolección, disposición final, operaciones de reciclaje y desarrollo de infraestructura, establece criterios. Más que eso, fomenta "la formalización" de los segregadores.                   |
| 7  | 2009: Ley que Regula la Actividad de los Recicladores (Ley 29419). Promoviendo su formalización.   |
| 8  | 2010: Reglamento de la Ley que Regula la Actividad de los Recicladores (DS N.º 005-2010-MINAM).  |

Fuente: Plataforma digital única del Estado Peruano - Normas Legales

## **CAPÍTULO III**

### **DISEÑO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Tipo y nivel de investigación**

Dado que el estudio se realizará cambiando intencionalmente las variables independientes para provocar eventos, es de tipo aplicado y el nivel de investigación es explicativo (Hernández-Sampieri & Mendoza Torres, 2018).

#### **3.2. Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación es experimental. La metodología que se manejará es un diseño factorial  $A \times B$ , donde se evalúa el concreto reciclado (variable independiente); observando como respuesta la resistencia de la abrasión (variable dependiente) del agregado reciclado a partir de la demolición de pavimento rígido. Cada tratamiento se llevará a cabo por duplicado.

Donde:

A : Representa las variables independientes.

B : Los niveles en cada variable evaluada.

#### **3.3. Población y muestra**

##### **3.3.1. Población**

El pavimento rígido del barrio Andrés Avelino Cáceres fue la población objeto de esta investigación. Ayacucho.

### **3.3.2. Muestra**

La muestra para este estudio fue del tipo no probabilístico.

### **3.4. Variables e indicadores**

Las variables son aquellas características que pueden sufrir cambios, en los trabajos de investigación, las variables son los objetos de análisis, medición, manipulación o control (Gallardo Echenique, 2017). En la investigación las variables fueron las siguientes:

#### **3.4.1. Variable independiente**

Es aquella que se puede manipular y controlar directamente para evaluar sus efectos en la variable dependiente (Gallardo Echenique, 2017). En esta investigación son las siguientes.

- Porcentaje de concreto reciclado.
- Tamaño de agregado grueso.
- Granulometría.

#### **Indicadores**

- Porcentaje en masa de agregado grueso reciclado (%).
- Tamaño de agregado grueso:  $\frac{1}{2}$ " ,  $\frac{3}{4}$  ", 1.

Granulometría del agregado grueso de diferentes porcentajes de concreto reciclado.

#### **3.4.2. Variable dependiente**

Corresponde a la que da lugar a los resultados de la manipulación de las variables independientes, en ese sentido podemos decir que es la variable que quiere explicar (Gallardo, 2017).

- Resistencia a la abrasión.

#### **Indicadores**

- Resistencia a la abrasión de agregado grueso de diferentes porcentajes de concreto reciclado ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).

### 3.5. Operacionalización de variables

Para operativizar las variables de estudio se trabajó con lo mostrado en la tabla 11.

**Tabla 11**

*Operacionalización de variables*

| <b>Variab</b>   | <b>Dimensiones</b>                  | <b>Definición operacional</b>  | <b>Indicadores</b>  | <b>Escala de medición</b> |
|---|-------------------------------------|--|---|---------------------------|
| X<br><br>Concreto reciclado<br><br>(variable independiente) | X1. % de concreto reciclado         | Es la relación de la cantidad de concreto reciclado empleado como agregado grueso y la cantidad total de agregado grueso.          | Porcentaje en masa de agregado grueso reciclado (%)   | Razón de %                |
|   | X2. Tamaño de agregado grueso       | Se define como las dimensiones del agregado grueso.  | Tamaño del agregado grueso $\frac{3}{4}$ ", 1"  | Razón $\frac{1}{2}$ ",    |
|   | X3<br><br>Granulometría             | Procedimiento mecánico o manual por medio del cual se pueda separar las partículas constitutivas del agregado acuerdo con tamaños. | Granulometría del agregado grueso de diferentes porcentajes de concreto reciclado. De acuerdo con | Razón                     |
| Y<br><br>Resistencia a la abrasión                          | Y1<br><br>Resistencia a la abrasión | La dureza, resistencia a abrasión y otras propiedades de agregados   | la Resistencia a la abrasión de los agregados están diferentes                                    | kg/cm <sup>2</sup>        |

| <b>Variables</b>       | <b>Dimensiones</b> | <b>Definición operacional</b>  | <b>Indicadores</b>   | <b>Escala de medición</b>                    |
|------------------------|--------------------|--|--|--|
| (variable dependiente) |                    | determinadas en gran medida por la naturaleza de la roca de la que se extraen. Si las partículas van a estar expuestas a fricción constante, como lo estarían en pisos y pavimentos, esto se convierte en una consideración importante.. | en porcentajes de concreto reciclado (kg/cm <sup>2</sup> ) | kg/cm <sup>2</sup><br><br>kg/cm <sup>2</sup> |

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.6.1. Técnicas**

##### **Observación**

Se utiliza para conocer el procedimiento de exploración o trabajo de campo (Tamayo Ly & Silva Siesquén, s. f.). En el estudio se utilizó para conocer la variable independiente, concreto reciclado.

##### **Ensayos de laboratorio**

Los ensayos de laboratorio permiten recoger datos de manera controlada por el investigador (Tamayo Ly & Silva Siesquén, s. f.). Este método se utiliza para documentar la resistencia a la abrasión y los resultados en las pruebas de concreto reciclado en el laboratorio.

### **3.6.2. Instrumentos**

#### **Ficha de registro de datos**

Es un instrumento estructurado para obtener información de los ensayos de laboratorio (Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades, 2012). Los resultados de las pruebas de laboratorio de concreto reciclado y los resultados de las pruebas de laboratorio de concreto endurecido se estandarizaron usando este método en nuestra investigación.

#### **Pruebas de laboratorio**

De acuerdo con el Ministerio de Vivienda, Saneamiento y Construcción (2010), "las cualidades mecánicas y físicas del hormigón reciclado tanto en estado fresco como en estado endurecido" pueden determinarse mediante la realización de los ensayos.

### **3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

#### **3.7.1. Procesamiento de datos**

Se utilizaron estadísticas descriptivas a fin de analizar los datos y sacar conclusiones claras y comprensibles de los resultados del experimento. Sin embargo, las estadísticas inferenciales nos permiten determinar si realmente hubo o no disparidades en las pruebas de laboratorio. Se utilizaron Microsoft Excel y el programa SPSS para un tratamiento estadístico adecuado con el fin de organizar, representar y analizar los resultados del ensayo.

#### **3.7.2. Análisis de datos**

La investigación se desarrolló analizando primero la granulometría de los agregados naturales y el RCD del pavimento rígido, y luego creando concreto con porcentajes variables para ver si cumplía con los estándares pertinentes.

##### **3.7.2.1. Granulometría**

Según la NTP 400.037 (INACAL, 2014) las propiedades del agregado grueso y fino del agregado se analizaron utilizando varios tamices diferentes. Se utilizó arena gruesa como agregado fino y piedra triturada como agregado grueso en la formulación de la mezcla.

**Figura 11**

*Granulometría del agregado grueso y agregado fino*



**3.7.2.2. Granulometría del agregado natural grueso y fino**

La granulometría por tamizado de los agregados naturales grueso y fino se muestran en las tablas 12 y 13.

**Tabla 12**

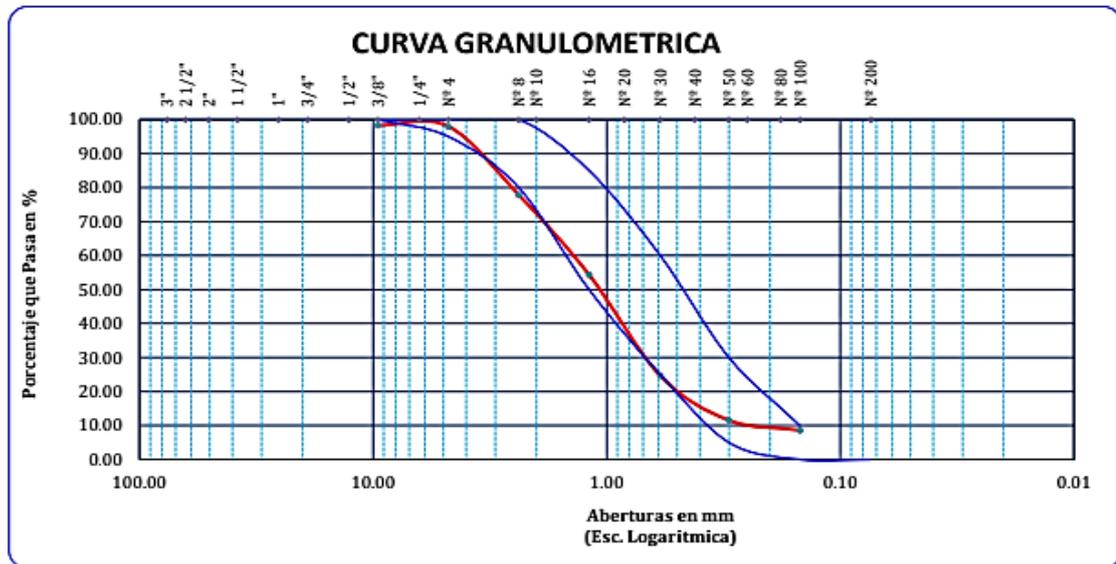
*Granulometría de la piedra chancada como agregado natural grueso*

| Malla        | Peso   | % Retenido | % Retenido | % que pasa | Especificaciones |                         |
|--------------|--------|------------|------------|------------|------------------|-------------------------|
| Tamiz mm     | (g)    | Parcial    | Acumulado  |            |                  |                         |
| 2 1/2"       | 63,500 | 0,00       | 0,00       | 100,00     |                  |                         |
| 2"           | 50,800 | 0,00       | 0,00       | 100,00     |                  |                         |
| 1 1/2"       | 38,100 | 0,00       | 0,00       | 100,00     |                  |                         |
| 1"           | 25,400 | 23,00      | 1,50       | 98,50      | 100 – 100        |                         |
| 3/4"         | 19,050 | 115,00     | 7,50       | 91,00      | 90 – 100         |                         |
| 1/2"         | 12,700 | 763,00     | 49,77      | 41,23      |                  |                         |
| 3/8"         | 9,525  | 342,00     | 22,31      | 18,92      | 20 – 55          |                         |
| 1/4"         | 6,350  | 0,00       | 0,00       | 18,92      |                  |                         |
| Nº 4         | 4,760  | 265,00     | 17,29      | 1,63       | 0 – 10           |                         |
| Nº 8         | 2,380  | 5,00       | 0,33       | 1,30       | 0 – 5            |                         |
| <b>Base</b>  |        | 20,00      | 1,30       | 100,00     | 0,00             | <b>Módulo de fineza</b> |
| <b>Total</b> |        | 1533,00    | 100,00     |            |                  | 6,88                    |

Fuente: JKEMSCA Estudio de mecánica de suelos, concreto y asfalto (2022)

**Figura 12**

*Granulometría de la piedra chancada como agregado natural grueso*



Fuente: JKEMSCA Estudio de mecánica de suelos, concreto y asfalto (2022)

La granulometría expone que la piedra chancada como agregado grueso cumple aproximadamente con el Huso 67 de las especificaciones de la NTP 400.037 para el agregado global (INDECOPI, 2018). Asimismo, tiene un módulo de fineza de 6,88 que cumple con la NTP 400.037 (INACAL, 2014).

**Tabla 13**

*Granulometría de la arena gruesa como agregado natural fino*

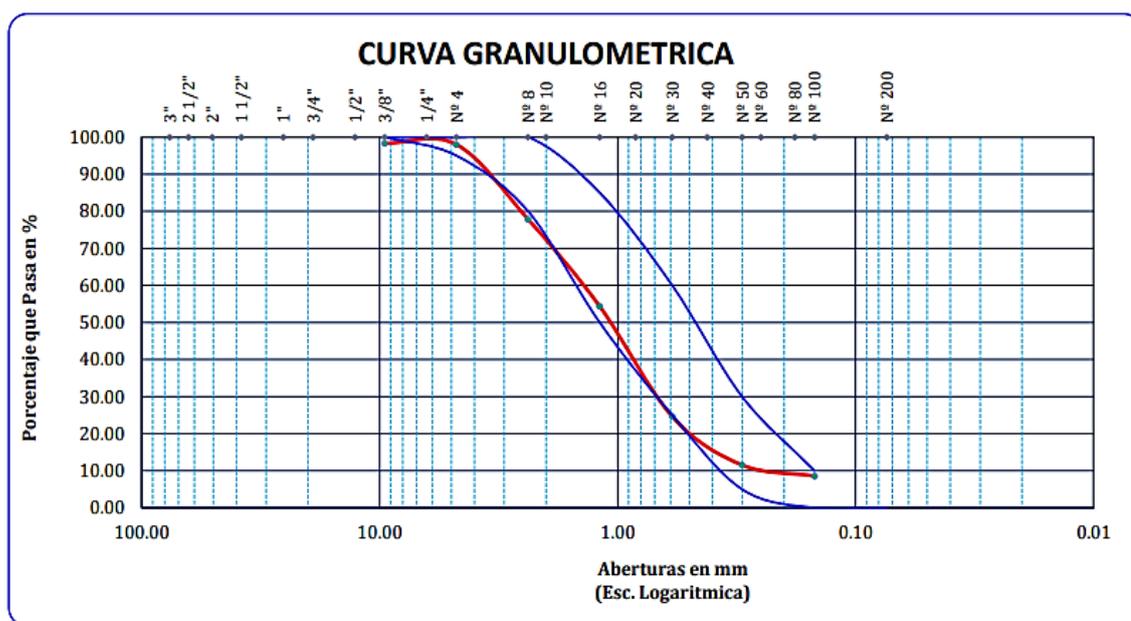
| Malla    | Peso  | % Retenido | % Retenido | % que pasa | Especificaciones |
|----------|-------|------------|------------|------------|------------------|
| Tamiz mm | (g)   | Parcial    | Acumulado  |            |                  |
| 3/8"     | 9,525 | 25,00      | 1,68       | 98,32      | 100 – 100        |
| 1/4"     | 6,350 |            |            |            |                  |
| Nº 4     | 4,760 | 127,00     | 8,52       | 89,80      | 95 – 100         |
| Nº 8     | 2,380 | 178,00     | 11,95      | 77,85      | 80 – 100         |
| Nº 10    | 2,000 | 0,00       | 0,00       | 77,85      |                  |
| Nº 16    | 1,190 | 350,00     | 23,49      | 54,36      | 50 – 85          |
| Nº 20    | 0,840 | 0,00       | 0,00       | 54,36      |                  |
| Nº 30    | 0,590 | 443,00     | 29,73      | 24,63      | 25 – 60          |
| Nº 40    | 0,420 | 0,00       | 0,00       | 24,63      |                  |
| Nº 50    | 0,300 | 195,00     | 13,09      | 11,54      | 5 – 30           |

| Malla Tamiz  | Peso mm (g) | % Retenido Parcial | % Retenido Acumulado | % que pasa | Especificaciones        |
|--------------|-------------|--------------------|----------------------|------------|-------------------------|
| Nº 60        | 0,250       | 0,00               | 88,46                | 11,54      |                         |
| Nº 80        | 0,180       | 0,00               | 88,46                | 11,54      |                         |
| Nº 100       | 0,149       | 44,00              | 91,41                | 8,59       | 0 – 10                  |
| Nº 200       | 0,074       | 14,00              | 92,35                | 7,65       |                         |
| <b>Base</b>  | 114,00      | 7,65               | 100,00               | 0,00       | <b>Módulo de fineza</b> |
| <b>Total</b> | 1490,00     | 100,00             |                      |            | 3,07                    |

Fuente: JKEMSCA Estudio de mecánica de suelos, concreto y asfalto (2022)

**Figura 13**

*Granulometría de la arena gruesa como agregado natural fino*



Fuente: JKEMSCA Estudio de mecánica de suelos, concreto y asfalto (2022)

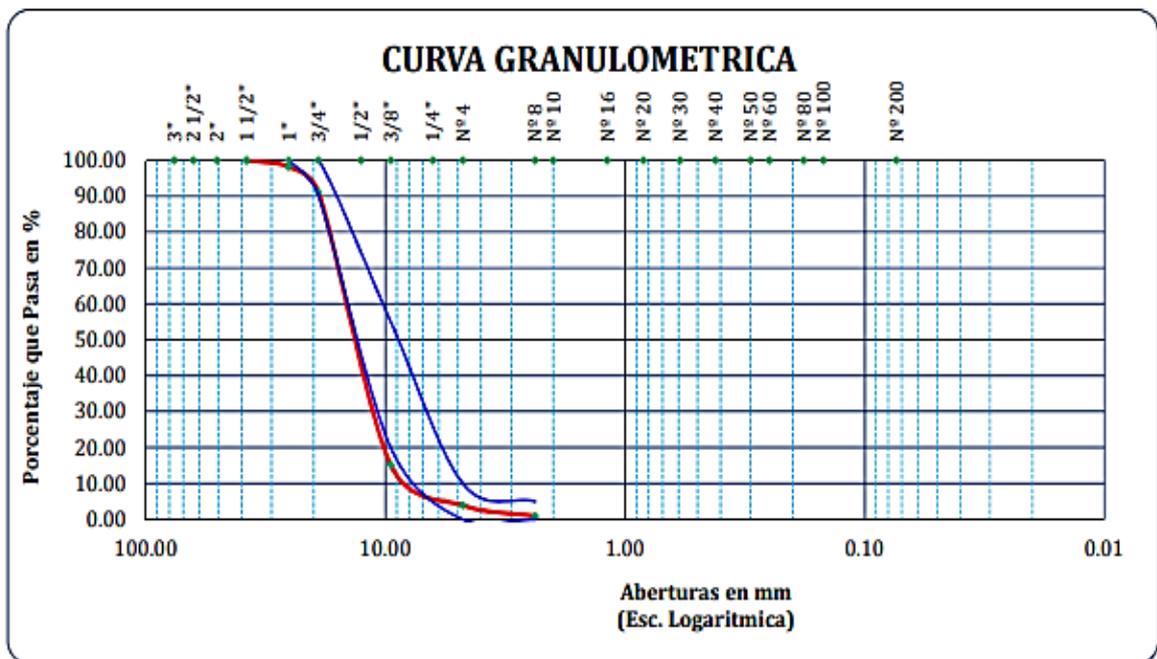
La granulometría expone que la arena gruesa como agregado fino se aproxima a los parámetros establecidos en las especificaciones granulométricas del agregado en la ASTM C-136 (INDECOPI, 2018). Asimismo, tiene un módulo de fineza de 3,07 que cumple con la NTP 400.037 (INACAL, 2014).

### 3.7.2.3. Granulometría para el agregado grueso de 25 % de RCD y 75 % de piedra chancada

La granulometría por tamizado del agregado grueso de 25 % de RCD de pavimento rígido y 75 % de piedra chancada se muestra en la figura 14 y tabla 14.

**Figura 14**

*Granulometría para el agregado grueso de 25 % de RCD y 75 % de piedra chancada*



Fuente: JKEMSCA Estudio de mecánica de suelos, concreto y asfalto (2022)

**Tabla 14**

*Granulometría para el agregado grueso de 25 % de RCD y 75 % de piedra chancada*

| Malla    | Peso   | % Retenido | % Retenido | % que pasa | Especificaciones |
|----------|--------|------------|------------|------------|------------------|
| Tamiz mm | (g)    | Parcial    | Acumulado  |            |                  |
| 2 1/2"   | 63,500 | 0,00       | 0,00       | 100,00     |                  |
| 2"       | 50,800 | 0,00       | 0,00       | 100,00     |                  |
| 1 1/2"   | 38,100 | 0,00       | 0,00       | 100,00     |                  |
| 1"       | 25,400 | 40,00      | 1,84       | 98,16      | 100 – 100        |
| 3/4"     | 19,050 | 154,00     | 7,10       | 91,06      | 90 – 100         |
| 1/2"     | 12,700 | 1289,00    | 59,43      | 68,37      |                  |
| 3/8"     | 9,525  | 356,00     | 16,41      | 84,79      | 20 – 55          |

| <b>Malla</b>    | <b>Peso</b> | <b>% Retenido</b> | <b>% Retenido</b> | <b>% que pasa</b> | <b>Especificaciones</b> |                         |
|-----------------|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>Tamiz mm</b> | <b>(g)</b>  | <b>Parcial</b>    | <b>Acumulado</b>  |                   |                         |                         |
| 1/4"            | 6,350       | 0,00              | 84,79             | 15,21             |                         |                         |
| Nº 4            | 4,760       | 245,00            | 11,30             | 96,08             | 3,92                    | 0 – 10                  |
| Nº 8            | 2,380       | 65,00             | 3,00              | 99,08             | 0,92                    | 0 – 5                   |
| <b>Base</b>     |             | 20,00             | 0,92              | 100,00            | 0,00                    | <b>Módulo de fineza</b> |
| <b>Total</b>    |             | 2169,00           | 100,00            |                   |                         | 6,90                    |

Fuente: JKEMSCA Estudio de mecánica de suelos, concreto y asfalto (2022)

La granulometría expone que el agregado grueso de 25 % de residuos de pavimento rígido y 25 % de piedra chancada, se aproxima a lo establecido en el Huso 67 de las especificaciones de la NTP 400.037 para el agregado global (INDECOPI, 2018). Asimismo, tiene un módulo de fineza de 6,90 que cumple con la NTP 400.037 (INACAL, 2014).

#### **3.7.2.4. Granulometría para el agregado grueso de 50 % de RCD y 50 % de piedra chancada**

La granulometría por tamizado del agregado grueso de 50 % de RCD de pavimento rígido y 50 % de piedra chancada se muestra en la tabla 15 y figura 15.

**Tabla 15**

*Granulometría para el agregado grueso de 50 % de RCD y 50 % de piedra chancada*

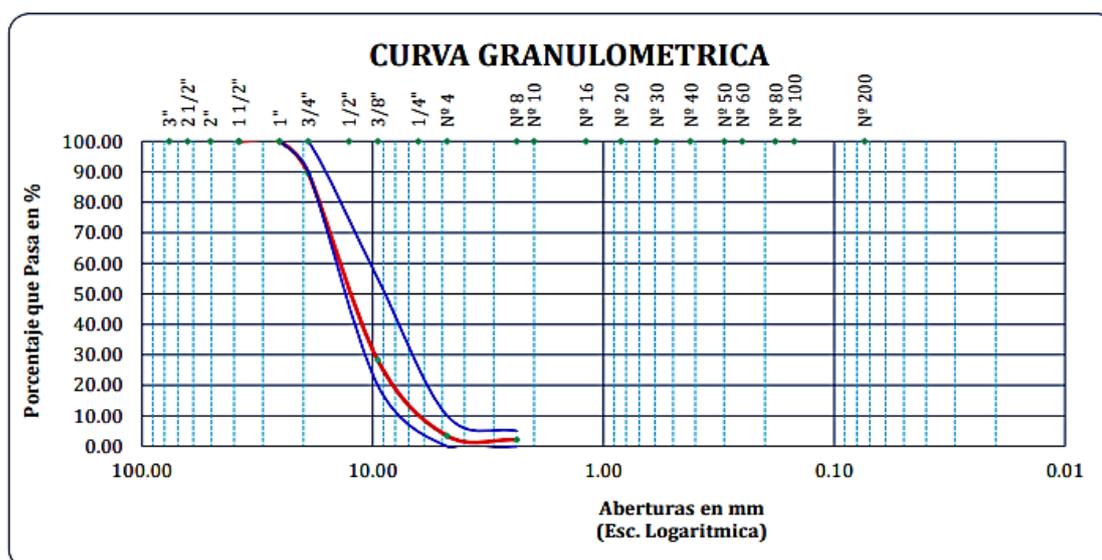
| <b>Malla</b>    | <b>Peso</b> | <b>% Retenido</b> | <b>% Retenido</b> | <b>% que pasa</b> | <b>Especificaciones</b> |         |
|-----------------|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|---------|
| <b>Tamiz mm</b> | <b>(g)</b>  | <b>Parcial</b>    | <b>Acumulado</b>  |                   |                         |         |
| 2 1/2"          | 63,500      | 0,00              | 0,00              | 100,00            |                         |         |
| 2"              | 50,800      | 0,00              | 0,00              | 100,00            |                         |         |
| 1 1/2"          | 38,100      | 0,00              | 0,00              | 100,00            |                         |         |
| 1"              | 25,400      | 0,00              | 0,00              | 100,00            | 100 – 100               |         |
| 3/4"            | 19,050      | 98,00             | 10,49             | 89,51             | 90 – 100                |         |
| 1/2"            | 12,700      | 389,00            | 41,65             | 52,14             | 47,86                   |         |
| 3/8"            | 9,525       | 183,00            | 19,59             | 71,73             | 28,27                   | 20 – 55 |
| 1/4"            | 6,350       | 0,00              | 0,00              | 71,73             | 28,27                   |         |
| Nº 4            | 4,760       | 232,00            | 24,84             | 96,57             | 3,43                    | 0 – 10  |
| Nº 8            | 2,380       | 12,00             | 1,28              | 97,86             | 2,14                    | 0 – 5   |

| Malla Tamiz | Peso (g) | % Retenido Parcial | % Retenido Acumulado | % que pasa | Especificaciones         |
|-------------|----------|--------------------|----------------------|------------|--------------------------|
| Base        | 20,00    | 2,14               | 100,00               | 0,00       | Módulo de fineza<br>6,79 |
| Total       | 934,00   | 100,00             |                      |            |                          |

Fuente: JKEMSCA Estudio de mecánica de suelos, concreto y asfalto (2022)

**Figura 15**

*Granulometría para el agregado grueso de 50 % de RCD y 50 % de piedra chancada*



Fuente: JKEMSCA Estudio de mecánica de suelos, concreto y asfalto (2022)

La granulometría expone que el agregado grueso de 50 % de residuos de pavimento rígido y 50 % de piedra chancada, se acerca a lo establecido en el Huso 67 de las especificaciones de la NTP 400.037 para el agregado global (INDECOPI, 2018). Asimismo, tiene un módulo de fineza de 6,79 que cumple con la NTP 400.037 (INACAL, 2014).

### 3.7.2.5. Granulometría para el agregado grueso de 75 % de RCD y 25 % de piedra chancada

La granulometría por tamizado del agregado grueso de 75 % de RCD de pavimento rígido y 25 % de piedra chancada se muestra en la tabla 16 y figura 16.

**Tabla 16**

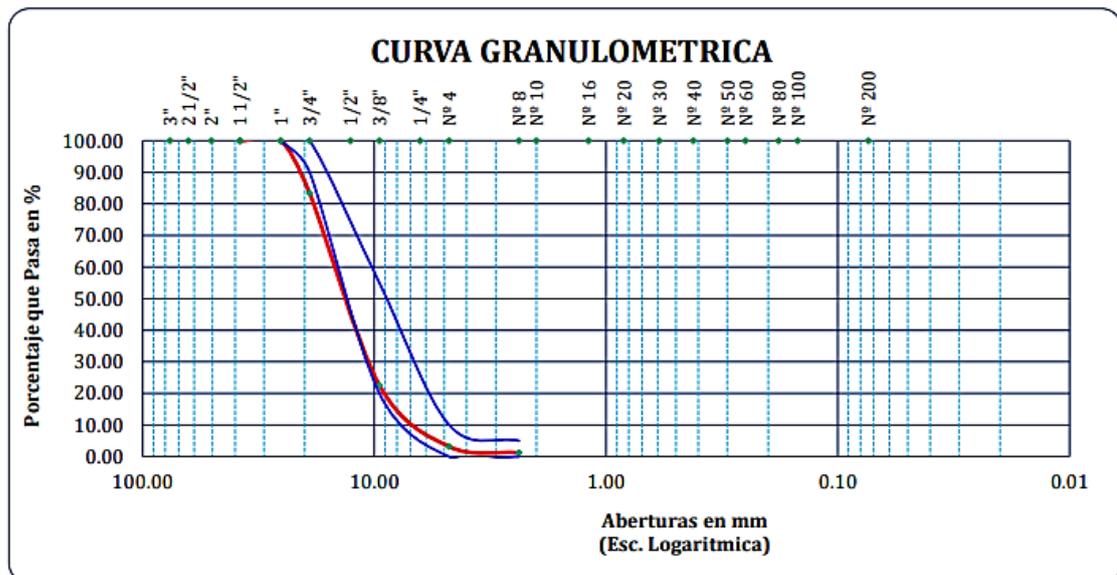
*Granulometría para el agregado grueso de 75 % de RCD y 25 % de piedra chancada*

| Malla        | Peso   | % Retenido | % Retenido | % que pasa | Especificaciones        |
|--------------|--------|------------|------------|------------|-------------------------|
| Tamiz mm     | (g)    | Parcial    | Acumulado  |            |                         |
| 2 1/2"       | 63,500 | 0,00       | 0,00       | 100,00     |                         |
| 2"           | 50,800 | 0,00       | 0,00       | 100,00     |                         |
| 1 1/2"       | 38,100 | 0,00       | 0,00       | 100,00     |                         |
| 1"           | 25,400 | 0,00       | 0,00       | 100,00     | 100 – 100               |
| 3/4"         | 19,050 | 284,00     | 16,63      | 83,37      | 90 – 100                |
| 1/2"         | 12,700 | 785,00     | 45,96      | 37,41      |                         |
| 3/8"         | 9,525  | 253,00     | 14,81      | 22,60      | 20 – 55                 |
| 1/4"         | 6,350  | 0,00       | 0,00       | 22,60      |                         |
| Nº 4         | 4,760  | 332,00     | 19,44      | 3,16       | 0 – 10                  |
| Nº 8         | 2,380  | 34,00      | 1,99       | 1,17       | 0 – 5                   |
| <b>Base</b>  |        | 20,00      | 1,17       | 100,00     | <b>Módulo de fineza</b> |
| <b>Total</b> |        | 1708,00    | 100,00     | 0,00       | 6,91                    |

Fuente: JKEMSCA Estudio de mecánica de suelos, concreto y asfalto (2022)

**Figura 16**

*Granulometría para el agregado grueso de 75 % de RCD y 25 % de piedra chancada*



Fuente: JKEMSCA Estudio de mecánica de suelos, concreto y asfalto (2022)

La granulometría expone que el agregado grueso de 75 % de residuos de pavimento rígido y 25 % de piedra chancada, no cumple con lo establecido en el Huso 67 de la NTP 400.037 para el agregado global (INDECOPI, 2018). Asimismo, tiene un módulo de fineza de 6,91 que cumple con la NTP 400.037 (INACAL, 2014).

### 3.7.2.6. Granulometría para el agregado grueso de 100 % de RCD

La granulometría por tamizado del agregado grueso de 100 % de RCD de pavimento rígido se muestra en la tabla 17 y figura 17.

**Tabla 17**

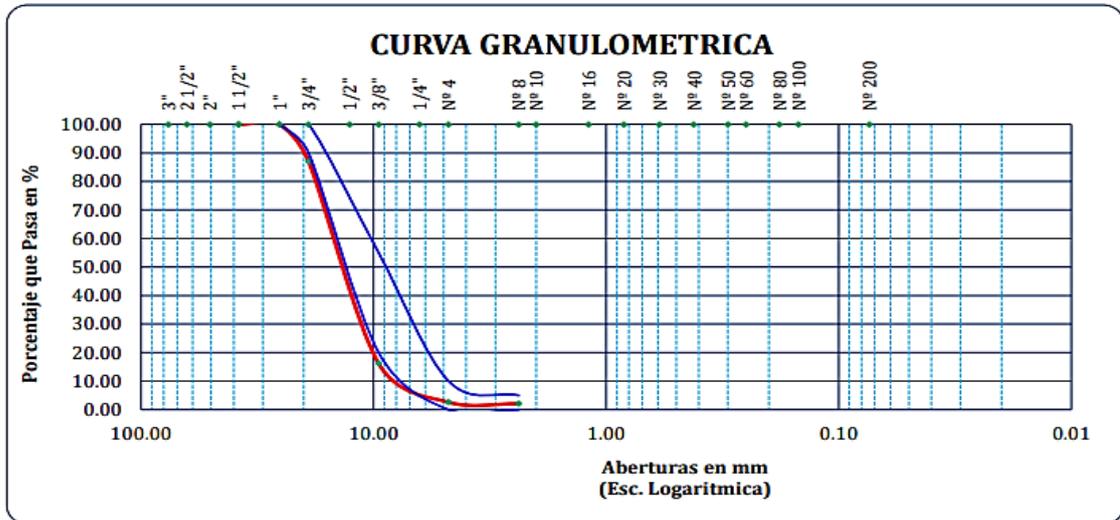
*Granulometría para el agregado grueso de 100 % de residuos de pavimento rígido*

| <b>Malla</b> | <b>Peso</b> | <b>% Retenido</b> | <b>% Retenido</b> | <b>% que pasa</b> | <b>Especificaciones</b> |                         |
|--------------|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>Tamiz</b> | <b>mm</b>   | <b>(g)</b>        | <b>Parcial</b>    | <b>Acumulado</b>  |                         |                         |
| 2 1/2"       | 63,500      | 0,00              | 0,00              | 0,00              | 100,00                  |                         |
| 2"           | 50,800      | 0,00              | 0,00              | 0,00              | 100,00                  |                         |
| 1 1/2"       | 38,100      | 0,00              | 0,00              | 0,00              | 100,00                  |                         |
| 1"           | 25,400      | 0,00              | 0,00              | 0,00              | 100,00                  | 100 – 100               |
| 3/4"         | 19,050      | 126,00            | 13,02             | 13,02             | 86,98                   | 90 – 100                |
| 1/2"         | 12,700      | 449,00            | 46,38             | 59,40             | 40,60                   |                         |
| 3/8"         | 9,525       | 236,00            | 24,38             | 83,78             | 16,22                   | 20 – 55                 |
| 1/4"         | 6,350       | 0,00              | 0,00              | 83,78             | 16,22                   |                         |
| Nº 4         | 4,760       | 132,00            | 13,64             | 97,42             | 2,58                    | 0 – 10                  |
| Nº 8         | 2,380       | 5,00              | 0,52              | 97,93             | 2,07                    | 0 – 5                   |
| <b>Base</b>  |             | 20,00             | 2,07              | 100,00            | 0,00                    | <b>Módulo de fineza</b> |
| <b>Total</b> |             | 968,00            | 100,00            |                   |                         | 6,94                    |

Fuente: JKEMSCA Estudio de mecánica de suelos, concreto y asfalto (2022)

**Figura 17**

*Granulometría para el agregado grueso de 100 % de residuos de pavimento rígido*



**Tabla 18**

*Tamaño máximo del agregado grueso de diferentes porcentajes de RCD*

| <b>Agregado grueso</b>                                   | <b>Tamaño máximo</b> | <b>Tamaño máximo nominal</b> |
|--|----------------------|------------------------------|
| 100 % piedra chancada                                    | 1 1/2"               | 3/4"                         |
| 25 % residuos de pavimento rígido + 75 % piedra chancada | 1 1/2"               | 3/4"                         |
| 50 % residuos de pavimento rígido + 50 % piedra chancada | 1"                   | 3/4"                         |
| 75 % residuos de pavimento rígido + 25 % piedra chancada | 1"                   | 3/4"                         |
| 100 % residuos de pavimento rígido                       | 1"                   | 3/4"                         |

La tabla 18 muestra que el TM y el TMN del agregado grueso natural con 100 % piedra chancada es el mismo que el agregado que contiene 25 % residuos de pavimento rígido con 75 % piedra chancada y son de 1 1/2" y 3/4" respectivamente. Los agregados con mayores porcentajes de residuos de pavimento rígido solo presentan 1" de TM y de 3/4" de TMN.

### **3.7.3. Resistencia a la abrasión del agregado grueso**

Es necesario realizar pruebas de abrasión en agregados gruesos tanto vírgenes como reciclados antes de usar los resultados para formular una mezcla de concreto para un pavimento rígido 210 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 18**

*Resistencia a la abrasión del agregado grueso de RCD*



Se evaluaron conforme lo establece la ASTM C799 aplicando la rotación de pelotas de acero (Solís-Carcaño & Chan-Magaña, 2020) con el agregado grueso combinado entre el natural con los diferentes porcentajes de RCD.

La Tabla 19 muestra los porcentajes por los cuales la diferencia entre los pesos inicial y final del agregado grueso se compara con el peso inicial multiplicado por 100% para evaluar la resistencia a la abrasión con componentes abrasivos del agregado natural y reciclado.

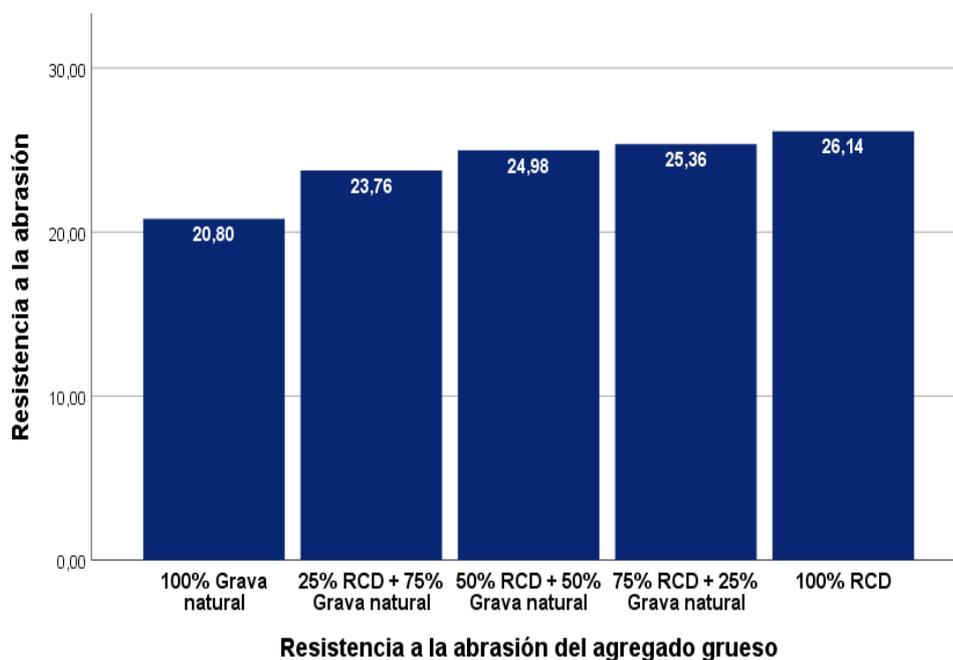
**Tabla 19**

*Resistencia a la abrasión del agregado grueso natural y con diferentes porcentajes de RCD*

| Tipo de concreto                | Porcentaje de desgaste por abrasión (%) |
|---------------------------------|---|
| 100 % piedra chancada           | 20,80                                   |
| 25 % RCD + 75 % piedra chancada | 23,76                                   |
| 50 % RCD + 50 % piedra chancada | 24,98                                   |
| 75 % RCD + 25 % piedra chancada | 25,36                                   |
| 100 % RCD                       | 26,14                                   |

**Figura 19**

*Resistencia a la abrasión De acuerdo con dosificación de agregado RCD*



La tabla 19 y figura 19 muestran que la resistencia a la abrasión del agregado grueso presenta un mayor desgaste a medida que se aplica una mayor dosificación de agregado RCD para realizar el diseño de mezcla; pues, si la dosis de residuos de pavimento rígido se aumenta en 25 %, 50 %, 75 % y 100 %, la resistencia a la abrasión expone un mayor desgaste desde el 20,80 % para el agregado natural hasta el 26,14 % para el concreto con 100 % de agregado RCD.

### 3.7.4. Diseño de mezclas de concreto

Para determinar la proporción adecuada de agregado de residuos de pavimento rígido se realizó el diseño de mezcla incluyéndolo en diferentes porcentajes desde 0 % hasta 100 %, con variaciones de 25 %, para luego realizar las pruebas de laboratorio tanto en estado endurecido y fresco para verificar el cumplimiento de las normas correspondientes.

**Figura 20**

*Diseño de mezcla de concreto para pavimento con agregado RCD*



El diseño de mezcla para el concreto patrón se realizó solo con agregados naturales grueso y fino, piedra chancada y arena gruesa respectivamente, cemento Portland Tipo I y agua libre de acidez e impurezas que pudieran perjudicar al concreto. Para un mejor análisis a continuación se presentan los resultados de las propiedades de los agregados.

### 3.7.4.1. *Propiedades de los agregados*

A continuación se enumeran las cualidades físicas de los agregados que se deben utilizar para modificar el diseño de la mezcla de concreto.

**Tabla 20**

*Propiedades del agregado grueso de diferentes porcentajes de residuos de pavimento rígido y piedra chancada*

| <b>Tipo de ensayo</b>                         | <b>100 %<br/>piedra<br/>chancada</b> | <b>25 % RCD +<br/>75 % piedra<br/>chancada</b> | <b>50 % RCD +<br/>50 % piedra<br/>chancada</b> | <b>75 % RCD +<br/>25 % piedra<br/>chancada</b> | <b>100 %<br/>RCD</b> |
|---|--------------------------------------|--|--|--|----------------------|
| Peso específico<br>g/cm <sup>3</sup>          | 2,51                                 | 2,50   | 2,48   | 2,47   | 2,49                 |
| % Absorción                                   | 0,10                                 | 0,23   | 0,18   | 0,41   | 0,31                 |
| Peso unitario suelto<br>kg/m <sup>3</sup>     | 1327                                 | 1312   | 1303   | 1286   | 1280                 |
| Peso unitario<br>compactado kg/m <sup>3</sup> | 1541                                 | 1513   | 1490   | 1492   | 1486                 |
| Módulo de fineza                              | 6,88                                 | 6,90   | 6,79   | 6,91   | 6,94                 |
| % Humedad natural                             | 4,76                                 | 3,33   | 2,76   | 1,43   | 0,88                 |

La tabla 20 también expone que el peso específico en los agregados con RCD varían entre 2,47 y 2,50 g/cm<sup>3</sup> y son inferiores al agregado natural que alcanzó los 2,51 g/cm<sup>3</sup>. Por otro lado, la absorción de agregados con RCD varía entre 0,18 y 0,41, los cuales son mayores que el porcentaje de absorción del agregado natural, 0,10.

La NTP 400.017 establece que el peso unitario volumétrico de agregado puede ser pesado cuando supera los 1900 kg/m<sup>3</sup>, normal si fluctúa entre 1120 y 1900 kg/m<sup>3</sup> y liviano cuando es inferior a 1120 kg/m<sup>3</sup> (Huaroc Palacios, 2017), los resultados evidencian un peso unitario normal en todos los agregados en estado suelto y compactado con diferentes porcentajes de RCD. Sin embargo, la mayor proporción de un agregado provoca una caída en el peso unitario del agregado.

**Figura 21**

*Peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso*



**Figura 22**

*Peso unitario del agregado grueso suelto y compactado*



La humedad de los agregados gruesos natural y con porcentajes de RCD, De acuerdo con la NTP 339.185 y la ASTM C-566 debe oscilar entre 1 % a 6 % (Garavito Isaza, 2020), por lo tanto, se observó que el agregado con 100 % de RCD está por debajo los valores establecidos, esto es importante para elaborar la mezcla de concreto con reajustes convenientes. La muestra sin RCD tiene mayor contenido de humedad, seguida por la muestra con 25 % de RCD.

**Tabla 21**

*Propiedades del agregado fino y cemento Portland Tipo I*

| Tipo de ensayo                             | Agregado fino | Cemento |
|--|---------------|---------|
| Peso específico g/cm <sup>3</sup>          | 2,50          | 3,15    |
| % Absorción                                | 1,07          |         |
| Peso unitario suelto kg/m <sup>3</sup>     | 1270          |         |
| Peso unitario compactado kg/m <sup>3</sup> | 1572          |         |
| Módulo de fineza                           | 3,07          |         |
| % Humedad natural                          | 4,26          |         |

La tabla 21 muestra que el peso específico del agregado fino fue de 2,50 g/cm<sup>3</sup> y su porcentaje de absorción 1,07. Asimismo, el cemento Portland Tipo I empleado para el diseño de mezcla tiene un peso específico de 3,15 g/cm<sup>3</sup>.

**Figura 23**

*Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino*



De acuerdo con la NTP 400.017, el "peso unitario del agregado fino en forma suelta y compactada" se puede encontrar en el peso unitario estándar. Según los resultados, los resultados para estado suelto y compacto fueron 1270 y 1570 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente.

**Figura 24**

*Peso unitario del agregado fino suelto y compactado*



El porcentaje de humedad del agregado fino fue de 4,26 por ciento, lo cual está de acuerdo con los requisitos de la NTP 339.185 y la norma ASTM C-566 (que especifican un porcentaje de humedad entre 3 y 8 por ciento). (Garavito Isaza, 2020).

### **3.7.4.2. Proporciones para el diseño de mezcla del concreto patrón y reciclado**

Se detalla en seguida las proporciones tanto de peso por kg como de volumen por bolsa de cemento.

**Tabla 22**

*Proporción de peso por kg de cemento para el diseño de mezcla para diferentes porcentajes de RCD*

| <b>Tipo de ensayo</b> | <b>100 %<br/>piedra<br/>chancada</b> | <b>25 % RCD +<br/>75 % piedra<br/>chancada</b> | <b>50 % RCD +<br/>50 % piedra<br/>chancada</b> | <b>75 % RCD +<br/>25 % piedra<br/>chancada</b> | <b>100 %<br/>RCD</b> |
|-----------------------|--------------------------------------|--|--|--|----------------------|
| Cemento               | 1,00                                 | 1,00   | 1,00   | 1,00   | 1,00                 |
| Agregado fino         | 1,99                                 | 2,01   | 1,93   | 2,01   | 2,03                 |
| Agregado grueso       | 2,40                                 | 2,35   | 2,38   | 2,27   | 2,26                 |
| Agua de diseño        | 14,25                                | 15,78  | 16,32  | 17,80  | 18,20                |

La tabla 22 muestra la proporción de peso por kg de cemento para la mezcla del concreto, los cuales presentan ligeras diferencias en los agregados grueso y fino, así como la cantidad de agua, pero estas obedecen fundamentalmente a las propiedades físicas que presentan los agregados gruesos con diferentes porcentajes de RCD.

**Tabla 23**

*Proporción en volumen por bolsa de cemento para el diseño de mezcla para diferentes porcentajes de RCD*

| Tipo de ensayo  | 100 %<br>piedra<br>chancada | 25 % RCD +<br>75 % piedra<br>chancada | 50 % RCD +<br>50 % piedra<br>chancada | 75 % RCD +<br>25 % piedra<br>chancada | 100 %<br>RCD |
|-----------------|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------|
| Cemento         | 1,00                        | 1,00                                  | 1,00                                  | 1,00                                  | 1,00         |
| Agregado fino   | 2,35                        | 2,37                                  | 2,29                                  | 2,38                                  | 2,40         |
| Agregado grueso | 2,72                        | 2,68                                  | 2,75                                  | 2,65                                  | 2,64         |
| Agua de diseño  | 14,25                       | 15,78                                 | 16,32                                 | 17,80                                 | 18,20        |

La tabla 23 muestra la proporción en volumen por bolsa de cemento de la mezcla del concreto, las diferencias observadas en el agregado grueso, agregado fino y la cantidad de agua se explican por las propiedades físicas que presentan los agregados gruesos con diferentes porcentajes de RCD.

**Figura 25**

*Diseño de briquetas de concreto para pavimento con agregado RCD*



### 3.7.5. Propiedades físicas del concreto

El peso unitario, el contenido de aire, la temperatura y el asentamiento eran los atributos físicos del concreto mientras estaba fresco y formado de acuerdo con las combinaciones planificadas. Estas propiedades se describen con mayor profundidad a continuación.

**Tabla 24***Propiedades físicas del concreto en estado fresco con diferentes porcentajes de RCD*

| <b>Propiedades físicas</b> | <b>100 %<br/>piedra<br/>chancada</b> | <b>25 % RCD +<br/>75 % piedra<br/>chancada</b> | <b>50 % RCD +<br/>50 % piedra<br/>chancada</b> | <b>75 % RCD +<br/>25 % piedra<br/>chancada</b> | <b>100 %<br/>RCD</b> |
|----------------------------|--------------------------------------|--|--|--|----------------------|
| Peso unitario              | 2380                                 | 2365   | 2335   | 2315   | 2280                 |
| Contenido de aire          | 2                                    | 1,9  | 1,9  | 1,8  | 1,9                  |
| Temperatura                | 30                                   | 29,8   | 30   | 29,5   | 30                   |
| Slump                      | 3,5                                  | 3,7  | 3,6  | 3,8  | 3,5                  |

La tabla 24 muestra que el peso unitario del concreto se encuentra dentro de los valores convencionales, pues este debe variar entre los 2240 kg/m<sup>3</sup> y 2460 kg/m<sup>3</sup>, asimismo, De acuerdo con la norma el peso unitario de 2300 kg/m<sup>3</sup> es lo normal. Se ha demostrado que el peso unitario del concreto disminuye a medida que aumenta la cantidad de escombros de pavimento rígido utilizados como agregado grueso en el diseño de la mezcla.

El contenido de aire De acuerdo con la NTP 339.080 y ASTM C231 debe encontrarse entre 0 % y 2 % debido a que el TMN del agregado grueso es de 3/4", por lo que, tanto el concreto patrón como el reciclado se encuentran dentro de dichos parámetros recomendados; sin embargo, las mezclas con agregado reciclados presentan un menor contenido de aire respecto al concreto patrón.

Teniendo en cuenta que la NTP 339.114 determina la temperatura del concreto, la cual no excederá los 32 °C, concluimos que la temperatura del concreto patrón y reciclado con diferentes porcentajes de residuos de pavimento rígido cumple con los valores recomendados.

Con respecto al Slump se observan valores que varían entre 3,5 a 3,8 cm, observándose que todos los concretos presentan similar nivel de consistencia, siendo los concretos con 25 % y 75 % de residuos de pavimento rígido ligeramente superiores de acuerdo con la NTP 339.035 y la ASTM C143.

### 3.7.6. Resistencia a la compresión del concreto reciclado

Se sometieron a ensayo de compresión briquetas de hormigón de pavimento rígido, que deben tener una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Los controles se desarrollaron utilizando las mismas estrategias de mezcla descritas anteriormente. Además, se evaluó la resistencia a compresión de acuerdo con los criterios establecidos por la Norma E-060 para hormigón armado y la NTP 339.034. Dado que los ensayos se realizaron en dos probetas cilíndricas, el valor se determinó tomando el promedio de las resistencias que se lograron a los 7, 14 y 28 días.

**Figura 26**

*Resistencia a la compresión del concreto patrón y reciclado*



La resistencia a la compresión con rotura axial para el concreto patrón  $f'_c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> se muestra en la tabla 25.

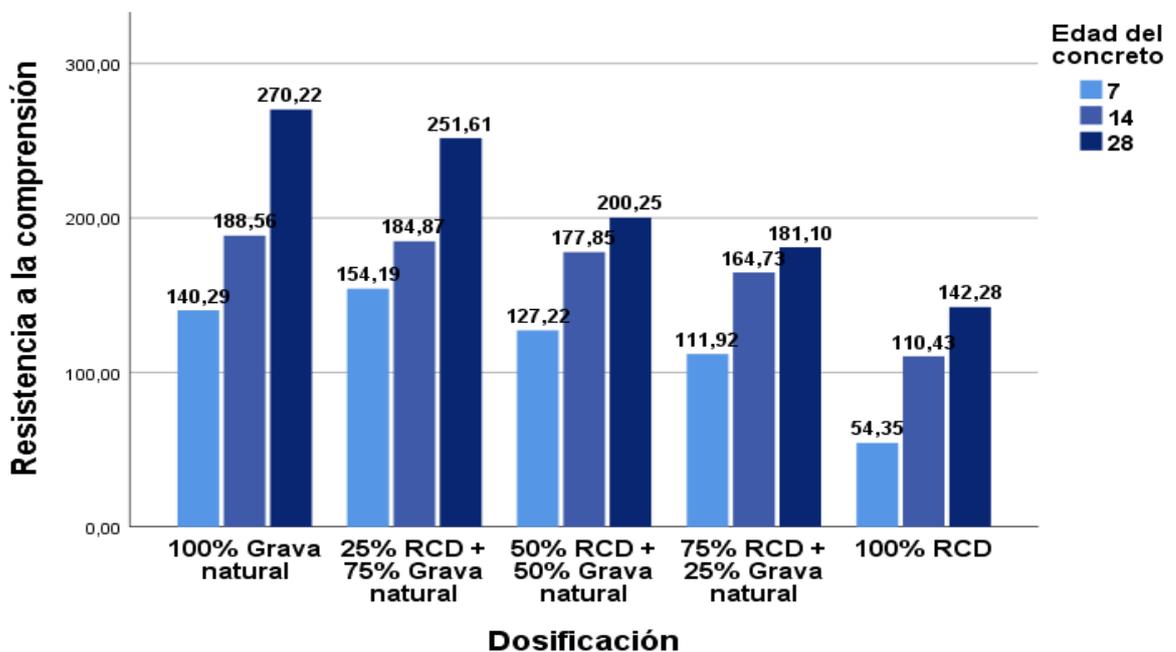
**Tabla 25**

*Resistencia a la compresión del concreto con diferentes porcentajes de RCD*

| Tipo de concreto                | Edad del concreto  |        |                    |        |                    |        |
|---------------------------------|--------------------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------|
|                                 | 7 días             |        | 14 días            |        | 28 días            |        |
|                                 | kg/cm <sup>2</sup> | %      | kg/cm <sup>2</sup> | %      | kg/cm <sup>2</sup> | %      |
| 100 % piedra chancada           | 140,29             | 100,00 | 188,56             | 100,00 | 270,22             | 100,00 |
| 25 % RCD + 75 % piedra chancada | 154,19             | 109,91 | 184,87             | 98,04  | 251,61             | 93,11  |
| 50 % RCD + 50 % piedra chancada | 127,22             | 90,68  | 177,85             | 94,32  | 200,25             | 74,11  |
| 75 % RCD + 25 % piedra chancada | 111,92             | 79,78  | 164,73             | 87,36  | 181,10             | 67,02  |
| 100 % RCD                       | 54,35              | 38,74  | 110,43             | 58,56  | 142,28             | 52,65  |

**Figura 27**

*Resistencia a la compresión De acuerdo con dosificación de agregado RCD y por edad del concreto para pavimento rígido*

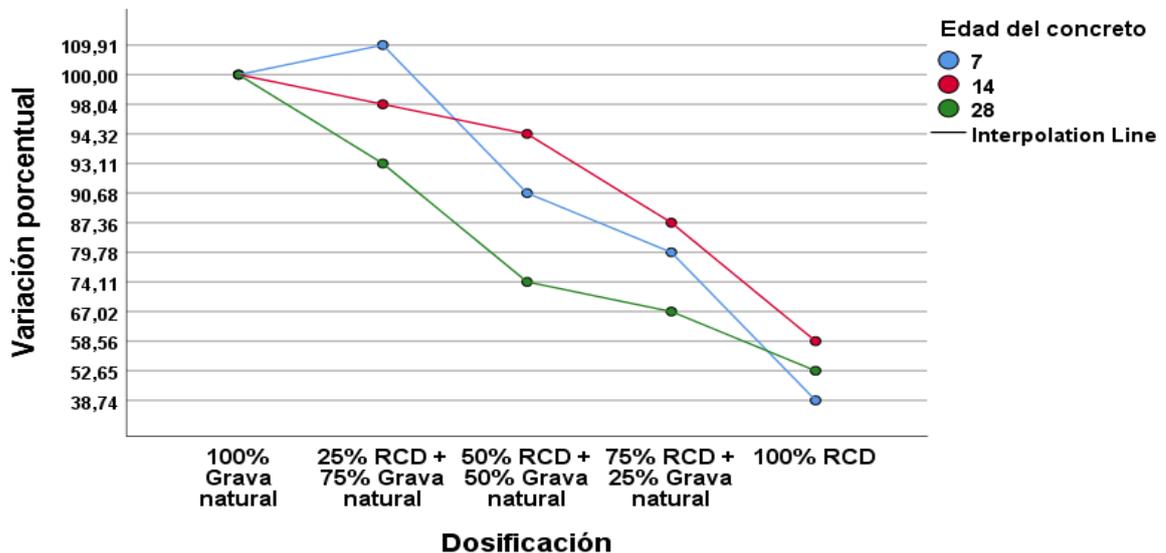


La tabla 25 y figura 27 muestran que la resistencia a la compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  aumenta con el tiempo para las dosis agregadas de RCD incluidas en la formulación de la mezcla. Si bien este es el caso, la investigación muestra que cuando la dosificación de escombros de pavimento duro se eleva de  $f'c = 270,22 \text{ kg/cm}^2$  para concreto regular a  $f'c = 142,28 \text{ kg/cm}^2$  para concreto hecho completamente de agregado RCD, la resistencia a la compresión reduce en un 25%, 50%, 75% y 100%, respectivamente. Se ha determinado que una mezcla de 25% de árido reciclado y 75% de piedra triturada produce un hormigón con una resistencia de  $f'c = 251,61 \text{ kg/cm}^2$ .

De la misma forma, para conocer el comportamiento y comparar las resistencias a la compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  al aumentar la dosificación de residuos de pavimento rígido como agregado grueso, se representó en términos porcentuales dicha información considerando como 100 % a la muestra patrón, la misma que se muestra en la figura 28.

**Figura 28**

*Variación porcentual de resistencia a la compresión por edad del concreto y dosificación con agregado RCD para pavimento rígido*



La figura 28 expone que la resistencia a la compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sin embargo, con una mayor dosificación de árido reciclado, la resistencia se redujo a 38,74% en comparación al hormigón normal a los 7 días, mientras que aumentó en la muestra con 25% RCD. Mientras que, a la edad del concreto de 14 y 28 días, el concreto con 25 %, 50 %, 75 % y 100 % de agregado reciclado presenta una disminución porcentual llegando a 58,56 % y 52,65 % del concreto patrón.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Contrastación de hipótesis

La contrastación de hipótesis se realizó De acuerdo con los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk ya que la muestra fue menor a 50, permite elegir una prueba de correlación adecuada y calcular el coeficiente de determinación, por lo que se puede aprender cuánto afecta el uso de agregados RCD a las características físicas y mecánicas del concreto. Los resultados se muestran en la tabla 26.

**Tabla 26**

*Prueba de normalidad Shapiro-Wilk*

| Propiedades mecánicas del concreto | Shapiro-Wilk |    |       |
|------------------------------------|--------------|----|-------|
|                                    | Estadístico  | gl | Sig.  |
| Resistencia a la abrasión          | 0,246        | 15 | 0,200 |
| Peso unitario del concreto         | 0,174        | 15 | 0,200 |
| Contenido de aire en el concreto   | 0,300        | 15 | 0,161 |
| Temperatura del concreto           | 0,339        | 15 | 0,062 |
| Slump del concreto                 | 0,221        | 15 | 0,200 |
| Resistencia a la comprensión       | 0,973        | 15 | 0,902 |

En la Tabla 26, vemos que tanto la resistencia a la abrasión de los agregados gruesos como las características físicas y mecánicas del concreto tienen valores p de significación superiores a 0.05, lo que indica que los datos presentan una distribución normal. Para el cálculo del coeficiente de correlación y determinación se utilizará la prueba Rho de Pearson.

La Tabla 27 muestra la asociación Pearson Rho entre la dosis de RCD como agregado grueso y la resistencia a la abrasión de los agregados gruesos, dos características mecánicas y físicas clave del concreto.

**Tabla 27**

*Prueba de correlación Rho de Pearson*

|                  |                        | Resistencia a la abrasión | Peso unitario del concreto | Contenido de aire en el concreto | Temperatura del concreto | Slump del concreto | Resistencia a la compresión |
|------------------|------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------|-----------------------------|
| Dosificación RCD | Correlación de Pearson | 0,929*                    | -0,992*                    | -0,671                           | -0,217                   | 0,121*             | -0,990*                     |
|                  | Sig. (bilateral)       | 0,022                     | 0,001                      | 0,215                            | 0,727                    | 0,846              | 0,001                       |
|                  | N                      | 5                         | 5                          | 5                                | 5                        | 5                  | 5                           |

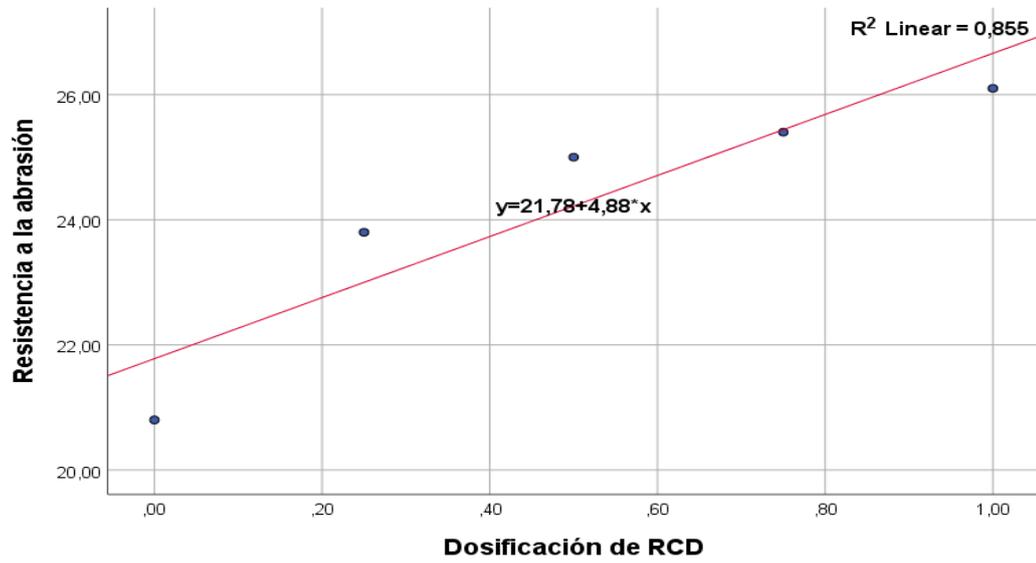
\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral)

La Tabla 27 demuestra que los diversos porcentajes de RCD tenían un nivel de significación de menos de 0,05 para la resistencia a la abrasión, el peso unitario del concreto y la resistencia a la compresión, por lo que se afirma que la correlación entre el porcentaje de agregado reciclado es directa casi perfecta con el desgaste por abrasión con un valor de 0,929 y tiene una relación inversa casi perfecta con el peso unitario y la resistencia a la compresión del concreto con valores mayores que -0,990. Por otro lado, se observa que la dosificación de RCD como agregado grueso no se relaciona con el contenido de aire, temperatura y el Slump.

La Figura 29 demuestra que el efecto del agregado RCD en las características mecánicas del concreto explica el 85,5% de la variación en el comportamiento del concreto, el nivel de desgaste por abrasión también es mayor, en consecuencia, el uso en una proporción de 25 % como máximo permite lograr valores adecuados para el desgaste por abrasión de acuerdo con la ASTM C799.

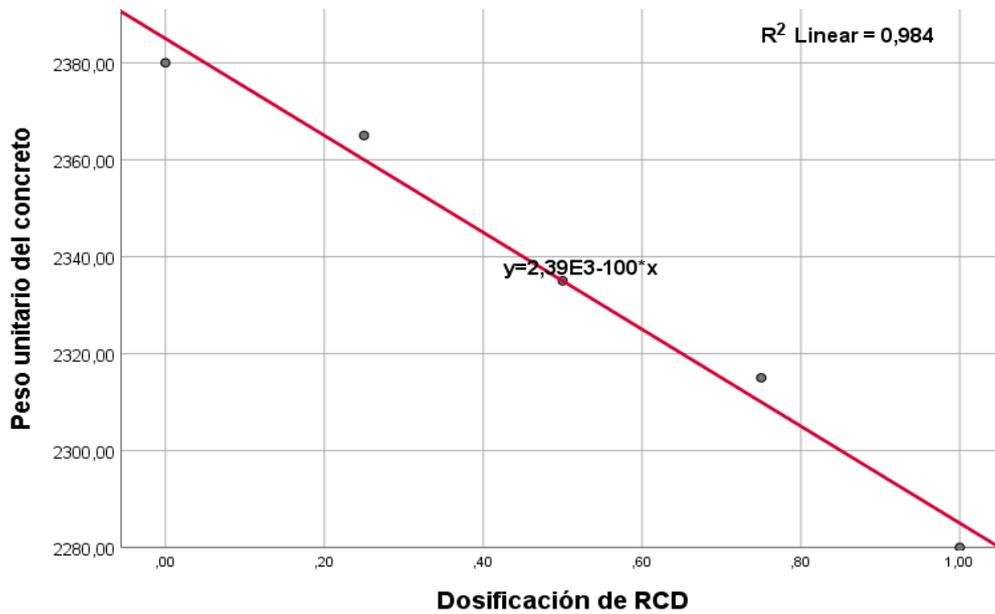
**Figura 29**

*Influencia del agregado RCD en el desgaste por abrasión*



**Figura 30**

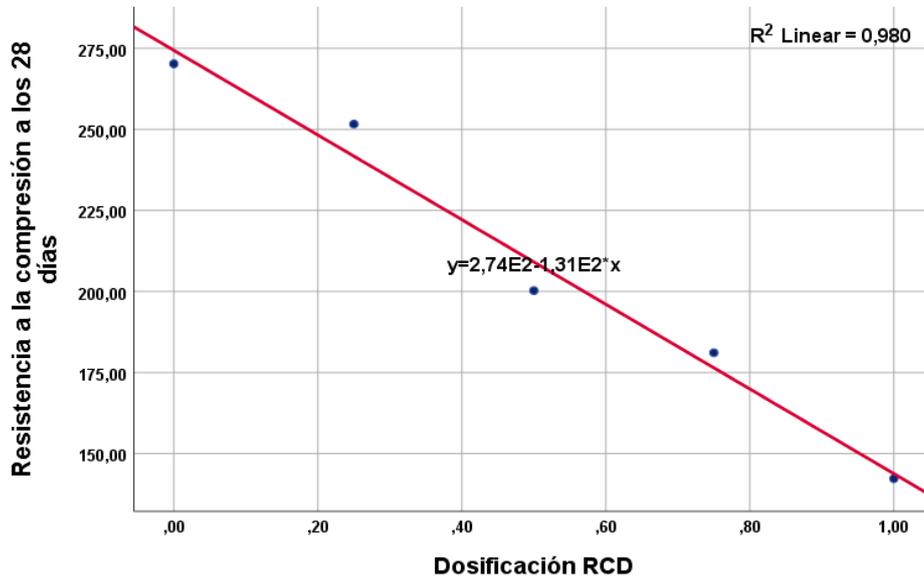
*Influencia del agregado RCD en el peso unitario del concreto en estado fresco*



La Figura 30 demuestra que la cantidad de agregado RCD tiene una correlación directa con el peso unitario de concreto fresco, con una mayor cantidad de agregado RCD resultando en un peso unitario más bajo.

**Figura 31**

*Influencia del agregado RCD en la resistencia a la compresión a los 28 días*



La Figura 31 indica que el efecto del agregado RCD sobre las características mecánicas del concreto puede representar hasta el 98% de la variación observada, disminuye la resistencia a la compresión; de ahí que la NTP 339.034 que se utilice un porcentaje máximo del 25% para preservar el valor de la resistencia.

#### **4.2. Discusión**

De acuerdo con el estudio granulométrico, el agregado grueso cumple con los requisitos del Husillo 67 de la NTP 400.037 (INDECOPI, 2018), y también cumple con los requisitos del Husillo 67 de la NTP 400.037 para módulo de finura (6,88).(INACAL, 2014); mientras que el agregado fino cumple con las especificaciones granulométricas ASTM C-136 (INDECOPI, 2018) y tiene un módulo de fineza de 3,07 que cumple con la NTP 400.037 (INACAL, 2014). Los agregados con RCD presentan módulos de fineza entre 6,79 y 6,94 que cumple con la NTP 400.037 (INACAL, 2014). Otros autores señalan que los áridos deben asemejarse en un grado proporcional a un agregado natural (Contreras, 2012), así como aseguran que es posible reciclar agregados de los residuos de pavimentos antiguos y emplearlos en nuevos pavimentos rígidos con resultados aceptables (Huisa, 2015). Por otra parte, Tarazona (2018) asegura que incorporar agregado reciclado es más caro en su producción, pero es ventajosa en la disposición final de RCD.

El tamaño máximo y el tamaño máximo nominal del agregado grueso natural con 100 % piedra chancada y el que contiene 25 % de RCD con 75 % de piedra chancada son de 1 1/2" y 3/4" respectivamente. Los agregados con mayores porcentajes de RCD solo presentan 1" de TM y de 3/4" de TMN. Esto coincide con lo manifestado por Contreras (2012), insiste en que el agregado reciclado puede incluirse en el diseño de la mezcla siempre que su tamaño máximo nominal sea comparable al del agregado natural.

Tras probar la resistencia a la abrasión del árido grueso, se descubrió que los niveles de desgaste por abrasión subían un 20,80% para el árido natural, y un 26,14% para una mayor dosificación de árido reciclado. De acuerdo con Montero (2003) Para que los agregados gruesos utilizados en el pavimento rígido sean adecuados para su propósito previsto, la tasa de desgaste por abrasión debe ser inferior al 50 por ciento, para verificar si las cualidades físicas y mecánicas del hormigón reciclado son las adecuadas para su uso en pavimento rígido, se deben realizar ensayos adicionales con áridos con porcentajes de RCD. Asimismo, Tarazona (2018) sugiere que se realice un examen de los agregados reciclados antes de que puedan incluirse en el diseño del concreto y especifica que el concreto reciclado se use solo en pavimentos que no estén sujetos a actividades de desgaste.

El contenido de humedad de los agregados gruesos, de acuerdo con la NTP 339.185 y la ASTM C-566, debe estar entre 1 a 6 % y el agregado fino, entre 3 % a 8 % (Garavito Isaza, 2020), los resultados muestran que el agregado con 100 % de RCD no cumple con la norma; pero el agregado fino tiene 4,26 % de humedad, cumpliendo con la norma. Similarmente, Erazo Gonzales (2018) asegura que "con la combinación de árido, 35% reciclado y 100% árido grueso RCD, se alcanza una humedad del 2,8% y" del 2,3%.

Según la NTP 400.017, los agregados se encuentran dentro del rango habitual si sus pesos unitarios fluctúan entre 1120 y 1900 kg/m<sup>3</sup> (Huaroc Palacios, 2017). Esto se aplica tanto a los agregados gruesos sueltos como compactos con RCD. Bermúdez Hernández (2021) muestra valores similares, pues el peso unitario compacto y suelto de agregados con RCD son 1,3840 y 1,2085 g/cm<sup>3</sup>. Erazo Gonzales (2018) afirma que el agregado combinado 65 % de fino natural y 35 % de reciclado con agregado grueso 100 % RCD tienen un peso específico de 1,449 y 1,239 g/cm<sup>3</sup>.

Los resultados obtenidos para el peso específico de los agregados con porcentajes de RCD varían entre 2,47 y 2,50 g/cm<sup>3</sup>, que son menores al agregado natural, 2,51 g/cm<sup>3</sup>; el peso específico del agregado fino fue de 2,50 g/cm<sup>3</sup>. La absorción es mayor en los agregados con RCD y fluctúan entre 0,18 a 0,41, que son muy superiores al porcentaje del agregado natural, 0,10, el agregado fino se absorbe en una proporción de 1,07 a 1. Resultados para el agregado grueso de "RCD" también los logró Bermúdez Hernández (2021), entre ellos "el peso específico 2421 kg/m<sup>3</sup> y porcentaje de absorción de 6.805%. La absorción fue de 2.92% y 5.3% lo logró Erazo Gonzales (2018) utilizando una mezcla de 65% fino natural y 35% reciclado con árido grueso 100% RCD, el peso específico fue de 2524 kg/m<sup>3</sup> y 2285 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente.

La falla axial a los 7, 14 y 28 días arroja valores promedio de 140.29, 188.56 y 270.22 kg/cm<sup>2</sup> para concreto elaborado con 100% piedra triturada como agregado y arena gruesa como agregado fino, respectivamente; En el caso de RCD 25%, estos valores fueron 154,19, 184,87 y 251,61 kg/cm<sup>2</sup>; para 50% RCD, 127,22, 177,85 y 200,25 kg/cm<sup>2</sup>; para 75% RCD, 111,92, 164,73 y 181,10 kg/cm<sup>2</sup>; y para 100% RCD, 54,35, 110,43 y 142,28 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Por ejemplo, si "el diseño de hormigón coincidió con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ", entonces "se encuentra que con 25 % de RCD y 75 % de piedra triturada, se alcanza una resistencia" de 251,61 kg/cm<sup>2</sup> después de 28 días, que "cumple con la NTP 339.034.

De igual manera, Mateus Ramírez y Gelves Peña (2020) señalan que el porcentaje óptimo máximo de agregados de RCD varía entre el 25 % al 30 %, lo que refuerza en cierta medida lo afirmado por Chávez Ruíz y Nakayo Cabada (2019) cuando señalan que con respecto a la muestra de referencia y que a mayor cantidad de RCD baja la resistencia" y "RCD en 5% y 10% no provocan diferencias significativas". Guerrero Quiñones (2018) Confirma que la resistencia a la compresión cae cuando se usa menos del 15% de RCD, pero aún cumple con la resistencia especificada, lo que hace posible la elaboración del hormigón. Pastrana-Ayala et al. (2019) especificar que, después de que el concreto se haya "endurecido", sus cualidades, como la "resistencia a la compresión", pueden alcanzar niveles adecuados. Diferente a nuestros hallazgos, Bermúdez Hernández (2021) Al 75% RCD y 4604 psi después de 28 días, se confirma que el diseño tiene la mayor resistencia a la compresión. Alape Esguerra y Santos Piñeros (2020) Los investigadores también encontraron que 50% RCD es la "proporción óptima de agregado grueso de", ya que "después de 14, 28 y 56 días las resistencias de 22,1 Mpa, 31,3 Mpa y 41,8 Mpa respectivamente; sin embargo, "pese a" el hecho de que utilizar agregado 100% RCD es más económico, no abogan por su uso. Así

también, Campos Ochoa y Saenz Zavala (2020) afirman que después de 28 días, cuando se utiliza un 40 % de árido reciclado en lugar de árido virgen, la resistencia a la compresión aumenta un 23,98 %, y que la resistencia a la compresión aumenta un 10,29 % cuando se utiliza RCD en una dosis del 80 % Contreras (2012) asegura que sustituyendo un 40% de RCD por árido natural se pueden alcanzar valores de resistencia muy elevados. Al igual que ellos, Erazo Gonzales (2018) El agregado grueso 100 % RCD generó un 39 % más de resistencia a la compresión que el diseño, que requería un 65 % de agregado fino "natural" y un 35 % "reciclado". Castro Cruz y Paredes Vilca (2018) resultó en la conclusión de que "al aplicar la fuerza de compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> los objetivos de resistencia se cumplieron con 25% RCD, 50% RCD y 75% RCD, mientras que "AGR 100% y AGN 0%" no lo hicieron. Una posible explicación de las discrepancias en los niveles de resistencia es que los agregados utilizados en los diversos estudios tienen propiedades diferentes.

## CONCLUSIONES

En la Tabla N°25 y la Figura N°27, por ejemplo, en la región Andrés Avelino Cáceres de la Región Ayacucho, en lugar de usar un 75% de “piedra triturada como agregado y arena gruesos”, un pavimento rígido a base de concreto reciclado emplea un 25% de agregado RCD como agregado fino”, permite alcanzar suficientes cualidades mecánicas y físicas concretas  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Además, los valores de resistencia a la compresión caen por debajo de los mínimos requeridos cuando el porcentaje de RCD se incrementa de 50% a 75% a 100%.

La granulometría para los agregados con diferentes porcentajes de RCD cumplen con el Huso 67 de la NTP 400.037, presentando módulos de fineza que fluctúan entre 6,79 y 6,94. Asimismo, el agregado fino presenta un módulo de fineza de 3,07. Lo que evidencia que es apto para la formulación del diseño de mezcla para el concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  para pavimento rígido. (INDECOPI, 2018)

El tamaño máximo y tamaño máximo nominal del agregado grueso natural y con 25 % de RCD con 75 % de piedra chancada es de 1 1/2" y 3/4" respectivamente. El tamaño máximo para los agregados ricos en RCD es de 1 pulgada, con un máximo teórico de 3/4 de pulgada. Esto hace que sean aptos para la formulación de concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  para pavimento rígido. Contreras (2012)

La resistencia a la abrasión del agregado grueso, demostró que tiene niveles de desgaste por abrasión entre 20,80 % para el agregado natural y un desgaste máximo de 26,14 % para el 100 % de agregado reciclado, encontrándose muy por debajo del valor crítico de 50 % de desgaste. Por lo tanto, de acuerdo al desgaste observado el agregado reciclado es apto para la formulación del concreto para pavimento rígido. Tarazona (2018)

En comparación con los valores estándar, las cualidades físicas del hormigón construido con diferentes porcentajes de RCD son comparables, pues varía entre 2240 y 2460  $\text{kg/m}^3$ , además, el % RCD es inversamente proporcional al peso unitario. El contenido de aire no debe ser superior al 2%, aunque los áridos con diferentes porcentajes de RCD cumplen este requisito dado que el tamaño máximo nominal del árido grueso es de 3/4". Todas las formas de hormigón reciclado funcionan a temperaturas no superiores a los 32 grados centígrados. Todas las mezclas tienen una consistencia similar, con una caída de entre 3,5 y 3,8 cm. De acuerdo con los resultados

de la prueba de correlación, la relación de agregado RCD no afectó la cantidad de aire, la temperatura o el asentamiento del concreto fresco. Campos Ochoa y Saenz Zavala (2020)

La resistencia a la compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días con el 100 % de piedra chancada es  $270,22 \text{ kg/cm}^2$ ; con el 25 % de RCD y 75 % de piedra chancada,  $251,61 \text{ kg/cm}^2$ ; con el 50 %, 75 % y 100 % de RCD, resultados de la Figura N°28 no cumplen con la resistencia establecida. Asimismo, el diseño de concreto con agregados RCD influye en forma negativa y significativa en la resistencia a la compresión y explica 98 % la reducción de la resistencia.

La formulación de concreto con agregados RCD para pavimento rígido requiere 25% RCD, 75% piedra triturada como agregado grueso y 5% arena gruesa como agregado fino, todos con características tales como granulometría con tamaño máximo nominal de 3/4", contenido de humedad para el agregado grueso entre 1 % a 6 % y agregado fino entre 3 % a 8 %, peso unitario entre 1/120 y 1/900  $\text{kg/m}^3$ , peso específico del agregado grueso RCD entre 2,47 y 2,50  $\text{g/cm}^3$  y agregado fino, 2,50  $\text{g/cm}^3$ , absorción entre 0,18 y 0,41 para agregados con RCD y agregado fino de 1,07. Diseño de mezcla en proporción peso de la mezcla por kg de cemento de 1 kg de cemento, 2,01 kg de agregado fino, 2,35 kg de agregado grueso y 15,78 L de agua. Proporción en volumen, 1 bolsa de cemento, 2,37  $\text{ft}^3$  de agregado fino, 2.68  $\text{ft}^3$  de agregado grueso y 15,78 L de agua. Mateus Ramírez y Gelves Peña (2020)

## RECOMENDACIONES

Se recomienda incorporar dentro lineamientos dentro del reglamento nacional de edificaciones, la utilización de agregados RCD para elaborar pavimento rígido, ya que esto favorecerá a la reutilización de los agregados y a la disminución de la contaminación ambiental.

Con el fin de determinar si los restos de construcción y demolición cumplen con la normatividad para su reúso, los estudiantes de la UNSCH utilizan el laboratorio de suelos para realizar análisis granulométricos para analizar y describir los residuos de pavimentos rígidos.

En el diseño de la mezcla se debe considerar el tamaño máximo y el tamaño nominal máximo de los agregados recuperados para uso en edificios o pavimentos, tal como lo exigen las normas emitidas por las autoridades competentes para el reciclaje de escombros de construcción y demolición.

A los proyectistas formular alternativas de uso RCD y evaluar la resistencia de los residuos al desgaste por abrasión para que se puedan reutilizar en el diseño del concreto para estructuras o pavimentos.

En la formulación de proyectos viales (pavimentos rígidos), incluir los agregados RCD como agregado grueso y agregados naturales como finos para obras que requieran estas características del concreto.

A las autoridades regionales y locales, tomar como referencia los resultados de esta investigación para normar el uso de residuos de demolición y construcción en las proporciones indicadas para el diseño de concreto en las diferentes obras tanto en estructuras como vías.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto Castillo, F. (2017). *Tecnología Del Concreto* (2da ed.). Editorial San Marcos E.I.R.L. <https://es.scribd.com/doc/306087568/Tecnologia-Del-Concreto-Flavio-Abanto>
- AGS. (2018, abril 11). *Grava para Construcción*. Arena y Grava Saltillo. <https://arenaygravasaltillo.wordpress.com/2018/04/11/grava-para-construccion/>
- Alape Esguerra, C. M., & Santos Piñeros, A. (2020). *Estudio comparativo entre un concreto convencional de 3000 PSI y un concreto con agregado grueso a partir de 50%, 75% y 100% de RCD* [Tesis de Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomás]. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/31319/2020cristianalape.pdf?sequence=6>
- ALICARESP. (2019, enero 14). *Conceptos básicos de pavimento rígido*. Ingeniería Civil. <http://alicaresp.com/2019/01/14/conceptos-basicos-de-pavimentos/>
- Arquitectura21. (2021, julio). *Que son agregados para concreto*. Revista educativa Arquitectura21.com. <https://arquitectura21.com/que-son-agregados-para-concreto/>
- Bermúdez Hernández, R. D. (2021). *Evaluación de la resistencia a la compresión de un concreto con la sustitución de residuos de construcción y demolición como agregado grueso* [Trabajo de Pregrado, Universidad de la Costa CUC]. <https://hdl.handle.net/11323/8174>
- Campos Ochoa, E. N., & Saenz Zavala, J. E. (2020). *Hormigón estructural con agregados reciclados para la construcción de viviendas* [Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, Universidad Ricardo Palma]. [https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/3716/CIV-T030\\_48038623\\_T%20%20%20SAENZ%20ZAVALA%20JOSE%20ELTON.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/3716/CIV-T030_48038623_T%20%20%20SAENZ%20ZAVALA%20JOSE%20ELTON.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Castañeda Cruz, K. J., & Vásquez Barreto, E. L. (2014). *Aplicación de concreto reciclado en la producción de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito vehicular ligero en la ciudad de Chiclayo* [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Señor de Sipán].  
<https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/1113>
- Castro Cruz, A. M., & Paredes Vilca, C. S. (2018). *Diseño de concreto estructural de resistencia mayores a 210 kg/cm<sup>2</sup>/ con materiales reciclados de concreto, San Juan de Lurigancho, 2018* [Tesis de Ingeniería Civil, Universidad César Vallejo].  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/36871>
- Chávez Porras, Á., Palacio León, Ó., & Guarín Cortés, N. L. (2013). Unidad logística de recuperación de residuos de construcción y demolición: Estudio de caso Bogotá D.C. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 23(2), 95-118.
- Chávez Ruíz, E. A., & Nakayo Cabada, L. A. (2019). *Influencia de los residuos de construcción y demolición RCD en la resistencia a la compresión y succión del ladrillo de concreto artesanal – Trujillo 2018* [Tesis de Licenciatura, Universidad Privada del Norte]. <http://hdl.handle.net/11537/21195>
- Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible. (2009). *Reciclando concreto*. WBCSD. [https://ficem.org/publicaciones-CSI/DOCUMENTO-CSI-RECICLAJE-DEL-CONCRETO/RECICLAJE-D-CONCRETO\\_1.pdf](https://ficem.org/publicaciones-CSI/DOCUMENTO-CSI-RECICLAJE-DEL-CONCRETO/RECICLAJE-D-CONCRETO_1.pdf)
- Contreras Lojano, C. E. (2012). *Concreto con áridos reciclados: Adaptación de esta tecnología, alcanzando por lo menos 210kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a la compresión* [Tesis de Maestría en Construcciones, Universidad de Cuenca].  
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/535>
- Cottier Caviedes, J. L. (2019). *Tecnología del concreto*.  
<https://dokumen.tips/documents/tecnologia-del-concreto-juan-luis-cottier-caviedes.html?page=1>
- Departamento de Mecánica Estructural. (2009). *Análisis de tamaño de partículas por*

*tamizado en agregado fino y grueso y determinación de material más fino que el tamiz No. 200 (75  $\mu$ m) en agregado mineral por lavado.* Universidad Centroamericana “Jose Simeon Cañas”. <https://www.uca.edu.sv/mecanica-estructural/materias/materialesCostruccion/guiasLab/ensayoAgregados/GRANULOMETRIA.pdf>

Departamento Nacional de Planeación. (2017). *Construcción de pavimento rígido en vías urbanas de bajo tránsito.* Departamento Nacional de Planeación Subdirección Territorial y de Inversiones Públicas. <https://proyectostipo.dnp.gov.co/images/pdf/pavimento/PTpavimento.pdf>

Díaz Farfán, J. (2019). *Tecnología del Concreto.*

DS N° 003-2013-VIVIENDA. (2013). *Reglamento para la Gestión y Manejo de los Residuos de las Actividades de la Construcción y Demolición.* Oficina de Medio Ambiente. [https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu\\_publica/capacita/3\\_present\\_residuos\\_constr.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publica/capacita/3_present_residuos_constr.pdf)

Erazo Gonzales, N. E. (2018). *Evaluación del diseño de concreto  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando agregados naturales y reciclados para su aplicación en elementos no estructurales* [Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional Federico Villarreal]. <http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/2554/ERAZO%20GONZALES%20NILO%20ELIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades. (2012, enero). Fichas de registro. *Portal Académico CCH.* <https://portalacademico.cch.unam.mx/alumno/tlriid4/unidad3/procesamiento/fichasRegistro>

FAEDIS. (2018). *Distribución granulométrica.* Universidad Militar de Nueva Granada. [http://virtual.umng.edu.co/distancia/ecosistema/ovas/ingenieria\\_civil/tecnologia](http://virtual.umng.edu.co/distancia/ecosistema/ovas/ingenieria_civil/tecnologia)

\_del\_concreto\_y\_laboratorio/unidad\_1/medios/documentacion/p10h10.php#

Gallardo Echenique, E. E. (2017). *Metodología de la Investigación: Manual autoformativo interactivo* (1ra ed.). Universidad Continental.

Garavito Isaza, E. (2020). *Humedad de agregados y control de inventarios*. 360enconcreto. <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/humedad-en-agregados-y-control-de-inventarios-1#:~:text=Los%20valores%20t%C3%ADpicos%20promedio%20de,%25%20y%203%2C0%20%25.>

García Aladín, M. F., Ordóñez Silva, L. M., Llano Muñoz, J. L., & Travi Penna, E. G. (2019). *Identificación de fuentes de agregados para pavimentos*. Sello Editorial Javeriano. <https://www.jstor.org/stable/10.2307/j.ctv1ft83dp>

Geotecnia ONLINE. (2021, julio 19). *Agregado*. Diccionario.geotecnia.online. <https://www.diccionario.geotecnia.online/palabra/agregado/>

Gomez Urrea, C. D., & López Morales, D. L. (2014). *Aprovechamiento de los residuos orgánicos putrescibles para la implementación de huertas comunitarias multifuncionales en altos de la estancia ubicado en la localidad de Ciudad Bolívar- Bogotá* [Proyecto de grado para optar el título de Ingeniero Ambiental, Universidad Santo Tomás]. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/375/2014carolgomez.pdf?sequence=5>

Google Earth. (2021). *Ubicación de botaderos y proyectos de pavimentación con recojo de RCD*.

Google Maps. (s. f.). *Ubicación de la Planta Procesadora de Agregados «Glorieta»*. <https://www.google.com/maps/place/Huamanga/@-13.144337,-74.1983721,3053m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x911262e3df1b54fb:0x85a2b75683baeea0!8m2!3d-13.163919!4d-74.2236123>

Guerrero Quiñones, J. S. (2018). *Influencia del uso de residuos de construcción y*

- demolición en diferentes porcentajes sobre la resistencia a la compresión del concreto, Trujillo 2018* [Tesis de Licenciatura, Universidad Privada del Norte].  
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14269>
- Guyer, J. P. (2020). *Una introducción a los pavimentos de hormigón*. The Clubhouse Press.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES S.A. de C.V.
- Huaroc Palacios, A. H. (2017). *Influencia del porcentaje de micro sílice a partir de la ceniza de cascarilla de arroz sobre la resistencia a la compresión, asentamiento, absorción y peso unitario de un concreto mejorado* [Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, Universidad Privada del Norte].  
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/12532/Huaroc%20Palacios%2c%20Anita.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Huisa Huahuasoncco, E. W. (2015). *Manejo de los residuos de la Construcción y Demoliciones para su reciclado y empleo en Construcciones de vías de la Ciudad de Juliaca* [Trabajo de Grado, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez].  
<http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/86>
- IMCYC. (2004). Propiedades del concreto. En *Conceptos básicos del concreto* (pp. 11-15). Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.  
<http://www.imcyc.com/cyt/julio04/CONCEPTOS.pdf>
- INACAL. (2002). *NTP 400.018. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75µm (Nº 200) por lavado de agregados* (2da ed.). Dirección de Normalización - INACAL.  
<https://es.scribd.com/document/374983488/Ntp-400-018-Materiales-Que-Pasan-La-Malla-200>
- INACAL. (2014). *NTP 400.037. AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para*

*agregados en concreto* (3ra ed.). Dirección de Normalización - INACAL.  
<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-peruana-de-ciencias-aplicadas/tecnologia-del-concreto/ntp-400037-2014-agregados-especificaciones-normalizadas-para-concreto/9833302>

INACAL. (2015). *NTP 339.034. CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas* (4ta ed.). Dirección de Normalización - INACAL.  
<https://es.scribd.com/document/417389764/Ntp-339-034-Metodo-de-Ensayo-Normalizado-Para-La-Determinacion-de-La-Resistencia-a-La-Compresion-Del-Concreto-en-Muestras-Cilindricas>

INACAL. (2018a). *NTP 400.012. AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global* (3ra ed.). Dirección de Normalización - INACAL.  
<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-catolica-santo-toribio-de-mogrovejo/tecnologia-del-concreto/ntp-400012-2013-revision-2018-analisis-granulometrico-del-agregado-fino-grueso-y-global/14744990>

INACAL. (2018b). *NTP 400.021. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso* (3ra ed.). Dirección de Normalización - INACAL. <https://pdfcoffee.com/ntp-400021-densidad-y-absorcion-agregado-grueso-convertido-pdf-free.html>

INACAL. (2019). *NTP 339.047. CONCRETO. Definiciones y terminología relativas al concreto y agregados* (3ra ed.). Dirección de Normalización - INACAL.  
<https://es.scribd.com/document/546155995/NTP-339-047-2014-2019>

INDECOPI. (2018). *NTP 400.037. AGREGADOS. Agregados para concreto. Requisitos* (4ta ed.).

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2021, marzo 15). *INEI: sector construcción registró un crecimiento de 15.22% en enero del 2021*. Andina. Agencia Peruana de Noticias. <https://andina.pe/agencia/noticia-inei-sector->

- construccion-registro-un-crecimiento-1522-enero-del-2021-837442.aspx
- JKEMSCA Estudio de mecánica de suelos, concreto y asfalto. (2022). *Informe técnico diseño de mezcla de concreto 210 Kg/cm<sup>2</sup>*.
- Martínez Bravo, M. del C. (2017). Elementos prefabricados del concreto. *Revista CYT*, 7(2), 12-64.
- Mateus Ramírez, C. A., & Gelves Peña, D. A. (2020). *Mecánica a compresión en morteros. Evaluación de resistencia en morteros de cemento con agregado RCD* [Trabajo de Grado, Universidad Católica de Colombia]. <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/24801/1/DOC%20FINAL%20PROYECTO%20DE%20GRADO%20%23%2014.pdf>
- Mercante, I., Bovea Edo, M., Arena, P., & Martinengo, P. (2009). Estudio comparativo de los aspectos técnicos entre la legislación de RCD en España y América Latina. *II Simposio Iberoamericano II Simposio Iberoamericano I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos Ingeniería de Residuos*. <http://www.redisa.net/doc/artSim2009/GestionYPoliticaAmbiental/Estudio%20comparativo%20de%20los%20aspectos%20t%C3%A9cnicos%20entre%20la%20legislaci%C3%B3n%20de%20RCD%20en%20Espa%C3%B1a%20y%20Am%C3%A9rica%20Latina.pdf>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *MTC-E-108—2000. Metodo de Ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo*. ICG – Instituto de la Construcción y Gerencia. <https://es.scribd.com/document/179619233/Mtc-e-108-2000-Metodo-e-Ensayo-Para-Determinar-El-Contenido-de-Humedad-de-Un-Suelo>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2009). *Norma Técnica de Edificación E.060. Concreto armado*. [http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios\\_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060\\_CONCRETO\\_ARMADO.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060_CONCRETO_ARMADO.pdf)

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2010). *Decreto Supremo N° 001—2010—Vivienda. Aprueba la Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones – RNE.*
- Ministerio del Ambiente. (2012). *Glosario de términos de uso frecuente en la gestión ambiental.* Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental.  
<http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/504.pdf>
- Montero Lozano, C. (2003). *Manual técnico tecnopavimento.* Estudios Gráficos Europeos S.A. <http://www.andece.org/wp-content/uploads/2019/06/manual-tecnico-terrazo.pdf>
- Montoya Vallecilla, J. O. (2017). *Elementos de concreto reforzado I.* Ediciones Unibagué.
- Municipalidad Provincial de Huamanga. (2019). *Plan provincial 2019.*  
[https://www.munihuamanga.gob.pe/Documentos\\_mph/Munitransparencia/Participacion\\_ciudadana/Serenazgo/PlanProvincial2019.pdf](https://www.munihuamanga.gob.pe/Documentos_mph/Munitransparencia/Participacion_ciudadana/Serenazgo/PlanProvincial2019.pdf)
- Ortega García, J. E. (2014). *Diseño de estructuras de concreto armado. Tomo 1.* Editora Macro EIRL.
- Pacheco Aguilar, O. E. (2018). *Análisis del control interno y su incidencia en la gestión municipal de la oficina del almacén central en la Municipal Provincial de Puno 2016-2017* [Informe de trabajo profesional para optar el título profesional de Contador Público, Universidad Nacional del Altiplano].  
[http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/8438/Pacheco\\_Aguilar\\_Olinda\\_Em%c3%a9rita.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/8438/Pacheco_Aguilar_Olinda_Em%c3%a9rita.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Parera, A. (2017, julio 18). *Pavimentos flexibles y pavimentos rígidos.* UNIFORT.  
<https://www.unifort.es/pavimentos-industriales/pavimentos-flexibles-pavimentos-rigididos/>
- Pastrana-Ayala, J., Silva-Urrego, Y., Adrada-Molano, J., & Delvasto-Arjona, S. (2019).

Propiedades físico-mecánicas de concretos autocompactantes producidos con polvo de residuo de concreto. *Informador Técnico*.  
<https://doi.org/10.23850/22565035.2170>

- Quiroz Crespo, M. V., & Salamanca Osuna, L. E. (2006). *Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje en la asignatura de «Tecnología del Hormigón»* [Trabajo dirigido para optar al Diploma Académico de Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad Mayor de San Simón].  
[https://www.academia.edu/13223612/UNIVERSIDAD\\_MAYOR\\_DE\\_SAN\\_SIMON\\_FACULTAD\\_DE\\_CIENCIAS\\_Y\\_TECNOLOGIA\\_APOYO\\_DIDACTICO\\_PARA\\_LA\\_ENSEANZA\\_Y\\_APRENDIZAJE\\_EN\\_LA\\_ASIGNATURA\\_DE\\_TECNOLOGIA\\_DEL\\_HORMIGON](https://www.academia.edu/13223612/UNIVERSIDAD_MAYOR_DE_SAN_SIMON_FACULTAD_DE_CIENCIAS_Y_TECNOLOGIA_APOYO_DIDACTICO_PARA_LA_ENSEANZA_Y_APRENDIZAJE_EN_LA_ASIGNATURA_DE_TECNOLOGIA_DEL_HORMIGON)
- Rivera, G. (2015). *Concreto simple*. Universidad del Cauca.  
[https://www.academia.edu/13569512/CONCRETO\\_SIMPLE](https://www.academia.edu/13569512/CONCRETO_SIMPLE)
- Rivva, E. (2021). *Materiales para el Concreto* (3ra ed.). Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Robayo R.A., Matthey P. E., Silva Y. F., Burgos & Arjona S. D. (2015). Los residuos de la construcción y demolición en la ciudad de Cali: Un análisis hacia su gestión, manejo y aprovechamiento. *Tecnura*, 19(44), 157-170.
- Ramos, Á. F., Quiun, D., & Silva, W. E. (2018). *Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería* (2da ed.). Fondo Editorial PUCP.  
<http://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/170319>
- Sánchez, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero* (5ta ed.). Bhandar Editores.
- Sanhueza, M. (2020). *Área de Hormigón*. Ministerio de Obras Públicas.  
<https://docplayer.es/8340516-Area-de-hormigon-marcela-sanhueza-r.html>
- SITECAL. (2016). *Agregados (arena y grava)*. Sitecal.com.  
<http://www.sitecal.com.bo/files/14.%20ENSAYO%20GRANULOMETRICO%20GRAVA-ARENA.pdf>

- Sociedad Peruana de Derecho Ambiental. (2009). *Manual de residuos sólidos*. Sociedad Peruana de derecho Ambiental – SPDA.
- Solís-Carcaño, R. G., & Chan-Magaña, G. E. (2020). Desgaste por abrasión del concreto con agregado calizo de alta absorción. *Revista Ciencia UANL*, 23(103). <https://doi.org/10.29105/cienciauanl23.103-3>
- Tamayo, C., & Silva, I. (s. f.). *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*. Departamento Académico de Metodología de la Investigación. <http://www.postgradoune.edu.pe/pdf/documentos-academicos/ciencias-de-la-educacion/23.pdf>
- Tarazona (2018). *Aprovechamiento del concreto reciclado proveniente de los residuos de demolición de pavimento rígido en la producción de concreto nuevo en la ciudad de Huánuco-2018* [Tesis de grado, Universidad Nacional Hermilio Valdizan]. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/4561>
- Tecmaterialesbravo. (2015, septiembre 23). *Agregados*. Tecnología de los materiales. <http://www.tecmaterialesbravo.blogspot.com/2015/09/semana-6-y-7-agregados.html>
- Torre, A. (2004). *Curso básico de tecnología del concreto*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Vasconcelos, N. (2010, febrero 17). *EU, Japón y Europa reciclan los desperdicios del concreto*. Expansión. <https://expansion.mx/mundo/2010/02/18/eu-japon-y-europa-reciclan-los-desperdicios-del-concreto>

## **ANEXOS**

## ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

| Título de investigación  |   |  |  |  |   |   |  |
|--|---|--|--|--|---|---|--|
| Formulación de pavimento rígido utilizando concreto reciclado del distrito de Andrés Avelino Cáceres, región Ayacucho  |   |  |  |  |   |   |  |
| Problema   | Objetivos   | Hipótesis  | Variables  | Dimensiones                                    | Indicadores   | Metodología   |  |
| <b>Principal</b><br>¿Cuál es la formulación de pavimento rígido utilizando concreto reciclado del distrito de Andrés Avelino Cáceres, región Ayacucho?   | <b>General</b><br>Formular pavimento rígido utilizando concreto reciclado del distrito de Andrés Avelino Cáceres, región Ayacucho.  | <b>General</b><br>La formulación del pavimento rígido es adecuada usando concreto reciclado del distrito de Andrés Avelino Cáceres de la región Ayacucho.  | <b>Independiente.</b><br><b>Concreto reciclado</b>     | Porcentaje de concreto                         | de<br>Porcentaje en masa de agregado grueso reciclado (%).  | <b>Enfoque:</b><br>Cuantitativo   |  |
| <b>Específicos</b><br>¿Cuál es la granulometría del agregado grueso de diferentes porcentajes de concreto reciclado para la formulación de pavimento rígido?<br>¿Cuál es el tamaño de agregado grueso empleado como componente del pavimento rígido a formular?<br>¿Cuál es la resistencia a la abrasión del agregado grueso de diferentes porcentajes de concreto reciclado?<br>¿Cuáles son las propiedades físicas del concreto reciclado del distrito de Andrés Avelino Cáceres, región Ayacucho?<br>¿Cuál es la resistencia a la compresión del concreto formulado para pavimento rígido?<br>¿Cuál es el porcentaje de concreto reciclado para la formulación de pavimento rígido? | <b>Específicos</b><br>Determinar la granulometría del agregado grueso de diferentes porcentajes de concreto reciclado para la formulación de pavimento rígido.<br>Determinar el tamaño de agregado grueso empleado como componente del pavimento rígido a formular.<br>Determinar la resistencia a la abrasión del agregado grueso de diferentes porcentajes de concreto reciclado.<br>Determinar las propiedades físicas del concreto reciclado del distrito de Andrés Avelino Cáceres, región Ayacucho.<br>Establecer la resistencia a la compresión del concreto formulado para pavimento rígido.<br>Determinar el porcentaje de concreto reciclado para la formulación de pavimento rígido. | <b>Específicas</b><br>La granulometría del agregado grueso de los diferentes porcentajes de concreto reciclado cumple con las especificaciones normadas.<br>Los tamaños de agregado grueso ofrecen una adecuada resistencia a la abrasión.<br>A porcentaje de concreto reciclado mayores del 70 % para la formulación de pavimento rígido disminuye la resistencia a la abrasión.<br>El agregado grueso procedente de la demolición del pavimento rígido del distrito de Andrés Avelino Cáceres, región Ayacucho tiene propiedades físicas adecuadas.<br>La resistencia a la compresión del concreto usando agregado grueso proveniente de los residuos de demolición del pavimento rígido alcanza la resistencia deseada.<br>En la formulación de pavimento rígido, a mayor porcentaje de concreto reciclado menor es la calidad de pavimento rígido. | <b>Dependiente</b><br><b>Resistencia a la abrasión</b> | Tamaño de agregado grueso<br><br>Granulometría | de<br>agregado grueso:<br>½", ¾", 1".<br><br>Resistencia a la abrasión de agregado grueso de diferentes porcentajes de concreto reciclado.<br><br>Resistencia a la abrasión de diferentes porcentajes de concreto reciclado (kg/cm²). | <b>Tipo:</b><br>Aplicada<br><br><b>Alcance:</b><br>Explicativo<br><br><b>Diseño:</b><br>Experimental<br><br><b>Población y Muestra:</b><br>Residuos de pavimentos de Ayacucho.<br><br>La muestra fue no probabilística.<br><br><b>Análisis estadístico:</b><br>Pruebas estadísticas ANOVA<br>Regresión múltiple |  |

## ANEXO 2: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

#### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

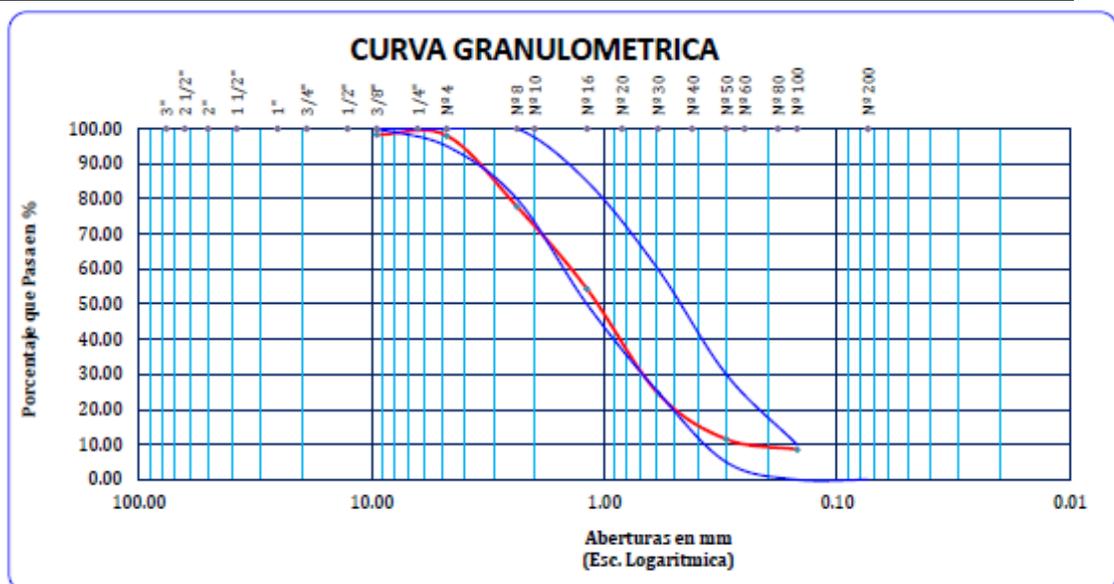
**TÍTULO** : Formulación de pavimento rígido utilizando concreto reciclado del distrito de Andrés Avelino Cáceres, región Ayacucho

**Elaborado** : Eduardo Quispe Conde

**Ubicación** : Planta Procesadora de Agregados "Glorieta", cantera del río Huatatas, distrito de Andrés Avelino Cáceres, Huamanga

**Fecha** : \_\_\_\_\_

| Malla  | Peso   | % Retenido | % Retenido | % que pasa | Especificaciones |
|--------|--------|------------|------------|------------|------------------|
| Tamiz  | mm     | Parcial    | Acumulado  |            |                  |
| 1 1/2" | 76,200 |            |            |            | 100 – 100        |
| 1"     | 25,400 |            |            |            | 95 – 100         |
| 3/4"   | 19,050 |            |            |            |                  |
| 1/2"   | 12,700 |            |            |            | 25 – 60          |
| 3/8"   | 9,525  |            |            |            |                  |
| Nº 4   | 4,760  |            |            |            | 0 – 10           |
| Nº 8   | 2,360  |            |            |            | 0 – 5            |
| < Nº 8 | Fondo  |            |            |            |                  |
| Total  |        |            |            |            |                  |



## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO – NTP 400.022

**TÍTULO** : **Formulación de pavimento rígido utilizando concreto reciclado del distrito de Andrés Avelino Cáceres, región Ayacucho**

**Elaborado** : **Eduardo Quispe Conde**

**Ubicación** : **Planta Procesadora de Agregados "Glorieta", cantera del río Huatatas, distrito de Andrés Avelino Cáceres, Huamanga**

**Fecha** : \_\_\_\_\_

|   | <b>Ensayo</b>   | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>Promedio</b> |
|---|---|----------|----------|-----------------|
| A | Peso material saturado superficialmente seco (en Aire) (g)  |          |          |                 |
| B | Peso frasco + agua (g)                                      |          |          |                 |
| C | Peso frasco + agua + A (g)                                  |          |          |                 |
| D | Peso del material + agua en el frasco (g)                   |          |          |                 |
| E | Volumen de masa + volumen de vacío = C-D (cm <sup>3</sup> ) |          |          |                 |
| F | Peso de material seco en estufa (105 °C) (g)                |          |          |                 |
| G | Volumen de masa = E – (A – F) (cm <sup>3</sup> )            |          |          |                 |
|   | Pe bulk (Base seca) = F/E                                   |          |          |                 |
|   | Pe bulk (Base saturada) = A/E                               |          |          |                 |
|   | Pe aparente (Base seca) = F/G                               |          |          |                 |
|   | % de absorción = ((A – F)/F)*100                            |          |          |                 |

## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO – NTP 400.021

**TÍTULO** : **Formulación de pavimento rígido utilizando concreto reciclado del distrito de Andrés Avelino Cáceres, región Ayacucho**

**Elaborado** : **Eduardo Quispe Conde**

**Ubicación** : **Planta Procesadora de Agregados "Glorieta", cantera del río Huatatas, distrito de Andrés Avelino Cáceres, Huamanga**

**Fecha** : \_\_\_\_\_

|   | <b>Ensayo</b>  | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>Promedio</b> |
|---|--|----------|----------|-----------------|
| A | Peso material saturado superficialmente seco (en Aire) (g)   |          |          |                 |
| B | Peso material saturado superficialmente seco (en Agua) (g)   |          |          |                 |
| C | Volumen de masa + volumen de vacíos = A-B (cm <sup>3</sup> ) |          |          |                 |
| D | Peso material seco en estufa (105 °C) (g)                    |          |          |                 |
| E | Volumen de masa = C – (A – D) (cm <sup>3</sup> )             |          |          |                 |
|   | Pe bulk (Base seca) = D/C                                    |          |          |                 |
|   | Pe bulk (Base saturada) = A/C                                |          |          |                 |
|   | Pe Aparente (Base Seca) = D/E                                |          |          |                 |
|   | % de absorción = ((A – D) / D * 100)                         |          |          |                 |

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS – NTP 400.017

**TÍTULO** : **Formulación de pavimento rígido utilizando concreto reciclado del distrito de Andrés Avelino Cáceres, región Ayacucho**

**Elaborado** : **Eduardo Quispe Conde**

**Ubicación** : **Planta Procesadora de Agregados "Glorieta", cantera del río Huatatas, distrito de Andrés Avelino Cáceres, Huamanga**

**Agregado grueso**

| <b>Agregado</b>                                | <b>Peso unitario suelto</b> |          |          | <b>Peso unitario compactado</b> |          |          |          |
|--|-----------------------------|----------|----------|---------------------------------|----------|----------|----------|
|  | <b>Nº de ensayo</b>         | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b>                        | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> |
| Peso material + molde (g)                      |                             |          |          |                                 |          |          |          |
| Peso de molde (g)                              |                             |          |          |                                 |          |          |          |
| Peso neto de material(g)                       |                             |          |          |                                 |          |          |          |
| Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )           |                             |          |          |                                 |          |          |          |
| Peso unitario suelto (g/cm <sup>3</sup> )      |                             |          |          |                                 |          |          |          |
| Promedio de peso unitario (g/cm <sup>3</sup> ) |                             |          |          |                                 |          |          |          |
| Desviación estándar del peso unitario          |                             |          |          |                                 |          |          |          |

| <b>Ensayo N°</b>           | <b>Agregado</b> |
|----------------------------|-----------------|
| N° de tara                 |                 |
| Peso tara + suelo húmedo g |                 |
| Peso tara + suelo seco g   |                 |
| Peso de la tara g          |                 |
| Peso del agua g            |                 |
| Peso suelo seco g          |                 |
| Humedad %                  |                 |
| Humedad natural promedio % |                 |

## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS – NTP 400.017

**TÍTULO** : **Formulación de pavimento rígido utilizando concreto reciclado del distrito de Andrés Avelino Cáceres, región Ayacucho**

**Elaborado** : **Eduardo Quispe Conde**

**Ubicación** : **Planta Procesadora de Agregados "Glorieta", cantera del río Huatatas, distrito de Andrés Avelino Cáceres, Huamanga**

#### Agregado fino

| Agregado                                       | Peso unitario suelto |   |   | Peso unitario compactado |   |   |   |
|--|----------------------|---|---|--------------------------|---|---|---|
|  | Nº de ensayo         | 1 | 2 | 3                        | 1 | 2 | 3 |
| Peso material + molde (g)                      |                      |   |   |                          |   |   |   |
| Peso de molde (g)                              |                      |   |   |                          |   |   |   |
| Peso neto de material (g)                      |                      |   |   |                          |   |   |   |
| Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )           |                      |   |   |                          |   |   |   |
| Peso unitario suelto (g/cm <sup>3</sup> )      |                      |   |   |                          |   |   |   |
| Promedio de peso unitario (g/cm <sup>3</sup> ) |                      |   |   |                          |   |   |   |
| Desviación estándar del peso unitario          |                      |   |   |                          |   |   |   |

| Ensayo N°                  | Agregado |
|----------------------------|----------|
| N° de tara                 |          |
| Peso tara + suelo húmedo g |          |
| Peso tara + suelo seco g   |          |
| Peso de la tara g          |          |
| Peso del agua g            |          |
| Peso suelo seco g          |          |
| Humedad %                  |          |
| Humedad natural promedio % |          |

### ANEXO 3: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

 **Metrotest**  
LABORATORIO DE METROLOGÍA

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

**CFM-174-2022**  
Pág. 1 de 3

|   |  |
|---|--|
| <b>OBJETO DE PRUEBA:</b>                  | <b>MAQUINA PARA ENSAYOS DE CONCRETOS</b>   |
| <i>Rangos</i>                             | 100 000      kgf   |
| <i>Dirección de carga</i>                 | Ascendente   |
| <b>FABRICANTE</b>                         | METROTEST  |
| <i>Modelo</i>                             | MC-160   |
| <i>Serie</i>                              | 233  |
| <i>Indicador de Fuerza (Modelo/Serie)</i> | MCIL-1 / C-1016  |
| <i>Transductor de Presión</i>             | 160429031  |
| <i>Ubicación</i>                          | Lab. Fuerza de Metrotest E.I.R.L.  |
| <i>Código Identificación</i>              | NO INDICA  |
| <i>Norma utilizada</i>                    | ASTM E4; ISO 7500-1  |
| <i>Intervalo calibrado</i>                | Escala (s)      100 000      kgf<br>De 10 000 a 100 000 kgf      1% A 50%  |
| <i>Temperatura de prueba °C</i>           | Inicial      19,8      Final      20,1   |
| <i>Inspección general</i>                 | La prensa se encuentra en buen estado de funcionamiento  |
| <i>Solicitante</i>                        | JKEMSCA S.A.C.   |
| <i>Dirección</i>                          | MZA. N°1 LOTE. 02 ASOC. MIRAFLORES ALTA - AYACUCHO - HUAMANGA - SAN JUAN BAUTISTA  |
| <i>Ciudad</i>                             | AYACUCHO   |
| <b>PATRON(ES) UTILIZADO(S)</b>            | Tipo / Modelo      BOTELLA<br>Código      MF-02<br>Certif. de calibr.      INF-LE-381-21B      PUCP                            |
| <i>Unidades de medida</i>                 | Sistema Internacional de Unidades (SI)   |
| <b>FECHA DE CALIBRACION</b>               | 2022/03/11   |
| <b>FECHA DE EMISION</b>                   | 2022/03/11   |
| <b>FIRMAS AUTORIZADAS</b>                 |  |
|   | Jefe de Metrología<br>Luiggi Aserjo G.<br> |



Av. Aristides Solaguren 464 Dpto. 102 Urb. Parques de Villa Sol - Los Olivos      www.metrotest.com / metrotestlogistica@hotmail.com / ventas@metrotest.com  
Tel.: 528-7856 Telefax: 528-3324 Email: 007 045 543 / #962 880 961

**PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROTEST EIRL**



# Metrotest E.I.R.L.

## LABORATORIO DE METROLOGÍA

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

**CFM-174-2022**

Pág. 2 de 3

Método de calibración: FUERZA INDICADA CONSTANTE

#### DATOS DE CALIBRACIÓN

 ESCALA: 961 kN Resolución: 0,06 kN Dirección de la carga: Ascendente  
 100 000 kgf 0,005 kgf Factor de conversión: 0,005 kN/kgf

| Indicación de la máquina    |        |        | Indicaciones del patrón (series de mediciones) |        |           |        |            |
|-----------------------------|--------|--------|--|--------|-----------|--------|------------|
| (F)                         |        |        | 0°   | 120°   | No aplica | 240°   | Accesorios |
| %                           | kN     | kgf    | kN   | kN     | kN        | kN     | kN         |
| 10                          | 100,00 | 10 197 | 99,71  | 99,60  | No aplica | 99,71  | No aplica  |
| 20                          | 200,00 | 20 394 | 200,26   | 200,40 | No aplica | 200,01 | No aplica  |
| 30                          | 300,00 | 30 591 | 300,50   | 300,19 | No aplica | 300,10 | No aplica  |
| 40                          | 400,00 | 40 789 | 400,97   | 400,94 | No aplica | 400,80 | No aplica  |
| 50                          | 500,00 | 50 986 | 500,09   | 500,24 | No aplica | 500,14 | No aplica  |
| 60                          | 600,00 | 61 183 | 600,37   | 601,39 | No aplica | 601,38 | No aplica  |
| 70                          | 700,00 | 71 380 | 700,70   | 699,64 | No aplica | 699,64 | No aplica  |
| 80                          | 800,00 | 81 577 | 800,42   | 799,50 | No aplica | 800,52 | No aplica  |
| Indicación después de carga |        |        | 0,00   | 0,00   | 0,00      | 0,00   | No aplica  |

ESCALA: 960,67 kN Incertidumbre del patrón: ± 0,06%

| Indicación de la máquina |        |        | Cálculo de errores relativos |               |                |            | Resolución         |
|--------------------------|--------|--------|------------------------------|---------------|----------------|------------|--------------------|
| (F)                      |        |        | Exactitud                    | Repetibilidad | Reversibilidad | Accesorios |                    |
| %                        | kN     | kgf    | a (%)                        | b (%)         | c (%)          | Acces. (%) | a (%)              |
| 10                       | 100,00 | 10 197 | 0,33                         | 0,11          | No aplica      | No aplica  | 0,05               |
| 20                       | 200,00 | 20 394 | -0,11                        | 0,19          | No aplica      | No aplica  | 0,02               |
| 30                       | 300,00 | 30 591 | -0,09                        | 0,13          | No aplica      | No aplica  | 0,02               |
| 40                       | 400,00 | 40 789 | -0,22                        | 0,04          | No aplica      | No aplica  | 0,01               |
| 50                       | 500,00 | 50 986 | -0,03                        | 0,03          | No aplica      | No aplica  | 0,01               |
| 60                       | 600,00 | 61 183 | -0,17                        | 0,17          | No aplica      | No aplica  | 0,01               |
| 70                       | 700,00 | 71 380 | -0,02                        | 0,12          | No aplica      | No aplica  | 0,01               |
| 80                       | 800,00 | 81 577 | -0,02                        | 0,13          | No aplica      | No aplica  | 0,01               |
| Error de cero fo (%)     |        |        | 0,000                        | 0,000         | 0,000          | No aplica  | Err máx.(0) = 0,00 |

#### FIRMAS AUTORIZADAS

 Jefe de Metrología  
 Luigi Asenjo G.




# Metrotest EIRL

## LABORATORIO DE METROLOGÍA

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CFM-174-2022

Pág. 3 de 3

#### CLASIFICACIÓN DE

#### MAQUINA PARA ENSAYOS DE CONCRETOS

Errores relativos máximos absolutos hallados

|                         |           |        |                     |  |                 |
|-------------------------|-----------|--------|---------------------|--|-----------------|
| ESCALA                  | 100 000   | kgf    |                     |  |                 |
| Error de exactitud      |           | 0,33 % | Error de cero       |  | 0               |
| Error de repetibilidad  |           | 0,19 % | Error por accesorio |  | 0 %             |
| Error de Reversibilidad | No aplica |        | Resolución          |  | 0,02 En el 20 % |

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma ISO 7500-1, la máquina de ensayo se clasifica:

ESCALA 100 000 kgf Ascendente

#### TRAZABILIDAD

METROTEST EIRL, asegura el mantenimiento y la trazabilidad de sus patrones de trabajo utilizados en las mediciones, los cuales han sido calibrados y certificados por la Pontificia Universidad Católica de Perú y la SNM INDECOPI.

#### OBSERVACIONES:

1. Los cartas de calibración sin las firmas no tienen validez.
2. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre dos verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (ISO 7500-1).
3. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (ISO 7500-1).
4. Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
5. Los resultados contenido parcialmente en este informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite, no se responsabiliza de los perjuicios que pueden derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.

#### FIRMAS AUTORIZADAS

Jefe de Metrología  
Layggi Aseño G.





## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CFM-174-2022

Pág. 1 de 3

|   |  |                     |          |      |
|---|--|---------------------|----------|------|
| <b>OBJETO DE PRUEBA:</b>                  | <b>MAQUINA PARA ENSAYOS DE CONCRETOS</b>   |                     |          |      |
| <b>Rangos</b>                             | 100 000  | kgf                 |          |      |
| <b>Dirección de carga</b>                 | Ascendente   |                     |          |      |
| <b>FABRICANTE</b>                         | METROTEST  |                     |          |      |
| <b>Modelo</b>                             | MC-160   |                     |          |      |
| <b>Serie</b>                              | 233  |                     |          |      |
| <b>Indicador de Fuerza (Modelo/Serie)</b> | MCIL-1 / C-1016  |                     |          |      |
| <b>Transductor de Presión</b>             | 160429031  |                     |          |      |
| <b>Ubicación</b>                          | Lab. Fuerza de Metrotest E.I.R.L.  |                     |          |      |
| <b>Código Identificación</b>              | NO INDICA  |                     |          |      |
| <b>Norma utilizada</b>                    | ASTM E4; ISO 7500-1  |                     |          |      |
| <b>Intervalo calibrado</b>                | Escala (s)   | 100 000             | kgf      |      |
|   | De 10 000 a 100 000  | kgf                 | 1% A 50% |      |
| <b>Temperatura de prueba °C</b>           | Inicial  | 19,8                | Final    | 20,1 |
| <b>Inspección general</b>                 | La prensa se encuentra en buen estado de funcionamiento                          |                     |          |      |
| <b>Solicitante</b>                        | JKEMSCA S.A.C.   |                     |          |      |
| <b>Dirección</b>                          | RZA, N1 LOTE, 02 ASOC. MIRAFLORES ALTA - AYACUCHO - HUAMANGA - SAN JUAN BAUTISTA |                     |          |      |
| <b>Ciudad</b>                             | AYACUCHO   |                     |          |      |
| <b>PATRON(ES) UTILIZADO(S)</b>            | Tipo / Modelo  | BOTELLA             |          |      |
|   | Código   | MF-02               |          |      |
|   | Certif. de calibr.   | INF-LE-381-21B PUCP |          |      |
| <b>Unidades de medida</b>                 | Sistema Internacional de Unidades (SI)   |                     |          |      |
| <b>FECHA DE CALIBRACION</b>               | 2022/03/11   |                     |          |      |
| <b>FECHA DE EMISION</b>                   | 2022/03/11   |                     |          |      |

### FIRMAS AUTORIZADAS



Jefe de Metrología  
Luigi Aserjo G.

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CFM-174-2022

Pág. 2 de 3

Método de calibración: FUERZA INDICADA CONSTANTE

### DATOS DE CALIBRACIÓN

ESCALA: 961 kN Resolución: 0,05 kN Dirección de la carga: Ascendente  
 100 000 kgf 0 005 kgf Factor de conversión: 0,0088 kN/kgf

| Indicación de la máquina<br>(F) | Indicaciones del patrón (series de mediciones) |        |        |        |           |        |            |
|---------------------------------|--|--------|--------|--------|-----------|--------|------------|
|                                 |  |        | 0°     | 120°   | No aplica | 240°   | Accesorios |
| %                               | kN   | kgf    | kN     | kN     | kN        | kN     | kN         |
| 10                              | 100,00   | 10 197 | 99,71  | 99,60  | No aplica | 99,71  | No aplica  |
| 20                              | 200,00   | 20 394 | 200,26 | 200,40 | No aplica | 200,01 | No aplica  |
| 30                              | 300,00   | 30 591 | 300,50 | 300,19 | No aplica | 300,10 | No aplica  |
| 40                              | 400,00   | 40 789 | 400,97 | 400,94 | No aplica | 400,80 | No aplica  |
| 50                              | 500,00   | 50 986 | 500,09 | 500,24 | No aplica | 500,14 | No aplica  |
| 60                              | 600,00   | 61 183 | 600,37 | 601,39 | No aplica | 601,38 | No aplica  |
| 70                              | 700,00   | 71 380 | 700,70 | 699,84 | No aplica | 699,84 | No aplica  |
| 80                              | 800,00   | 81 577 | 800,42 | 799,50 | No aplica | 800,52 | No aplica  |
| Indicación después de carga     |  |        | 0,00   | 0,00   | 0,00      | 0,00   | No aplica  |

ESCALA: 960,67 kN Incertidumbre del patrón: ± 0,005 %

| Indicación de la máquina<br>(F) | Cálculo de errores relativos |        |           |               |                |            | Resolución         |
|---------------------------------|------------------------------|--------|-----------|---------------|----------------|------------|--------------------|
|                                 |                              |        | Exactitud | Repetibilidad | Reversibilidad | Accesorios |                    |
| %                               | kN                           | kgf    | a (%)     | b (%)         | c (%)          | d (%)      | a (%)              |
| 10                              | 100,00                       | 10 197 | 0,33      | 0,11          | No aplica      | No aplica  | 0,05               |
| 20                              | 200,00                       | 20 394 | -0,11     | 0,19          | No aplica      | No aplica  | 0,02               |
| 30                              | 300,00                       | 30 591 | -0,09     | 0,13          | No aplica      | No aplica  | 0,02               |
| 40                              | 400,00                       | 40 789 | -0,22     | 0,04          | No aplica      | No aplica  | 0,01               |
| 50                              | 500,00                       | 50 986 | -0,03     | 0,03          | No aplica      | No aplica  | 0,01               |
| 60                              | 600,00                       | 61 183 | -0,17     | 0,17          | No aplica      | No aplica  | 0,01               |
| 70                              | 700,00                       | 71 380 | -0,02     | 0,12          | No aplica      | No aplica  | 0,01               |
| 80                              | 800,00                       | 81 577 | -0,02     | 0,13          | No aplica      | No aplica  | 0,01               |
| Error de cero fo (%)            |                              |        | 0,000     | 0,000         | 0,000          | No aplica  | Err máx (0) = 0,00 |

### FIRMAS AUTORIZADAS

Jefe de Metrología  
Luigi Acerio G.






# Metrotest

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CFM-174-2022

Pág. 3 de 3

CLASIFICACIÓN DE **MAQUINA PARA ENSAYOS DE CONCRETOS**

Errores relativos máximos absolutos hallados

ESCALA 100 000 kgf

Error de exactitud 0,33 %

Error de repetibilidad 0,19 %

Error de Reversibilidad No aplica

Error de cero 0

Error por accesorio 0 %

Resolución 0,02 En el 20 %

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma ISO 7500-1, la máquina de ensayos se clasifica:

ESCALA 100 000 kgf Ascendente

## TRAZABILIDAD

METROTEST E.I.R.L. asegura el mantenimiento y la trazabilidad de sus patrones de trabajo utilizados en las mediciones, los cuales han sido calibrados y certificados por la Pontificia Universidad Católica de Perú y la SNM INDECOPI.

## OBSERVACIONES

1. Los cartas de calibración sin las firmas no tienen validez.
2. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre dos verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (ISO 7500-1).
3. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se acostia a ajustes o reparaciones importantes." (ISO 7500-1).
4. Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
5. Los resultados contenido parcialmente en este informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que pueden derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.

## FIRMAS AUTORIZADAS

Jefe de Metrología  
Luiggi Asenjo G.



## ANEXO 4: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO



### CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADOS

PROYECTO : TESIS UNSCH: DISEÑO DE PAVIMENTO  
SOLICITADO POR : SR. EDUARDO QUISPE CONDE MUESTRA : AGREGADOS  
FECHA : ABRIL DEL 2022

#### ARENA GRUESA (AGREGADO FINO)

| N° De Tara                |  |        |  |
|---------------------------|--|--------|--|
| Peso de Tara              |  | 0.00   |  |
| Peso de Tara + M. Humedo  |  | 563.00 |  |
| Peso de Tara + M. Seco    |  | 540.00 |  |
| Peso de Agua              |  | 23.00  |  |
| Peso Muestra Seca         |  | 540.00 |  |
| Contenido de Humedad W%   |  | 4.26   |  |
| Promedio Cont. Humedad W% |  | 4.26   |  |

#### PIEDRA CHANCADA (AGREGADO GRUESO)

| N° De Tara                |  |        |  |
|---------------------------|--|--------|--|
| Peso de Tara              |  | 0.00   |  |
| Peso de Tara + M. Humedo  |  | 550.00 |  |
| Peso de Tara + M. Seco    |  | 525.00 |  |
| Peso de Agua              |  | 25.00  |  |
| Peso Muestra Seca         |  | 525.00 |  |
| Contenido de humedad W%   |  | 4.76   |  |
| Promedio cont. Humedad W% |  | 4.76   |  |

**PESO UNITARIO DE AGREGADOS**  
**ASTM C- 29**

PROYECTO : TESIS UNSCH: DISEÑO DE PAVIMENTO  
 SOLICITADO POR : SR. EDUARDO QUISPE CONDE MUESTRA : AGREGADOS  
 FECHA : ABRIL DEL 2022

**ARENA GRUESA (AGREGADO FINO)**

**PESO UNITARIO SUELTO**

| MOLDE NRO.                   | I        | II       | III      |
|------------------------------|----------|----------|----------|
| Peso del Molde (gr.)         | 6,440.0  | 6,440.0  | 6,440.0  |
| Peso Molde + Muestra (gr.)   | 9,176.0  | 9,185.0  | 9,196.0  |
| Peso de la Muestra (gr.)     | 2,736.00 | 2,745.00 | 2,756.00 |
| Volumen del Molde (m3)       | 2,073.0  | 2,073.0  | 2,073.0  |
| Peso Unitario (Kg/m3)        | 1,319.83 | 1,324.17 | 1,329.47 |
| Peso Unitario Humedo (Kg/m3) | 1,324    |          |          |
| Peso Unitario Seco (Kg/m3)   | 1,270    |          |          |

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

| MOLDE NRO.                   | I        | II       | III      |
|------------------------------|----------|----------|----------|
| Peso del Molde (gr.)         | 6,440.0  | 6,440.0  | 6,440.0  |
| Peso Molde + Muestra (gr.)   | 9,833.0  | 9,845.0  | 9,834.0  |
| Peso de la Muestra (gr.)     | 3,393.00 | 3,405.00 | 3,394.00 |
| Volumen del Molde (cm3)      | 2,073.0  | 2,073.0  | 2,073.0  |
| Peso Unitario (Kg/m3)        | 1,636.76 | 1,642.55 | 1,637.24 |
| Peso Unitario Humedo (kg/m3) | 1,639    |          |          |
| Peso Unitario Seco (kg/m3)   | 1,572    |          |          |

**PIEDRA CHANCADA (AGREGADO GRUESO)**

**PESO UNITARIO SUELTO**

| MOLDE N°.                    | I        | II       | III      |
|------------------------------|----------|----------|----------|
| Peso del Molde (gr.)         | 6,440.0  | 6,440.0  | 6,440.0  |
| Peso Molde + Muestra (gr.)   | 9,324.0  | 9,326.0  | 9,314.0  |
| Peso de la Muestra (gr.)     | 2,884.00 | 2,886.00 | 2,874.00 |
| Volumen del Molde (cm3)      | 2,073.0  | 2,073.0  | 2,073.0  |
| Peso Unitario (Kg/m3)        | 1,391.22 | 1,392.19 | 1,386.40 |
| Peso Unitario Humedo (Kg/m3) | 1,390    |          |          |
| Peso Unitario Seco (Kg/m3)   | 1,327    |          |          |

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

| MOLDE NRO.                   | I        | II       | III      |
|------------------------------|----------|----------|----------|
| Peso del Molde (gr.)         | 6,440.0  | 6,440.0  | 6,440.0  |
| Peso Molde + Muestra (gr.)   | 9,786.0  | 9,798.0  | 9,775.0  |
| Peso de la Muestra (gr.)     | 3,346.00 | 3,358.00 | 3,335.00 |
| Volumen del Molde (cm3)      | 2,073.0  | 2,073.0  | 2,073.0  |
| Peso Unitario (Kg/m3)        | 1,614.09 | 1,619.87 | 1,608.78 |
| Peso Unitario Humedo (Kg/m3) | 1,614    |          |          |
| Peso Unitario Seco (Kg/m3)   | 1,541    |          |          |

## PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS

**PROYECTO** : TESIS UNSCH: DISEÑO DE PAVIMENTO  
**SOLICITADO POR** : SR. EDUARDO QUISPE CONDE                      **MUESTRA** : AGREGADOS  
**FECHA** : ABRIL DEL 2022

| PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE ARENA GRUESA |   |        |
|---|---|--------|
| <b>I.- DATOS</b>                            |   |        |
| 1   | Peso de la muestra secada al horno (gr)                         | 387.00 |
| 2   | Peso del frasco (picnometro)+agua (gr)                          | 670.00 |
| 3   | Peso del frasco+Agua+Muestra hasta la marca de calibración (gr) | 915.00 |
| 4   | Peso de arena sss. (gr)   | 400.00 |
| <b>II.- RESULTADOS</b>                      |   |        |
| 1   | Peso Especifico de Masa: P.E.M. (gr/cm <sup>3</sup> )           | 2.50   |
| 2   | P.E. de Masa Saturada Superficialmente Seca : P.E.M.S.S.S.      | 2.82   |
| 3   | Peso Especifico Aparente P.E.A.                                 | 2.73   |
| 4   | Porcentaje de Absorcion: %ABS                                   | 1.07   |

| PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO (PIEDRA CHANCADA) |  |      |
|--|--|------|
| <b>I.- DATOS</b>   |  |      |
| 1  | Peso de la Muestra Secada al Horno(gr)                             | 1993 |
| 2  | Peso de la Muestra Saturada Superficialmente Seca(gr)              | 2004 |
| 3  | Peso de la Muestra Sumergida (gr)                                  | 1211 |
| <b>II.- RESULTADOS</b>   |  |      |
| 4  | Peso Especifico de Masa: P.E.M. 1/(2-3)- (gr/cm <sup>3</sup> )     | 2.51 |
| 5  | P.E. de Masa Saturada Superficialmente Seca P.E.M.S.S.S.(2/(2-3))- | 2.53 |
| 6  | Peso Especifico Aparente P.E.A. : 1/(1-3)-                         | 2.55 |
| 7  | Porcentaje de Absorcion: %ABS((2-1)/1)*100                         | 0.10 |

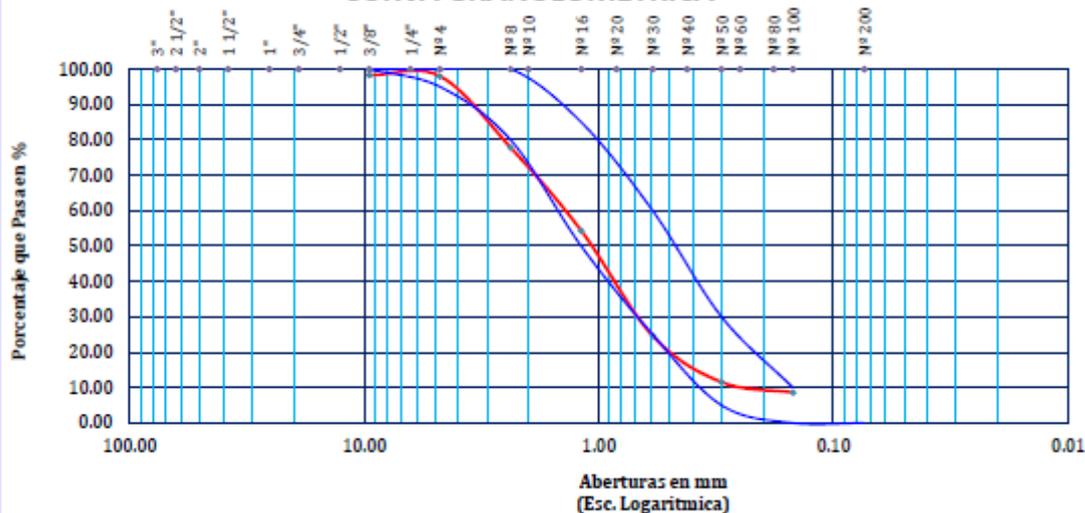
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE AGREGADO FINO**  
ASTM C-136

PROYECTO : TESIS UNSCH: DISEÑO DE PAVIMENTO  
 SOLICITADO POR : SR. EDUARDO QUISPE CONDE MUESTRA : AGREGADOS  
 FECHA : ABRIL DEL 2022

**ARENA GRUESA (AGREGADO FINO)**

| TAMICES ASTM     | ABERTURA mm | PESO RETENIDO | %RETENIDO PARCIAL | %RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | ESPECIF. ASTM | DESCRIPCION DE LA MUESTRA  |
|------------------|-------------|---------------|-------------------|---------------------|------------|---------------|--|
| 3"               | 76.200      |               |                   |                     |            |               |  |
| 2 1/2"           | 63.500      |               |                   |                     |            |               |  |
| 2"               | 50.600      |               |                   |                     |            |               | P.L. 2690.00<br>P.S. 1490.00   |
| 1 1/2"           | 38.100      |               |                   |                     |            |               | Cont. de Humedad : 4.26  |
| 1"               | 25.400      |               |                   |                     |            |               | Peso unitario suelto : 1324 kg/m <sup>3</sup>  |
| 3/4"             | 19.050      |               |                   |                     |            |               | peso unit. Compactado: 1639 kg/m <sup>3</sup>  |
| 1/2"             | 12.700      |               |                   |                     |            |               |  |
| 3/8"             | 9.525       | 25.00         | 1.68              | 1.68                | 98.32      | 100 100       |  |
| 1/4"             | 6.350       |               |                   |                     |            |               |  |
| No4              | 4.760       | 127.00        | 8.52              | 10.20               | 89.80      | 95 100        | <b>CARACT. GRANULOMÉTRICAS:</b>  |
| No8              | 2.380       | 178.00        | 11.95             | 22.15               | 77.85      | 80 100        | D10= 0.221 Cu= 6.675   |
| No10             | 2.000       | 0.00          | 0.00              | 22.15               | 77.85      |               | D30= 0.698 Cc= 1.495   |
| No16             | 1.190       | 350.00        | 23.49             | 45.64               | 54.36      | 50 85         | D60= 1.476   |
| No20             | 0.840       | 0.00          | 0.00              | 45.64               | 54.36      |               |  |
| No30             | 0.590       | 443.00        | 29.73             | 75.37               | 24.63      | 25 60         | <b>MODULO DE FINEZA :</b> 3.07   |
| No40             | 0.420       | 0.00          | 0.00              | 75.37               | 24.63      |               |  |
| No50             | 0.300       | 195.00        | 13.09             | 88.46               | 11.54      | 5 30          |  |
| No60             | 0.250       | 0.00          | 0.00              | 88.46               | 11.54      |               |  |
| No80             | 0.180       | 0.00          | 0.00              | 88.46               | 11.54      |               |  |
| No100            | 0.149       | 44.00         | 2.95              | 91.41               | 8.59       | 0 10          | <b>OBSERVACIONES:</b>  |
| No200            | 0.074       | 14.00         | 0.94              | 92.35               | 7.65       |               | El modulo de fineza debe de estar dentro de los limites de 2.35 - 3.15, no debiendo excederse el limite en mas o menos 0.2 .. Max 3.35 |
| <b>BASE</b>      |             | 114.00        | 7.85              | 100.00              | 0.00       |               |  |
| <b>TOTAL</b>     |             | 1490.00       | 100.00            |                     |            |               |  |
| <b>% PERDIDA</b> |             |               |                   |                     |            |               |  |

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



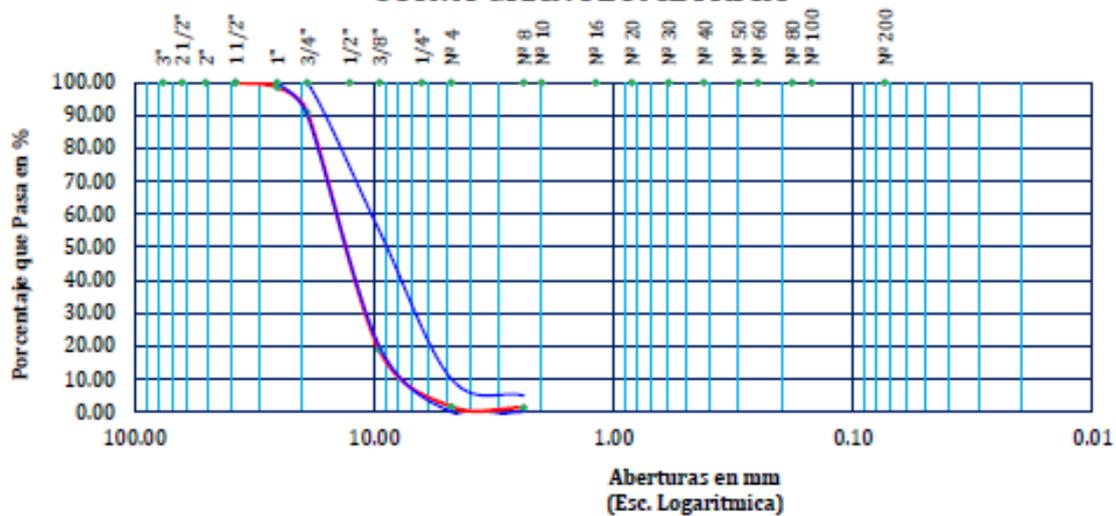
**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO DE AGREGADO GRUESO**  
ASTM C-136

PROYECTO : TESIS UNSCH: DISEÑO DE PAVIMENTO  
SOLICITADO POR : SR. EDUARDO QUISPE CONDE MUESTRA : AGREGADOS  
FECHA : ABRIL DEL 2022

**PIEDRA CHANCADA (AGREGADO GRUESO)**

| TAMICES ASTM | ABERTURA mm | PESO RETENIDO | %RETENIDO PARCIAL | %RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | ESPECIF. 3/4" ASTM C-33-54 | TAMANO MAXIMO: 3/4" | DESCRIPCION DE LA MUESTRA         |
|--------------|-------------|---------------|-------------------|---------------------|------------|----------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| 3"           | 76.200      |               |                   |                     |            |                            |                     |                                   |
| 2 1/2"       | 63.500      | 0.00          | 0.00              | 0.00                | 100.00     |                            |                     | P.M 1533                          |
| 2"           | 50.800      | 0.00          | 0.00              | 0.00                | 100.00     |                            |                     |                                   |
| 1 1/2"       | 38.100      | 0.00          | 0.00              | 0.00                | 100.00     |                            |                     |                                   |
| 1"           | 25.400      | 23.00         | 1.50              | 1.50                | 98.50      | 100                        | 100                 | Contenido de Humedad : 4.76       |
| 3/4"         | 19.050      | 115.00        | 7.50              | 9.00                | 91.00      | 90                         | 100                 | Peso unitario suelto : 1390 kg/m3 |
| 1/2"         | 12.700      | 763.00        | 49.77             | 58.77               | 41.23      |                            |                     | peso unit. Compactado: 1614 kg/m3 |
| 3/8"         | 9.525       | 342.00        | 22.31             | 81.08               | 18.92      | 20                         | 55                  |                                   |
| 1/4"         | 6.350       | 0.00          | 0.00              | 81.08               | 18.92      |                            |                     |                                   |
| No4          | 4.760       | 265.00        | 17.29             | 98.37               | 1.63       | 0                          | 10                  | CARACT. GRANULOMETRICAS:          |
| No8          | 2.380       | 5.00          | 0.33              | 98.70               | 1.30       | 0                          | 5                   | D10= 7.07 Cu= 2.12                |
| No10         | 2.000       |               |                   |                     |            |                            |                     | D30= 10.99 Cc= 1.14               |
| No16         | 1.190       |               |                   |                     |            |                            |                     | D60= 14.95                        |
| No20         | 0.840       |               |                   |                     |            |                            |                     |                                   |
| No30         | 0.590       |               |                   |                     |            |                            |                     |                                   |
| No40         | 0.420       |               |                   |                     |            |                            |                     | MODULO DE FINEZA : 6.88           |
| No50         | 0.300       |               |                   |                     |            |                            |                     |                                   |
| No60         | 0.250       |               |                   |                     |            |                            |                     |                                   |
| No80         | 0.180       |               |                   |                     |            |                            |                     | OBSERVACIONES:                    |
| No100        | 0.149       |               |                   |                     |            |                            |                     |                                   |
| No200        | 0.074       |               |                   |                     |            |                            |                     |                                   |
| BASE         |             | 20.00         | 1.30              | 100.00              | 0.00       |                            |                     |                                   |
| TOTAL        |             | 1533.00       | 100.00            |                     |            |                            |                     |                                   |
| % PERDIDA    |             |               |                   |                     |            |                            |                     | MUESTREADO POR EL SOLICITANTE     |

**CURVA GRANULOMETRICA**



## DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO $f_c=210 \text{ Kg/cm}^2$

PROYECTO : TESIS UNSCH: DISEÑO DE PAVIMENTO  
 SOLICITADO POR : SR. EDUARDO QUISPE CONDE MUESTRA : AGREGADOS  
 FECHA : ABRIL DEL 2022

### CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

| DESCRIPCION              | UNIDAD            | CEMENTO PORTLAND<br>TIPO I | AGREGADOS |        |
|--------------------------|-------------------|----------------------------|-----------|--------|
|                          |                   |                            | FINO      | GRUESO |
| CANTERA PROCEDENCIA :    |                   |                            |           |        |
| TAMAÑO MAXIMO            | Pulg              |                            |           | 3/4"   |
| PESO ESPECIFICO          | gr/cc             | 3.15                       | 2.50      | 2.51   |
| PESO UNITARIO SUELTO     | Kg/m <sup>3</sup> |                            | 1270      | 1327   |
| PESO UNITARIO COMPACTADO | Kg/m <sup>3</sup> |                            | 1572      | 1541   |
| CONTENIDO DE HUMEDAD     | %                 |                            | 4.26      | 4.76   |
| ABSORCION                | %                 |                            | 1.07      | 0.10   |
| MODULO DE FINEZA         |                   |                            | 3.07      | 6.88   |

### DOSIFICACION

CONCRETO: Sin aire incorporado

| TMN<br>(pulg) | SLUMP<br>(pulg) | AGUA<br>(lit/m <sup>3</sup> ) | AIRE<br>(%) | Agua/cem<br>A/C | Factor cem.<br>FC (Kg/m <sup>3</sup> ) | Factor cem.<br>FC (bol/m <sup>3</sup> ) | mf<br>Comb. De Agreg. | f <sub>c</sub> PROM.<br>f <sub>cr</sub> (Kg/m <sup>2</sup> ) |
|---------------|-----------------|-------------------------------|-------------|-----------------|--|---|-----------------------|--|
| 3/4"          | 3" - 4"         | 200                           | 2.0         | 0.56            | 357.14                                 | 8.40                                    | 5.142                 | 294  |

### CALCULO DE LOS VALORES RELATIVOS DEL MODULO DE FINEZA

|                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| CALCULO DE RF                     | 45.62 |
| VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS AGREGADOS | 0.667 |

a/c Resistencia = 0.56 ,  $f_{cr}=294 \text{ Kg/cm}^2$   
 a/c Durabilidad = 0.50 , Exposición Moderada  
 a Soluciones de Sulfato  
 Slump = 3-4" Consistencia Plastica

### DOSIFICACION EN PESO

| DESCRIPCION     | VOLUM. ABSOLUTOS | PESOS SECOS/M3 | HUMEDAD | PESOS KG/M3 | PROPORCION |
|-----------------|------------------|----------------|---------|-------------|------------|
| CEMENTO         | 0.113            | 397.497        |         | 397.50      | 1.00       |
| AGREGADO FINO   | 0.304            | 760.000        | 24.2    | 792.38      | 1.99       |
| AGREGADO GRUESO | 0.363            | 911.130        | 42.5    | 954.50      | 2.40       |
| AGUA            | 0.200            | 200.000        | 66.7    | 133.30      | 14.25      |
| AIRE            | 0.020            |                |         |             |            |

|                  |      |
|------------------|------|
| Rel A/C Efectiva | 0.34 |
|------------------|------|

### DOSIFICACION EN VOLUMEN

| DESCRIPCION     | EN Pie <sup>3</sup> | PROPORCION |
|-----------------|---------------------|------------|
| CEMENTO         | 9.353               | 1.00       |
| AGREGADO FINO   | 22.024              | 2.35       |
| AGREGADO GRUESO | 25.403              | 2.72       |
| AGUA            | 14.252              | 14.25      |

LA NORMA ITINTEC 400.037 RECOMIENDA QUE EL AGREGADO FINO DEBE DE ESTAR LIBRE DE CANTIDADES PERJUDICIALES DE PIZARRAS, HACIENDO LIMITADO SU USO.

## CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADOS

**PROYECTO** : TESIS UNSCH: DISEÑO DE PAVIMENTO  
**SOLICITADO POR** : SR. EDUARDO QUISPE CONDE **MUESTRA** : AGREGADOS  
**FECHA** : ABRIL DEL 2022

### ARENA GRUESA (AGREGADO FINO)

| N° De Tara                |  |        |  |
|---------------------------|--|--------|--|
| Peso de Tara              |  | 0.00   |  |
| Peso de Tara + M. Humedo  |  | 563.00 |  |
| Peso de Tara + M. Seco    |  | 540.00 |  |
| Peso de Agua              |  | 23.00  |  |
| Peso Muestra Seca         |  | 540.00 |  |
| Contenido de Humedad W%   |  | 4.26   |  |
| Promedio Cont. Humedad W% |  | 4.26   |  |

### 100 % RCD (AGREGADO GRUESO)

| N° De Tara                |  |        |  |
|---------------------------|--|--------|--|
| Peso de Tara              |  | 0.00   |  |
| Peso de Tara + M. Humedo  |  | 575.00 |  |
| Peso de Tara + M. Seco    |  | 570.00 |  |
| Peso de Agua              |  | 5.00   |  |
| Peso Muestra Seca         |  | 570.00 |  |
| Contenido de humedad W%   |  | 0.88   |  |
| Promedio cont. Humedad W% |  | 0.88   |  |

## PESO UNITARIO DE AGREGADOS

ASTM C- 29

PROYECTO : TESIS UNSCH: DISEÑO DE PAVIMENTO  
SOLICITADO POR : SR. EDUARDO QUISPE CONDE MUESTRA : AGREGADOS  
FECHA : ABRIL DEL 2022

### ARENA GRUESA (AGREGADO FINO)

#### PESO UNITARIO SUELTO

| MOLDE NRO.                   | I        | II       | III      |
|------------------------------|----------|----------|----------|
| Peso del Molde (gr.)         | 6,440.0  | 6,440.0  | 6,440.0  |
| Peso Molde + Muestra (gr.)   | 9,176.0  | 9,185.0  | 9,196.0  |
| Peso de la Muestra (gr.)     | 2,736.00 | 2,745.00 | 2,756.00 |
| Volumen del Molde (m3)       | 2,073.0  | 2,073.0  | 2,073.0  |
| Peso Unitario (Kg/m3)        | 1,319.83 | 1,324.17 | 1,329.47 |
| Peso Unitario Humedo (Kg/m3) | 1,324    |          |          |
| Peso Unitario Seco (Kg/m3)   | 1,270    |          |          |

#### PESO UNITARIO COMPACTADO

| MOLDE NRO.                   | I        | II       | III      |
|------------------------------|----------|----------|----------|
| Peso del Molde (gr.)         | 6,440.0  | 6,440.0  | 6,440.0  |
| Peso Molde + Muestra (gr.)   | 9,833.0  | 9,845.0  | 9,834.0  |
| Peso de la Muestra (gr.)     | 3,393.00 | 3,405.00 | 3,394.00 |
| Volumen del Molde (cm3)      | 2,073.0  | 2,073.0  | 2,073.0  |
| Peso Unitario (Kg/m3)        | 1,636.76 | 1,642.55 | 1,637.24 |
| Peso Unitario Humedo (kg/m3) | 1,639    |          |          |
| Peso Unitario Seco (kg/m3)   | 1,572    |          |          |

### 100 % RCD (AGREGADO GRUESO)

#### PESO UNITARIO SUELTO

| MOLDE N°.                    | I        | II       | III      |
|------------------------------|----------|----------|----------|
| Peso del Molde (gr.)         | 6,440.0  | 6,440.0  | 6,440.0  |
| Peso Molde + Muestra (gr.)   | 9,114.0  | 9,122.0  | 9,114.0  |
| Peso de la Muestra (gr.)     | 2,674.00 | 2,682.00 | 2,674.00 |
| Volumen del Molde (cm3)      | 2,073.0  | 2,073.0  | 2,073.0  |
| Peso Unitario (Kg/m3)        | 1,289.92 | 1,293.78 | 1,289.92 |
| Peso Unitario Humedo (Kg/m3) | 1,291    |          |          |
| Peso Unitario Seco (Kg/m3)   | 1,280    |          |          |

#### PESO UNITARIO COMPACTADO

| MOLDE NRO.                   | I        | II       | III      |
|------------------------------|----------|----------|----------|
| Peso del Molde (gr.)         | 6,440.0  | 6,440.0  | 6,440.0  |
| Peso Molde + Muestra (gr.)   | 9,545.0  | 9,564.0  | 9,534.0  |
| Peso de la Muestra (gr.)     | 3,105.00 | 3,124.00 | 3,094.00 |
| Volumen del Molde (cm3)      | 2,073.0  | 2,073.0  | 2,073.0  |
| Peso Unitario (Kg/m3)        | 1,497.83 | 1,506.99 | 1,492.52 |
| Peso Unitario Humedo (Kg/m3) | 1,499    |          |          |
| Peso Unitario Seco (Kg/m3)   | 1,486    |          |          |

## PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS

**PROYECTO** : TESIS UNSCH: DISEÑO DE PAVIMENTO  
**SOLICITADO POR** : SR. EDUARDO QUISPE CONDE  
**FECHA** : ABRIL DEL 2022

**MUESTRA** : AGREGADOS

| PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE ARENA GRUESA |   |        |
|---|---|--------|
| <b>I.- DATOS</b>                            |   |        |
| 1   | Peso de la muestra secada al horno (gr)                         | 387.00 |
| 2   | Peso del frasco (picnometro)+agua (gr)                          | 670.00 |
| 3   | Peso del frasco+Agua+Muestra hasta la marca de calibración (gr) | 915.00 |
| 4   | Peso de arena sss. (gr)   | 400.00 |
| <b>II.- RESULTADOS</b>                      |   |        |
| 1   | Peso Especifico de Masa: P.E.M. (gr/cm3)                        | 2.50   |
| 2   | P.E. de Masa Saturada Superficialmente Seca : P.E.M.S.S.S.      | 2.82   |
| 3   | Peso Especifico Aparente P.E.A.                                 | 2.73   |
| 4   | Porcentaje de Absorcion: %ABS                                   | 1.07   |

| PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE ARENA GRUESA |   |        |
|---|---|--------|
| <b>I.- DATOS</b>                            |   |        |
| 1   | Peso de la muestra secada al horno (gr)                         | 387.00 |
| 2   | Peso del frasco (picnometro)+agua (gr)                          | 670.00 |
| 3   | Peso del frasco+Agua+Muestra hasta la marca de calibración (gr) | 915.00 |
| 4   | Peso de arena sss. (gr)   | 400.00 |
| <b>II.- RESULTADOS</b>                      |   |        |
| 1   | Peso Especifico de Masa: P.E.M. (gr/cm3)                        | 2.50   |
| 2   | P.E. de Masa Saturada Superficialmente Seca : P.E.M.S.S.S.      | 2.82   |
| 3   | Peso Especifico Aparente P.E.A.                                 | 2.73   |
| 4   | Porcentaje de Absorcion: %ABS                                   | 1.07   |

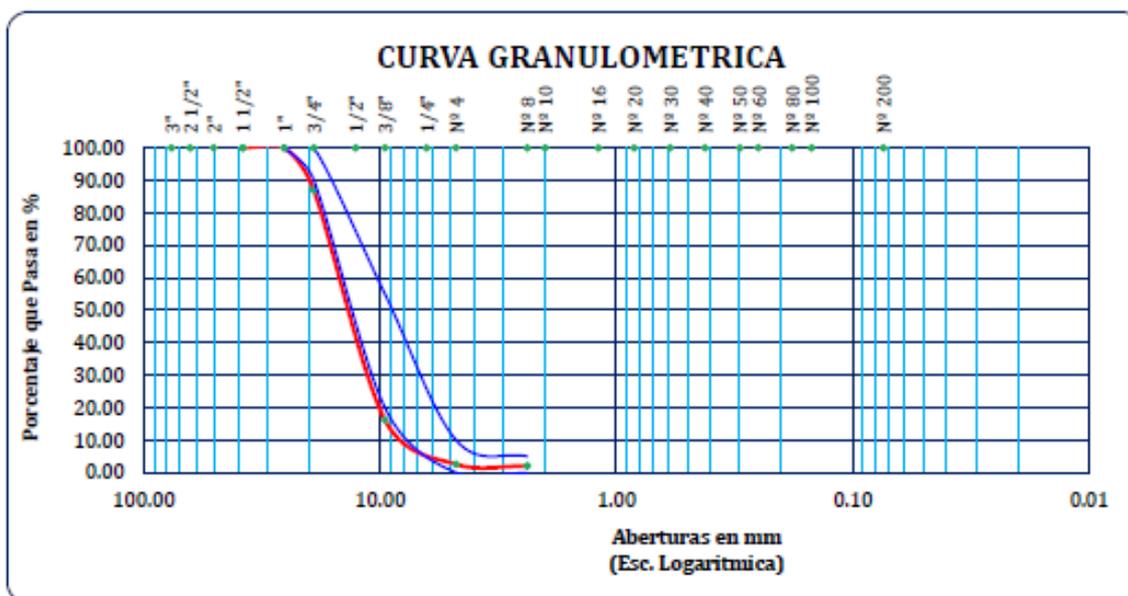
| PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE 100 % RCD |  |      |
|--|--|------|
| <b>I.- DATOS</b>                         |  |      |
| 1  | Peso de la Muestra Secada al Horno(gr)                                 | 1978 |
| 2  | Peso de la Muestra Saturada Superficialmente Seca(gr)                  | 2012 |
| 3  | Peso de la Muestra Sumergida (gr)                                      | 1219 |
| <b>II.- RESULTADOS</b>                   |  |      |
| 4  | Peso Especifico de Masa: P.E.M. $1/(2-3)$ -(gr/cm3)                    | 2.49 |
| 5  | P.E. de Masa Saturada Superficialmente Seca P.E.M.S.S.S.( $2/(2-3)$ )- | 2.54 |
| 6  | Peso Especifico Aparente P.E.A. : $1/(1-3)$ -                          | 2.61 |
| 7  | Porcentaje de Absorcion: %ABS( $(2-1)/1$ )*100                         | 0.31 |

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE AGREGADO GRUESO  
ASTM C-136**

PROYECTO : TESIS UNSCH: DISEÑO DE PAVIMENTO  
SOLICITADO POR : SR. EDUARDO QUISPE CONDE MUESTRA : AGREGADOS  
FECHA : ABRIL DEL 2022

100 % RCD (AGREGADO GRUESO)

| TAMICES ASTM | ABERTURA mm | PESO RETENIDO | %RETENIDO PARCIAL | %RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | ESPECIF. 3/4" ASTM C-33-54 | TAMANO MAXIMO: 3/4" | DESCRIPCION DE LA MUESTRA         |
|--------------|-------------|---------------|-------------------|---------------------|------------|----------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| 3"           | 76.200      |               |                   |                     |            |                            |                     |                                   |
| 2 1/2"       | 63.500      | 0.00          | 0.00              | 0.00                | 100.00     |                            |                     | P.M 968                           |
| 2"           | 50.600      | 0.00          | 0.00              | 0.00                | 100.00     |                            |                     |                                   |
| 1 1/2"       | 38.100      | 0.00          | 0.00              | 0.00                | 100.00     |                            |                     |                                   |
| 1"           | 25.400      | 0.00          | 0.00              | 0.00                | 100.00     | 100                        | 100                 | Contenido de Humedad : 0.88       |
| 3/4"         | 19.050      | 126.00        | 13.02             | 13.02               | 86.98      | 90                         | 100                 | Peso unitario suelto : 1291 kg/m3 |
| 1/2"         | 12.700      | 449.00        | 46.38             | 59.40               | 40.60      |                            |                     | peso unit. Compactado: 1499 kg/m3 |
| 3/8"         | 9.525       | 236.00        | 24.38             | 83.78               | 16.22      | 20                         | 55                  |                                   |
| 1/4"         | 6.350       | 0.00          | 0.00              | 83.78               | 16.22      |                            |                     |                                   |
| No4          | 4.760       | 132.00        | 13.64             | 97.42               | 2.58       | 0                          | 10                  | CARACT. GRANULOMETRICAS:          |
| No8          | 2.380       | 5.00          | 0.52              | 97.93               | 2.07       | 0                          | 5                   | D10= 7.35 Cu= 2.10                |
| No10         | 2.000       |               |                   |                     |            |                            |                     | D30= 11.38 Cc= 1.14               |
| No16         | 1.190       |               |                   |                     |            |                            |                     | D60= 15.42                        |
| No20         | 0.840       |               |                   |                     |            |                            |                     |                                   |
| No30         | 0.590       |               |                   |                     |            |                            |                     | MODULO DE FINEZA : 6.94           |
| No40         | 0.420       |               |                   |                     |            |                            |                     |                                   |
| No50         | 0.300       |               |                   |                     |            |                            |                     |                                   |
| No60         | 0.250       |               |                   |                     |            |                            |                     | OBSERVACIONES:                    |
| No80         | 0.180       |               |                   |                     |            |                            |                     |                                   |
| No100        | 0.149       |               |                   |                     |            |                            |                     |                                   |
| No200        | 0.074       |               |                   |                     |            |                            |                     |                                   |
| BASE         |             | 20.00         | 2.07              | 100.00              | 0.00       |                            |                     |                                   |
| TOTAL        |             | 968.00        | 100.00            |                     |            |                            |                     |                                   |
| % PERDIDA    |             |               |                   |                     |            |                            |                     | MUESTREADO POR EL SOLICITANTE     |



## DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO $f_c=210 \text{ Kg/cm}^2$

**PROYECTO** : TESIS UNSCH: DISEÑO DE PAVIMENTO  
**SOLICITADO POR** : SR. EDUARDO QUISPE CONDE **MUESTRA** : AGREGADOS  
**FECHA** : ABRIL DEL 2022

### CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

| DESCRIPCION              | UNIDAD            | CEMENTO PORTLAND TIPO I | AGREGADOS |        |
|--------------------------|-------------------|-------------------------|-----------|--------|
|                          |                   |                         | FINO      | GRUESO |
| CANTERA PROCEDENCIA :    |                   |                         |           |        |
| TAMAÑO MÁXIMO            | Pulg              |                         |           | 3/4"   |
| PESO ESPECÍFICO          | gr/cc             | 3.15                    | 2.50      | 2.49   |
| PESO UNITARIO SUELTO     | Kg/m <sup>3</sup> |                         | 1270      | 1280   |
| PESO UNITARIO COMPACTADO | Kg/m <sup>3</sup> |                         | 1572      | 1486   |
| CONTENIDO DE HUMEDAD     | %                 |                         | 4.26      | 0.88   |
| ABSORCIÓN                | %                 |                         | 1.07      | 0.31   |
| MODULO DE FINEZA         |                   |                         | 3.07      | 6.94   |

### DOSIFICACION

CONCRETO: Sin aire incorporado

| TMN (pulg) | SLUMP (pulg) | AGUA (lit/m <sup>3</sup> ) | AIRE (%) | Agua/cem A/C | Factor cem. FC (Kg/m <sup>3</sup> ) | Factor cem. FC (bol/m <sup>3</sup> ) | mf Comb. De Agreg. | f <sub>c</sub> PROM. f <sub>cr</sub> (Kg/m <sup>2</sup> ) |
|------------|--------------|----------------------------|----------|--------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------|---|
| 3/4"       | 3" - 4"      | 200                        | 2.0      | 0.56         | 357.14                              | 8.40                                 | 5.142              | 294   |

### CALCULO DE LOS VALORES RELATIVOS DEL MODULO DE FINEZA

|                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| CALCULO DE RF                     | 46.46 |
| VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS AGREGADOS | 0.667 |

a/c Resistencia = 0.56 , f<sub>cr</sub>=294 Kg/cm<sup>2</sup>  
 a/c Durabilidad = 0.50 , Exposición Moderada a Soluciones de Sulfato  
 Slump = 3-4" Consistencia Plástica

### DOSIFICACION EN PESO

| DESCRIPCION     | VOLUM. ABSOLUTOS | PESOS SECOS/M <sup>3</sup> | HUMEDAD | PESOS KG/M <sup>3</sup> | PROPORCION |
|-----------------|------------------|----------------------------|---------|-------------------------|------------|
| CEMENTO         | 0.113            | 397.497                    |         | 397.50                  | 1.00       |
| AGREGADO FINO   | 0.310            | 775.000                    | 24.7    | 808.02                  | 2.03       |
| AGREGADO GRUESO | 0.357            | 888.930                    | 5.1     | 896.75                  | 2.26       |
| AGUA            | 0.200            | 200.000                    | 29.8    | 170.21                  | 18.20      |
| AIRE            | 0.020            |                            |         |                         |            |

|                  |      |
|------------------|------|
| Rel A/C Efectiva | 0.43 |
|------------------|------|

### DOSIFICACION EN VOLUMEN

| DESCRIPCION     | EN Pie <sup>3</sup> | PROPORCION |
|-----------------|---------------------|------------|
| CEMENTO         | 9.353               | 1.00       |
| AGREGADO FINO   | 22.459              | 2.40       |
| AGREGADO GRUESO | 24.738              | 2.64       |
| AGUA            | 18.199              | 18.20      |

LA NORMA ITINTEC 400.037 RECOMIENDA QUE EL AGREGADO FINO DEBE DE ESTAR LIBRE DE CANTIDADES PERJUDICIALES DE PIZARRAS, HACIENDO LIMITADO SU USO.

### CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADOS

**PROYECTO** : TESIS UNSCH: DISEÑO DE PAVIMENTO  
**SOLICITADO POR** : SR. EDUARDO QUISPE CONDE **MUESTRA** : AGREGADOS  
**FECHA** : ABRIL DEL 2022

**ARENA GRUESA (AGREGADO FINO)**

| N° De Tara                |  |        |  |
|---------------------------|--|--------|--|
| Peso de Tara              |  | 0.00   |  |
| Peso de Tara + M. Humedo  |  | 563.00 |  |
| Peso de Tara + M. Seco    |  | 540.00 |  |
| Peso de Agua              |  | 23.00  |  |
| Peso Muestra Seca         |  | 540.00 |  |
| Contenido de Humedad W%   |  | 4.26   |  |
| Promedio Cont. Humedad W% |  | 4.26   |  |

**RCD 75 % Y PIEDRA CHANCADA 25 % (AGREGADO GRUESO)**

| N° De Tara                |  |        |  |
|---------------------------|--|--------|--|
| Peso de Tara              |  | 0.00   |  |
| Peso de Tara + M. Humedo  |  | 567.00 |  |
| Peso de Tara + M. Seco    |  | 559.00 |  |
| Peso de Agua              |  | 8.00   |  |
| Peso Muestra Seca         |  | 559.00 |  |
| Contenido de humedad W%   |  | 1.43   |  |
| Promedio cont. Humedad W% |  | 1.43   |  |

**PESO UNITARIO DE AGREGADOS**  
ASTM C- 29

PROYECTO : TESIS UNSCH: DISEÑO DE PAVIMENTO  
SOLICITADO POR : SR. EDUARDO QUISPE CONDE MUESTRA : AGREGADOS  
FECHA : ABRIL DEL 2022

**ARENA GRUESA (AGREGADO FINO)**

**PESO UNITARIO SUELTO**

| MOLDE NRO.                   | I        | II       | III      |
|------------------------------|----------|----------|----------|
| Peso del Molde (gr.)         | 6,440.0  | 6,440.0  | 6,440.0  |
| Peso Molde + Muestra (gr.)   | 9,176.0  | 9,185.0  | 9,196.0  |
| Peso de la Muestra (gr.)     | 2,736.00 | 2,745.00 | 2,756.00 |
| Volumen del Molde (m3)       | 2,073.0  | 2,073.0  | 2,073.0  |
| Peso Unitario (Kg/m3)        | 1,319.83 | 1,324.17 | 1,329.47 |
| Peso Unitario Humedo (Kg/m3) | 1,324    |          |          |
| Peso Unitario Seco (Kg/m3)   | 1,270    |          |          |

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

| MOLDE NRO.                   | I        | II       | III      |
|------------------------------|----------|----------|----------|
| Peso del Molde (gr.)         | 6,440.0  | 6,440.0  | 6,440.0  |
| Peso Molde + Muestra (gr.)   | 9,833.0  | 9,845.0  | 9,834.0  |
| Peso de la Muestra (gr.)     | 3,393.00 | 3,405.00 | 3,394.00 |
| Volumen del Molde (cm3)      | 2,073.0  | 2,073.0  | 2,073.0  |
| Peso Unitario (Kg/m3)        | 1,636.76 | 1,642.55 | 1,637.24 |
| Peso Unitario Humedo (kg/m3) | 1,639    |          |          |
| Peso Unitario Seco (kg/m3)   | 1,572    |          |          |

**RCD 75 % Y PIEDRA CHANCADA 25 % (AGREGADO GRUESO)**

**PESO UNITARIO SUELTO**

| MOLDE N°.                    | I        | II       | III      |
|------------------------------|----------|----------|----------|
| Peso del Molde (gr.)         | 6,440.0  | 6,440.0  | 6,440.0  |
| Peso Molde + Muestra (gr.)   | 9,156.0  | 9,134.0  | 9,145.0  |
| Peso de la Muestra (gr.)     | 2,716.00 | 2,694.00 | 2,705.00 |
| Volumen del Molde (cm3)      | 2,073.0  | 2,073.0  | 2,073.0  |
| Peso Unitario (Kg/m3)        | 1,310.18 | 1,299.57 | 1,304.87 |
| Peso Unitario Humedo (Kg/m3) | 1,305    |          |          |
| Peso Unitario Seco (Kg/m3)   | 1,286    |          |          |

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

| MOLDE NRO.                   | I        | II       | III      |
|------------------------------|----------|----------|----------|
| Peso del Molde (gr.)         | 6,440.0  | 6,440.0  | 6,440.0  |
| Peso Molde + Muestra (gr.)   | 9,612.0  | 9,513.0  | 9,604.0  |
| Peso de la Muestra (gr.)     | 3,172.00 | 3,073.00 | 3,164.00 |
| Volumen del Molde (cm3)      | 2,073.0  | 2,073.0  | 2,073.0  |
| Peso Unitario (Kg/m3)        | 1,530.15 | 1,482.39 | 1,526.29 |
| Peso Unitario Humedo (Kg/m3) | 1,513    |          |          |
| Peso Unitario Seco (Kg/m3)   | 1,492    |          |          |

## PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS

**PROYECTO** : TESIS UNSCH: DISEÑO DE PAVIMENTO  
**SOLICITADO POR** : SR. EDUARDO QUISPE CONDE      **MUESTRA** : AGREGADOS  
**FECHA** : ABRIL DEL 2022

| PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO FINO |   |        |
|--|---|--------|
| <b>I.- DATOS</b>                             |   |        |
| 1  | Peso de la muestra secada al horno (gr)                         | 387.00 |
| 2  | Peso del frasco (picnometro)+agua (gr)                          | 670.00 |
| 3  | Peso del frasco+Agua+Muestra hasta la marca de calibración (gr) | 915.00 |
| 4  | Peso de arena sss. (gr)   | 400.00 |
|  |   |        |
|  |   |        |
|  |   |        |
| <b>II.- RESULTADOS</b>                       |   |        |
| 1  | Peso Especifico de Masa: P.E.M. (gr/cm <sup>3</sup> )           | 2.50   |
| 2  | P.E. de Masa Saturada Superficialmente Seca : P.E.M.S.S.S.      | 2.82   |
| 3  | Peso Especifico Aparente P.E.A.                                 | 2.73   |
| 4  | Porcentaje de Absorcion: %ABS                                   | 1.07   |

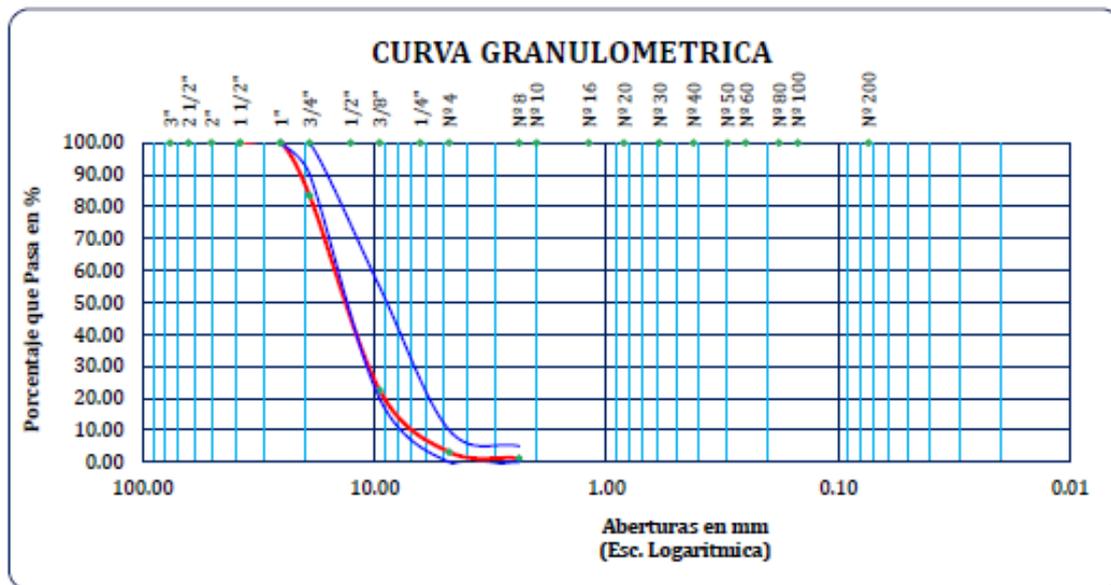
| PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO (RCD 75 % Y PIEDRA CHANCADA 25 %) |  |      |
|--|--|------|
| <b>I.- DATOS</b>   |  |      |
| 1  | Peso de la Muestra Secada al Horno(gr)                             | 1965 |
| 2  | Peso de la Muestra Saturada Superficialmente Seca(gr)              | 2010 |
| 3  | Peso de la Muestra Sumergida (gr)                                  | 1215 |
| <b>II.- RESULTADOS</b>   |  |      |
| 4  | Peso Especifico de Masa: P.E.M. 1/(2-3)-(gr/cm <sup>3</sup> )      | 2.47 |
| 5  | P.E. de Masa Saturada Superficialmente Seca P.E.M.S.S.S.(2/(2-3))- | 2.53 |
| 6  | Peso Especifico Aparente P.E.A. : 1/(1-3)-                         | 2.62 |
| 7  | Porcentaje de Absorcion: %ABS((2-1)/1)* 100                        | 0.41 |

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO DE AGREGADO GRUESO  
ASTM C-136**

PROYECTO : TESIS UNSCH: DISEÑO DE PAVIMENTO  
SOLICITADO POR : SR. EDUARDO QUISPE CONDE MUESTRA : AGREGADOS  
FECHA : ABRIL DEL 2022

RCD 75 % Y PIEDRA CHANCADA 25 % (AGREGADO GRUESO)

| TAMICES<br>ASTM | ABERTURA<br>mm | PESO<br>RETENIDO | %RETENIDO<br>PARCIAL | %RETENIDO<br>ACUMULADO | % QUE<br>PASA | ESPECIF. 3/4"<br>ASTM C-33-54 | TAMANO MAXIMO: 3/4" | DESCRIPCION DE LA MUESTRA         |
|-----------------|----------------|------------------|----------------------|------------------------|---------------|-------------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| 3"              | 76.200         |                  |                      |                        |               |                               |                     |                                   |
| 2 1/2"          | 63.500         | 0.00             | 0.00                 | 0.00                   | 100.00        |                               |                     | P.M 1708                          |
| 2"              | 50.600         | 0.00             | 0.00                 | 0.00                   | 100.00        |                               |                     |                                   |
| 1 1/2"          | 38.100         | 0.00             | 0.00                 | 0.00                   | 100.00        |                               |                     |                                   |
| 1"              | 25.400         | 0.00             | 0.00                 | 0.00                   | 100.00        | 100                           | 100                 | Contenido de Humedad : 1.43       |
| 3/4"            | 19.050         | 284.00           | 16.63                | 16.63                  | 83.37         | 90                            | 100                 | Peso unitario suelto : 1305 kg/m3 |
| 1/2"            | 12.700         | 785.00           | 45.96                | 62.59                  | 37.41         |                               |                     | peso unit. Compactado: 1513 kg/m3 |
| 3/8"            | 9.525          | 253.00           | 14.81                | 77.40                  | 22.60         | 20                            | 55                  |                                   |
| 1/4"            | 6.350          | 0.00             | 0.00                 | 77.40                  | 22.60         |                               |                     |                                   |
| No4             | 4.760          | 332.00           | 19.44                | 96.84                  | 3.16          | 0                             | 10                  | CARACT. GRANULOMETRICAS:          |
| No8             | 2.380          | 34.00            | 1.99                 | 98.83                  | 1.17          | 0                             | 5                   | D10= 6.44 Cu= 2.39                |
| No10            | 2.000          |                  |                      |                        |               |                               |                     | D30= 10.68 Cc= 1.15               |
| No16            | 1.190          |                  |                      |                        |               |                               |                     | D60= 15.39                        |
| No20            | 0.840          |                  |                      |                        |               |                               |                     |                                   |
| No30            | 0.590          |                  |                      |                        |               |                               |                     | MODULO DE FINEZA : 6.91           |
| No40            | 0.420          |                  |                      |                        |               |                               |                     |                                   |
| No50            | 0.300          |                  |                      |                        |               |                               |                     |                                   |
| No60            | 0.250          |                  |                      |                        |               |                               |                     | OBSERVACIONES:                    |
| No80            | 0.180          |                  |                      |                        |               |                               |                     |                                   |
| No100           | 0.149          |                  |                      |                        |               |                               |                     |                                   |
| No200           | 0.074          |                  |                      |                        |               |                               |                     |                                   |
| BASE            |                | 20.00            | 1.17                 | 100.00                 | 0.00          |                               |                     |                                   |
| TOTAL           |                | 1708.00          | 100.00               |                        |               |                               |                     |                                   |
| % PERDIDA       |                |                  |                      |                        |               |                               |                     | MUESTREADO POR EL SOLICITANTE     |



**DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO  $f_c=210 \text{ Kg/cm}^2$**

PROYECTO : TESIS UNSCH: DISEÑO DE PAVIMENTO  
 SOLICITADO POR : SR. EDUARDO QUISPE CONDE  
 FECHA : ABRIL DEL 2022  
 MUESTRA : AGREGADOS

**CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES**

| DESCRIPCION              | UNIDAD            | CEMENTO PORTLAND<br>TIPO I | AGREGADOS |        |
|--------------------------|-------------------|----------------------------|-----------|--------|
|                          |                   |                            | FINO      | GRUESO |
| CANTERA PROCEDENCIA :    |                   |                            |           |        |
| TAMAÑO MAXIMO            | Pulg              |                            |           | 3/4"   |
| PESO ESPECIFICO          | gr/cc             | 3.15                       | 2.50      | 2.47   |
| PESO UNITARIO SUELTO     | Kg/m <sup>3</sup> |                            | 1270      | 1286   |
| PESO UNITARIO COMPACTADO | Kg/m <sup>3</sup> |                            | 1572      | 1492   |
| CONTENIDO DE HUMEDAD     | %                 |                            | 4.26      | 1.43   |
| ABSORCION                | %                 |                            | 1.07      | 0.41   |
| MODULO DE FINEZA         |                   |                            | 3.07      | 6.91   |

**DOSIFICACION**

CONCRETO: Sin aire incorporado

| TMN<br>(pulg) | SLUMP<br>(pulg) | AGUA<br>(lit/m <sup>3</sup> ) | AIRE<br>(%) | Agua/cem<br>A/C | Factor cem.<br>FC (Kg/m <sup>3</sup> ) | Factor cem.<br>FC (bol/m <sup>3</sup> ) | mf<br>Comb. De Agreg. | f <sub>c</sub> PROM.<br>f <sub>c</sub> (Kg/m <sup>2</sup> ) |
|---------------|-----------------|-------------------------------|-------------|-----------------|--|---|-----------------------|---|
| 3/4"          | 3" - 4"         | 200                           | 2.0         | 0.56            | 357.14                                 | 8.40                                    | 5.142                 | 294   |

**CALCULO DE LOS VALORES RELATIVOS DEL MODULO DE FINEZA**

|                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| CALCULO DE RF                     | 46.04 |
| VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS AGREGADOS | 0.667 |

a/c Resistencia = 0.56 , f<sub>cr</sub>=294 Kg/cm<sup>2</sup>  
 a/c Durabilidad = 0.50 , Exposición Moderada  
 a Soluciones de Sulfato  
 Slump = 3-4" Consistencia Plastica

**DOSIFICACION EN PESO**

| DESCRIPCION     | VOLUM. ABSOLUTOS | PESOS SECOS/M <sup>3</sup> | HUMEDAD | PESOS KG/M <sup>3</sup> | PROPORCION |
|-----------------|------------------|----------------------------|---------|-------------------------|------------|
| CEMENTO         | 0.113            | 397.497                    |         | 397.50                  | 1.00       |
| AGREGADO FINO   | 0.307            | 767.500                    | 24.5    | 800.20                  | 2.01       |
| AGREGADO GRUESO | 0.360            | 889.200                    | 9.1     | 901.92                  | 2.27       |
| AGUA            | 0.200            | 200.000                    | 33.6    | 166.45                  | 17.80      |
| AIRE            | 0.020            |                            |         |                         |            |

|                  |      |
|------------------|------|
| Rel A/C Efectiva | 0.42 |
|------------------|------|

**DOSIFICACION EN VOLUMEN**

| DESCRIPCION     | EN Pie <sup>3</sup> | PROPORCION |
|-----------------|---------------------|------------|
| CEMENTO         | 9.353               | 1.00       |
| AGREGADO FINO   | 22.241              | 2.38       |
| AGREGADO GRUESO | 24.755              | 2.65       |
| AGUA            | 17.797              | 17.80      |

LA NORMA ITINTEC 400.037 RECOMIENDA QUE EL AGREGADO FINO DEBE DE ESTAR LIBRE DE CANTIDADES PERJUDICIALES DE PIZARRAS, HACIENDO LIMITADO SU USO.

### CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADOS

**PROYECTO** : TESIS UNSCH: DISEÑO DE PAVIMENTO  
**SOLICITADO POR** : SR. EDUARDO QUISPE CONDE **MUESTRA** : AGREGADOS  
**FECHA** : ABRIL DEL 2022

**ARENA GRUESA (AGREGADO FINO)**

| N° De Tara                |        |  |
|---------------------------|--------|--|
| Peso de Tara              | 0.00   |  |
| Peso de Tara + M. Humedo  | 563.00 |  |
| Peso de Tara + M. Seco    | 540.00 |  |
| Peso de Agua              | 23.00  |  |
| Peso Muestra Seca         | 540.00 |  |
| Contenido de Humedad W%   | 4.26   |  |
| Promedio Cont. Humedad W% | 4.26   |  |

**RCD 50 % Y PIEDRA CHANCADA 50 % (AGREGADO GRUESO)**

| N° De Tara                |        |  |
|---------------------------|--------|--|
| Peso de Tara              | 0.00   |  |
| Peso de Tara + M. Humedo  | 670.00 |  |
| Peso de Tara + M. Seco    | 652.00 |  |
| Peso de Agua              | 18.00  |  |
| Peso Muestra Seca         | 652.00 |  |
| Contenido de humedad W%   | 2.76   |  |
| Promedio cont. Humedad W% | 2.76   |  |

**PESO UNITARIO DE AGREGADOS**  
**ASTM C- 29**

**PROYECTO** : TESIS UNSCH: DISEÑO DE PAVIMENTO  
**SOLICITADO POR** : SR. EDUARDO QUISPE CONDE **MUESTRA** : AGREGADOS  
**FECHA** : ABRIL DEL 2022

**ARENA GRUESA (AGREGADO FINO)**

**PESO UNITARIO SUELTO**

| MOLDE NRO.                   | I        | II       | III      |
|------------------------------|----------|----------|----------|
| Peso del Molde (gr.)         | 6,440.0  | 6,440.0  | 6,440.0  |
| Peso Molde + Muestra (gr.)   | 9,176.0  | 9,185.0  | 9,196.0  |
| Peso de la Muestra (gr.)     | 2,736.00 | 2,745.00 | 2,756.00 |
| Volumen del Molde (m3)       | 2,073.0  | 2,073.0  | 2,073.0  |
| Peso Unitario (Kg/m3)        | 1,319.83 | 1,324.17 | 1,329.47 |
| Peso Unitario Humedo (Kg/m3) | 1,324    |          |          |
| Peso Unitario Seco (Kg/m3)   | 1,270    |          |          |

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

| MOLDE NRO.                   | I        | II       | III      |
|------------------------------|----------|----------|----------|
| Peso del Molde (gr.)         | 6,440.0  | 6,440.0  | 6,440.0  |
| Peso Molde + Muestra (gr.)   | 9,833.0  | 9,845.0  | 9,834.0  |
| Peso de la Muestra (gr.)     | 3,393.00 | 3,405.00 | 3,394.00 |
| Volumen del Molde (cm3)      | 2,073.0  | 2,073.0  | 2,073.0  |
| Peso Unitario (Kg/m3)        | 1,636.76 | 1,642.55 | 1,637.24 |
| Peso Unitario Humedo (kg/m3) | 1,639    |          |          |
| Peso Unitario Seco (kg/m3)   | 1,572    |          |          |

**RCD 50 % Y PIEDRA CHANCADA 50 % (AGREGADO GRUESO)**

**PESO UNITARIO SUELTO**

| MOLDE N°.                    | I        | II       | III      |
|------------------------------|----------|----------|----------|
| Peso del Molde (gr.)         | 6,440.0  | 6,440.0  | 6,440.0  |
| Peso Molde + Muestra (gr.)   | 9,214.0  | 9,222.0  | 9,214.0  |
| Peso de la Muestra (gr.)     | 2,774.00 | 2,782.00 | 2,774.00 |
| Volumen del Molde (cm3)      | 2,073.0  | 2,073.0  | 2,073.0  |
| Peso Unitario (Kg/m3)        | 1,338.16 | 1,342.02 | 1,338.16 |
| Peso Unitario Humedo (Kg/m3) | 1,339    |          |          |
| Peso Unitario Seco (Kg/m3)   | 1,303    |          |          |

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

| MOLDE NRO.                   | I        | II       | III      |
|------------------------------|----------|----------|----------|
| Peso del Molde (gr.)         | 6,440.0  | 6,440.0  | 6,440.0  |
| Peso Molde + Muestra (gr.)   | 9,645.0  | 9,564.0  | 9,634.0  |
| Peso de la Muestra (gr.)     | 3,205.00 | 3,124.00 | 3,194.00 |
| Volumen del Molde (cm3)      | 2,073.0  | 2,073.0  | 2,073.0  |
| Peso Unitario (Kg/m3)        | 1,546.07 | 1,506.99 | 1,540.76 |
| Peso Unitario Humedo (Kg/m3) | 1,531    |          |          |
| Peso Unitario Seco (Kg/m3)   | 1,490    |          |          |

## PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS

**PROYECTO** : TESIS UNSCH: DISEÑO DE PAVIMENTO  
**SOLICITADO POR** : SR. EDUARDO QUISPE CONDE **MUESTRA** : AGREGADOS  
**FECHA** : ABRIL DEL 2022

| PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO FINO |   |        |
|--|---|--------|
| <b>I.- DATOS</b>                             |   |        |
| 1  | Peso de la muestra secada al horno (gr)                         | 387.00 |
| 2  | Peso del frasco (picnometro)+agua (gr)                          | 670.00 |
| 3  | Peso del frasco+Agua+Muestra hasta la marca de calibración (gr) | 915.00 |
| 4  | Peso de arena sss. (gr)   | 400.00 |
|  |   |        |
|  |   |        |
|  |   |        |
| <b>II.- RESULTADOS</b>                       |   |        |
| 1  | Peso Especifico de Masa: P.E.M. (gr/cm <sup>3</sup> )           | 2.50   |
| 2  | P.E. de Masa Saturada Superficialmente Seca : P.E.M.S.S.S.      | 2.82   |
| 3  | Peso Especifico Aparente P.E.A.                                 | 2.73   |
| 4  | Porcentaje de Absorcion: %ABS                                   | 1.07   |

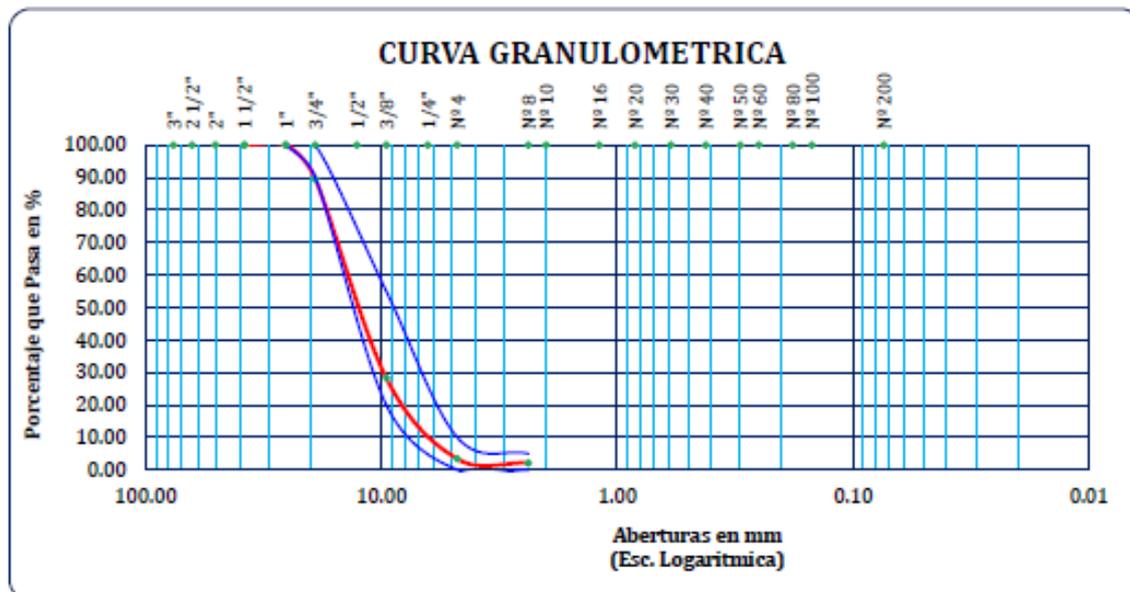
| PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO (RCD 50 % Y PIEDRA CHANCADA 50 %) |  |      |
|--|--|------|
| <b>I.- DATOS</b>   |  |      |
| 1  | Peso de la Muestra Secada al Horno(gr)                                 | 1988 |
| 2  | Peso de la Muestra Saturada Superficialmente Seca(gr)                  | 2008 |
| 3  | Peso de la Muestra Sumergida (gr)                                      | 1205 |
| <b>II.- RESULTADOS</b>   |  |      |
| 4  | Peso Especifico de Masa: P.E.M. $1/(2-3)$ -(gr/cm <sup>3</sup> )       | 2.48 |
| 5  | P.E. de Masa Saturada Superficialmente Seca P.E.M.S.S.S.( $2/(2-3)$ )- | 2.50 |
| 6  | Peso Especifico Aparente P.E.A. : $1/(1-3)$ -                          | 2.54 |
| 7  | Porcentaje de Absorcion: %ABS( $(2-1)/1$ )*100                         | 0.18 |

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO DE AGREGADO GRUESO  
ASTM C-136**

PROYECTO : TESIS UNSCH: DISEÑO DE PAVIMENTO  
SOLICITADO POR : SR. EDUARDO QUISPE CONDE MUESTRA : AGREGADOS  
FECHA : ABRIL DEL 2022

RCD 50 % Y PIEDRA CHANCADA 50 % (AGREGADO GRUESO)

| TAMICES<br>ASTM | ABERTURA<br>mm | PESO<br>RETENIDO | %RETENIDO<br>PARCIAL | %RETENIDO<br>ACUMULADO | % QUE<br>PASA | ESPECIF. 3/4"<br>ASTM C-33-54 |     | TAMANO MAXIMO: 3/4"             | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|-----------------|----------------|------------------|----------------------|------------------------|---------------|-------------------------------|-----|---------------------------------|---------------------------|
| 3"              | 76.200         |                  |                      |                        |               |                               |     |                                 |                           |
| 2 1/2"          | 63.500         | 0.00             | 0.00                 | 0.00                   | 100.00        |                               |     |                                 | P.M 934                   |
| 2"              | 50.600         | 0.00             | 0.00                 | 0.00                   | 100.00        |                               |     |                                 |                           |
| 1 1/2"          | 38.100         | 0.00             | 0.00                 | 0.00                   | 100.00        |                               |     | Contenido de Humedad :          | 2.76                      |
| 1"              | 25.400         | 0.00             | 0.00                 | 0.00                   | 100.00        | 100                           | 100 |                                 |                           |
| 3/4"            | 19.050         | 98.00            | 10.49                | 10.49                  | 89.51         | 90                            | 100 | Peso unitario suelto :          | 1339 kg/m3                |
| 1/2"            | 12.700         | 389.00           | 41.65                | 52.14                  | 47.86         |                               |     | peso unit. Compactado:          | 1531 kg/m3                |
| 3/8"            | 9.525          | 183.00           | 19.59                | 71.73                  | 28.27         | 20                            | 55  | <b>CARACT. GRANULOMETRICAS:</b> |                           |
| 1/4"            | 6.350          | 0.00             | 0.00                 | 71.73                  | 28.27         |                               |     | D10=                            | 6.02                      |
| No4             | 4.760          | 232.00           | 24.84                | 96.57                  | 3.43          | 0                             | 10  | Cu=                             | 2.40                      |
| No8             | 2.380          | 12.00            | 1.28                 | 97.86                  | 2.14          | 0                             | 5   | D30=                            | 9.79                      |
| No10            | 2.000          |                  |                      |                        |               |                               |     | D60=                            | 14.46                     |
| No16            | 1.190          |                  |                      |                        |               |                               |     | MODULO DE FINEZA : 6.79         |                           |
| No20            | 0.840          |                  |                      |                        |               |                               |     | <b>OBSERVACIONES:</b>           |                           |
| No30            | 0.590          |                  |                      |                        |               |                               |     |                                 |                           |
| No40            | 0.420          |                  |                      |                        |               |                               |     |                                 |                           |
| No50            | 0.300          |                  |                      |                        |               |                               |     |                                 |                           |
| No60            | 0.250          |                  |                      |                        |               |                               |     |                                 |                           |
| No80            | 0.180          |                  |                      |                        |               |                               |     |                                 |                           |
| No100           | 0.149          |                  |                      |                        |               |                               |     |                                 |                           |
| No200           | 0.074          |                  |                      |                        |               |                               |     |                                 |                           |
| BASE            |                | 20.00            | 2.14                 | 100.00                 | 0.00          |                               |     | MUESTREO POR EL SOLICITANTE     |                           |
| TOTAL           |                | 934.00           | 100.00               |                        |               |                               |     |                                 |                           |
| % PERDIDA       |                |                  |                      |                        |               |                               |     |                                 |                           |



**DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO  $f_c=210 \text{ Kg/cm}^2$**

PROYECTO : TESIS UNSCH: DISEÑO DE PAVIMENTO  
 SOLICITADO POR : SR. EDUARDO QUISPE CONDE MUESTRA : AGREGADOS  
 FECHA : ABRIL DEL 2022

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

| DESCRIPCION              | UNIDAD | CEMENTO PORTLAND TIPO I | AGREGADOS |        |
|--------------------------|--------|-------------------------|-----------|--------|
|                          |        |                         | FINO      | GRUESO |
| CANTERA PROCEDENCIA :    |        |                         |           |        |
| TAMANO MAXIMO            | Pulg   |                         |           | 3/4"   |
| PESO ESPECIFICO          | gr/cc  | 3.15                    | 2.50      | 2.48   |
| PESO UNITARIO SUELTO     | Kg/m3  |                         | 1270      | 1303   |
| PESO UNITARIO COMPACTADO | Kg/m3  |                         | 1572      | 1490   |
| CONTENIDO DE HUMEDAD     | %      |                         | 4.26      | 2.76   |
| ABSORCION                | %      |                         | 1.07      | 0.18   |
| MODULO DE FINEZA         |        |                         | 3.07      | 6.79   |

DOSIFICACION

CONCRETO: Sin aire incorporado

| TMN (pulg) | SLUMP (pulg) | AGUA (lit/m3) | AIRE (%) | Agua/cem A/C | Factor cem. FC (Kg/m3) | Factor cem. FC (bol/m3) | mf Comb. De Agreg. | Fc PROM. Fc (Kg/m2) |
|------------|--------------|---------------|----------|--------------|------------------------|-------------------------|--------------------|---------------------|
| 3/4"       | 3" - 4"      | 200           | 2.0      | 0.56         | 357.14                 | 8.40                    | 5.142              | 294                 |

CALCULO DE LOS VALORES RELATIVOS DEL MODULO DE FINEZA

|                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| CALCULO DE RF                     | 44.30 |
| VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS AGREGADOS | 0.667 |

a/c Resistencia = 0.56 ,  $f_{cr}=294 \text{ Kg/cm}^2$   
 a/c Durabilidad = 0.50 , Exposición Moderada a Soluciones de Sulfato  
 Slump = 3-4" Consistencia Plastica

DOSIFICACION EN PESO

| DESCRIPCION     | VOLUM. ABSOLUTOS | PESOS SECOS/M3 | HUMEDAD | PESOS KG/M3 | PROPORCION |
|-----------------|------------------|----------------|---------|-------------|------------|
| CEMENTO         | 0.113            | 397.497        |         | 397.50      | 1.00       |
| AGREGADO FINO   | 0.295            | 737.500        | 23.5    | 768.92      | 1.93       |
| AGREGADO GRUESO | 0.372            | 922.560        | 23.8    | 948.02      | 2.38       |
| AGUA            | 0.200            | 200.000        | 47.3    | 152.67      | 16.32      |
| AIRE            | 0.020            |                |         |             |            |

|                  |      |
|------------------|------|
| Rel A/C Efectiva | 0.38 |
|------------------|------|

DOSIFICACION EN VOLUMEN

| DESCRIPCION     | EN Pie3 | PROPORCION |
|-----------------|---------|------------|
| CEMENTO         | 9.353   | 1.00       |
| AGREGADO FINO   | 21.372  | 2.29       |
| AGREGADO GRUESO | 25.681  | 2.75       |
| AGUA            | 16.323  | 16.32      |

LA NORMA ITINTEC 400.037 RECOMIENDA QUE EL AGREGADO FINO DEBE DE ESTAR LIBRE DE CANTIDADES PERJUDICIALES DE PIZARRAS, HACIENDO LIMITADO SU USO.

## CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADOS

**PROYECTO** : TESIS UNSCH: DISEÑO DE PAVIMENTO  
**SOLICITADO POR** : SR. EDUARDO QUISPE CONDE **MUESTRA** : AGREGADOS  
**FECHA** : ABRIL DEL 2022

### ARENA GRUESA (AGREGADO FINO)

| N° De Tara                |  |        |  |
|---------------------------|--|--------|--|
| Peso de Tara              |  | 0.00   |  |
| Peso de Tara + M. Humedo  |  | 563.00 |  |
| Peso de Tara + M. Seco    |  | 540.00 |  |
| Peso de Agua              |  | 23.00  |  |
| Peso Muestra Seca         |  | 540.00 |  |
| Contenido de Humedad W%   |  | 4.26   |  |
| Promedio Cont. Humedad W% |  | 4.26   |  |

### RCD 25 % Y PIEDRA CHANCADA 75 % (AGREGADO GRUESO)

| N° De Tara                |  |        |  |
|---------------------------|--|--------|--|
| Peso de Tara              |  | 0.00   |  |
| Peso de Tara + M. Humedo  |  | 465.00 |  |
| Peso de Tara + M. Seco    |  | 450.00 |  |
| Peso de Agua              |  | 15.00  |  |
| Peso Muestra Seca         |  | 450.00 |  |
| Contenido de humedad W%   |  | 3.33   |  |
| Promedio cont. Humedad W% |  | 3.33   |  |

**PESO UNITARIO DE AGREGADOS**  
**ASTM C- 29**

PROYECTO : TESIS UNSCH: DISEÑO DE PAVIMENTO  
SOLICITADO POR : SR. EDUARDO QUISPE CONDE MUESTRA : AGREGADOS  
FECHA : ABRIL DEL 2022

**ARENA GRUESA (AGREGADO FINO)**

**PESO UNITARIO SUELTO**

| MOLDE NRO.                   | I        | II       | III      |
|------------------------------|----------|----------|----------|
| Peso del Molde (gr.)         | 6,440.0  | 6,440.0  | 6,440.0  |
| Peso Molde + Muestra (gr.)   | 9,176.0  | 9,185.0  | 9,196.0  |
| Peso de la Muestra (gr.)     | 2,736.00 | 2,745.00 | 2,756.00 |
| Volumen del Molde (m3)       | 2,073.0  | 2,073.0  | 2,073.0  |
| Peso Unitario (Kg/m3)        | 1,319.83 | 1,324.17 | 1,329.47 |
| Peso Unitario Humedo (Kg/m3) | 1,324    |          |          |
| Peso Unitario Seco (Kg/m3)   | 1,270    |          |          |

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

| MOLDE NRO.                   | I        | II       | III      |
|------------------------------|----------|----------|----------|
| Peso del Molde (gr.)         | 6,440.0  | 6,440.0  | 6,440.0  |
| Peso Molde + Muestra (gr.)   | 9,833.0  | 9,845.0  | 9,834.0  |
| Peso de la Muestra (gr.)     | 3,393.00 | 3,405.00 | 3,394.00 |
| Volumen del Molde (cm3)      | 2,073.0  | 2,073.0  | 2,073.0  |
| Peso Unitario (Kg/m3)        | 1,636.76 | 1,642.55 | 1,637.24 |
| Peso Unitario Humedo (kg/m3) | 1,639    |          |          |
| Peso Unitario Seco (kg/m3)   | 1,572    |          |          |

**RCD 25 % Y PIEDRA CHANCADA 75 % (AGREGADO GRUESO)**

**PESO UNITARIO SUELTO**

| MOLDE N°.                    | I        | II       | III      |
|------------------------------|----------|----------|----------|
| Peso del Molde (gr.)         | 6,440.0  | 6,440.0  | 6,440.0  |
| Peso Molde + Muestra (gr.)   | 9,245.0  | 9,267.0  | 9,239.0  |
| Peso de la Muestra (gr.)     | 2,805.00 | 2,827.00 | 2,799.00 |
| Volumen del Molde (cm3)      | 2,073.0  | 2,073.0  | 2,073.0  |
| Peso Unitario (Kg/m3)        | 1,353.11 | 1,363.72 | 1,350.22 |
| Peso Unitario Humedo (Kg/m3) | 1,356    |          |          |
| Peso Unitario Seco (Kg/m3)   | 1,312    |          |          |

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

| MOLDE NRO.                   | I        | II       | III      |
|------------------------------|----------|----------|----------|
| Peso del Molde (gr.)         | 6,440.0  | 6,440.0  | 6,440.0  |
| Peso Molde + Muestra (gr.)   | 9,698.0  | 9,678.0  | 9,670.0  |
| Peso de la Muestra (gr.)     | 3,258.00 | 3,238.00 | 3,230.00 |
| Volumen del Molde (cm3)      | 2,073.0  | 2,073.0  | 2,073.0  |
| Peso Unitario (Kg/m3)        | 1,571.64 | 1,561.99 | 1,558.13 |
| Peso Unitario Humedo (Kg/m3) | 1,564    |          |          |
| Peso Unitario Seco (Kg/m3)   | 1,513    |          |          |

## PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS

**PROYECTO** : TESIS UNSCH: DISEÑO DE PAVIMENTO  
**SOLICITADO POR** : SR. EDUARDO QUISPE CONDE                      **MUESTRA** : AGREGADOS  
**FECHA** : ABRIL DEL 2022

| PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO FINO |   |        |
|--|---|--------|
| <b>I.- DATOS</b>                             |   |        |
| 1  | Peso de la muestra secada al horno (gr)                         | 387.00 |
| 2  | Peso del frasco (picnometro)+agua (gr)                          | 670.00 |
| 3  | Peso del frasco+Agua+Muestra hasta la marca de calibración (gr) | 915.00 |
| 4  | Peso de arena sss. (gr)   | 400.00 |
|  |   |        |
|  |   |        |
|  |   |        |
| <b>II.- RESULTADOS</b>                       |   |        |
| 1  | Peso Especifico de Masa: P.E.M. (gr/cm <sup>3</sup> )           | 2.50   |
| 2  | P.E. de Masa Saturada Superficialmente Seca : P.E.M.S.S.S.      | 2.82   |
| 3  | Peso Especifico Aparente P.E.A.                                 | 2.73   |
| 4  | Porcentaje de Absorción: %ABS                                   | 1.07   |

| PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO (RCD 25 % Y PIEDRA CHANCADA 75 %) |  |      |
|--|--|------|
| <b>I.- DATOS</b>   |  |      |
| 1  | Peso de la Muestra Secada al Horno(gr)                                 | 1975 |
| 2  | Peso de la Muestra Saturada Superficialmente Seca(gr)                  | 2000 |
| 3  | Peso de la Muestra Sumergida (gr)                                      | 1210 |
| <b>II.- RESULTADOS</b>   |  |      |
| 4  | Peso Especifico de Masa: P.E.M. $1/(2-3)$ -(gr/cm <sup>3</sup> )       | 2.50 |
| 5  | P.E. de Masa Saturada Superficialmente Seca P.E.M.S.S.S. $(2/(2-3))$ - | 2.53 |
| 6  | Peso Especifico Aparente P.E.A. : $1/(1-3)$ -                          | 2.58 |
| 7  | Porcentaje de Absorción: $\%ABS((2-1)/1)*100$                          | 0.23 |

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO DE AGREGADO GRUESO  
ASTM C-136**

PROYECTO : TESIS UNSCH: DISEÑO DE PAVIMENTO  
SOLICITADO POR : SR. EDUARDO QUISPE CONDE MUESTRA : AGREGADOS  
FECHA : ABRIL DEL 2022

**RCD 25 % Y PIEDRA CHANCADA 75 % (AGREGADO GRUESO)**

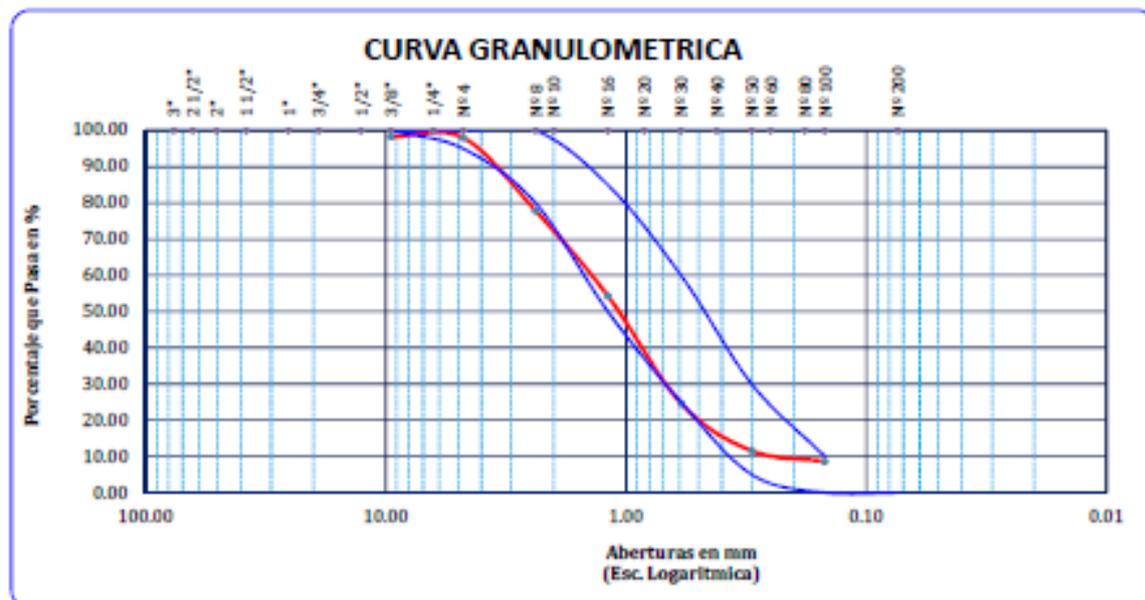
| TAMICES<br>ASTM | ABERTURA<br>mm | PESO<br>RETENIDO | %RETENIDO<br>PARCIAL | %RETENIDO<br>ACUMULADO | % QUE<br>PASA | ESPECIF. 3/4"<br>ASTM C-33-54 | TAMANO MAXIMO: 3/4"<br>DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|-----------------|----------------|------------------|----------------------|------------------------|---------------|-------------------------------|--|
| 3"              | 76.200         |                  |                      |                        |               |                               |  |
| 2 1/2"          | 63.500         | 0.00             | 0.00                 | 0.00                   | 100.00        |                               | P.M 2169   |
| 2"              | 50.600         | 0.00             | 0.00                 | 0.00                   | 100.00        |                               |  |
| 1 1/2"          | 38.100         | 0.00             | 0.00                 | 0.00                   | 100.00        |                               | Contenido de Humedad : 3.33                      |
| 1"              | 25.400         | 40.00            | 1.84                 | 1.84                   | 98.16         | 100                           | 100  |
| 3/4"            | 19.050         | 154.00           | 7.10                 | 8.94                   | 91.06         | 90                            | 100  |
| 1/2"            | 12.700         | 1289.00          | 59.43                | 68.37                  | 31.63         |                               |  |
| 3/8"            | 9.525          | 356.00           | 16.41                | 84.79                  | 15.21         | 20                            | 55   |
| 1/4"            | 6.350          | 0.00             | 0.00                 | 84.79                  | 15.21         |                               |  |
| No4             | 4.760          | 245.00           | 11.30                | 96.08                  | 3.92          | 0                             | 10   |
| No8             | 2.380          | 65.00            | 3.00                 | 99.08                  | 0.92          | 0                             | 5  |
| No10            | 2.000          |                  |                      |                        |               |                               |  |
| No16            | 1.190          |                  |                      |                        |               |                               |  |
| No20            | 0.840          |                  |                      |                        |               |                               |  |
| No30            | 0.590          |                  |                      |                        |               |                               |  |
| No40            | 0.420          |                  |                      |                        |               |                               |  |
| No50            | 0.300          |                  |                      |                        |               |                               |  |
| No60            | 0.250          |                  |                      |                        |               |                               |  |
| No80            | 0.180          |                  |                      |                        |               |                               |  |
| No100           | 0.149          |                  |                      |                        |               |                               |  |
| No200           | 0.074          |                  |                      |                        |               |                               |  |
| BASE            |                | 20.00            | 0.92                 | 100.00                 | 0.00          |                               |  |
| TOTAL           |                | 2169.00          | 100.00               |                        |               |                               |  |
| % PERDIDA       |                |                  |                      |                        |               |                               |  |

**CARACT. GRANULOMETRICAS:**  
D10= 7.33 Cu= 2.07  
D30= 11.38 Cc= 1.17  
D60= 15.15

**MODULO DE FINEZA :** 6.90

**OBSERVACIONES:**

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE



## DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO $f_c=210 \text{ Kg/cm}^2$

**PROYECTO** : TESIS UNSCH: DISEÑO DE PAVIMENTO  
**SOLICITADO POR** : SR. EDUARDO QUISPE CONDE      **MUESTRA** : AGREGADOS  
**FECHA** : ABRIL DEL 2022

### CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

| DESCRIPCION              | UNIDAD | CEMENTO PORTLAND<br>TIPO I | AGREGADOS |        |
|--------------------------|--------|----------------------------|-----------|--------|
|                          |        |                            | FINO      | GRUESO |
| CANTERA PROCEDENCIA :    |        |                            |           |        |
| TAMAÑO MAXIMO            | Pulg   |                            |           | 3/4"   |
| PESO ESPECIFICO          | gr/cc  | 3.15                       | 2.50      | 2.50   |
| PESO UNITARIO SUELTO     | Kg/m3  |                            | 1270      | 1312   |
| PESO UNITARIO COMPACTADO | Kg/m3  |                            | 1572      | 1513   |
| CONTENIDO DE HUMEDAD     | %      |                            | 4.26      | 3.33   |
| ABSORCION                | %      |                            | 1.07      | 0.23   |
| MODULO DE FINEZA         |        |                            | 3.07      | 6.90   |

### DOSIFICACION

**CONCRETO:** Sin aire incorporado

| TMN<br>(pulg) | SLUMP<br>(pulg) | AGUA<br>(lit/m3) | AIRE<br>(%) | Agua/cem<br>A/C | Factor cem.<br>FC (Kg/m3) | Factor cem.<br>FC (bol/m3) | mf<br>Comb. De Agreg. | f'c PROM.<br>f'cr (Kg/m2) |
|---------------|-----------------|------------------|-------------|-----------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------|---------------------------|
| 3/4"          | 3" - 4"         | 200              | 2.0         | 0.56            | 357.14                    | 8.40                       | 5.142                 | 294                       |

### CALCULO DE LOS VALORES RELATIVOS DEL MODULO DE FINEZA

|                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| CALCULO DE RF                     | 45.90 |
| VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS AGREGADOS | 0.667 |

a/c Resistencia = 0.56 ,  $f_{cr}=294 \text{ Kg/cm}^2$   
 a/c Durabilidad = 0.50 , Exposición Moderada  
 a Soluciones de Sulfato  
 Slump = 3-4" Consistencia Plastica

### DOSIFICACION EN PESO

| DESCRIPCION     | VOLUM. ABSOLUTOS | PESOS SECOS/M3 | HUMEDAD | PESOS KG/M3 | PROPORCION |
|-----------------|------------------|----------------|---------|-------------|------------|
| CEMENTO         | 0.113            | 397.497        |         | 397.50      | 1.00       |
| AGREGADO FINO   | 0.306            | 765.000        | 24.4    | 797.59      | 2.01       |
| AGREGADO GRUESO | 0.361            | 902.500        | 28.0    | 932.55      | 2.35       |
| AGUA            | 0.200            | 200.000        | 52.4    | 147.62      | 15.78      |
| AIRE            | 0.020            |                |         |             |            |

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE |                      |                                      |                 |                 |           |           |               |             |          |               |                    |              |                |                   |         |         |
|--|----------------------|--------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------|-----------|---------------|-------------|----------|---------------|--------------------|--------------|----------------|-------------------|---------|---------|
| N.T.P. E.060                                 |                      |                                      |                 |                 |           |           |               |             |          |               |                    |              |                |                   |         |         |
| OBRA   |                      | : "TESIS UNCIS- HUAMANGA - AYACUCHO" |                 |                 |           |           |               |             |          |               |                    |              |                |                   |         |         |
| SOLICITANTE                                  |                      | : SR. EDUARDO QUISPE CONDE           |                 |                 |           |           |               |             |          |               |                    |              |                |                   |         |         |
| ESTRUCTURA                                   |                      | : INDICADA                           |                 |                 |           |           |               |             |          |               |                    |              |                |                   |         |         |
| LUGAR  |                      | : AYACUCHO                           |                 |                 |           |           |               |             |          |               |                    |              |                |                   |         |         |
|  |                      |                                      |                 |                 |           |           |               |             |          |               |                    |              |                | FECHA: 21/04/2022 |         |         |
| N°   | ESPECIMEN            | DISEÑO (F'c)<br>kg/cm2               | FECHA DE MOLDEO | FECHA DE ROTURA | EDAD DIAS | PESO (gr) | DIAMETRO (cm) | ALTURA (CM) | AREA cm2 | VOLUMEN (cm3) | PESO VOLUM (g/cm3) | LECTURA (KN) | LECTURA (Kg-f) | RESISTENCIA       |         | CURADO  |
|  |                      |                                      |                 |                 |           |           |               |             |          |               |                    |              |                | kg/cm2            | %       |         |
| 01   | 100 % PIEDRA Y ARENA | 210                                  | 17/02/2022      | 24/02/2022      | 07        | 12253     | 15.15         | 30.00       | 180.27   | 5408.00       | 2.27               | 257.40       | 26247.1        | 145.601           | 69.33%  | EN OBRA |
| 02   | 100 % PIEDRA Y ARENA | 210                                  | 17/02/2022      | 24/02/2022      | 07        | 12250     | 15.20         | 29.90       | 181.46   | 5425.61       | 2.26               | 240.20       | 24493.2        | 134.98            | 64.28%  | EN OBRA |
| 03   | 100 % PIEDRA Y ARENA | 210                                  | 17/02/2022      | 3/03/2022       | 14        | 12256     | 15.40         | 30.00       | 186.27   | 5587.95       | 2.19               | 338.20       | 34486.3        | 185.146           | 88.16%  | EN OBRA |
| 04   | 100 % PIEDRA Y ARENA | 210                                  | 17/02/2022      | 3/03/2022       | 14        | 12248     | 15.30         | 30.10       | 183.85   | 5534.00       | 2.21               | 346.10       | 35291.8        | 191.956           | 91.41%  | EN OBRA |
| 05   | 100 % PIEDRA Y ARENA | 210                                  | 17/02/2022      | 17/03/2022      | 28        | 12573     | 15.18         | 30.10       | 180.98   | 5447.53       | 2.31               | 409.70       | 49934.7        | 275.911           | 131.39% | EN OBRA |
| 06   | 100 % PIEDRA Y ARENA | 210                                  | 17/02/2022      | 17/03/2022      | 28        | 12609     | 15.28         | 30.00       | 183.37   | 5501.21       | 2.29               | 475.70       | 48507.1        | 264.526           | 125.96% | EN OBRA |
| 01   | 100 % RCD            | 210                                  | 01/03/2022      | 01/03/2022      | 07        | 12235     | 15.20         | 30.00       | 181.46   | 5443.75       | 2.25               | 285.20       | 29081.8        | 160.267           | 76.32%  | EN OBRA |
| 02   | 100 % RCD            | 210                                  | 01/03/2022      | 01/03/2022      | 07        | 12220     | 15.03         | 30.30       | 177.42   | 5375.89       | 2.27               | 257.70       | 26277.7        | 148.108           | 70.53%  | EN OBRA |
| 03   | 100 % RCD            | 210                                  | 01/03/2022      | 15/03/2022      | 14        | 11896     | 15.09         | 30.20       | 178.84   | 5401.01       | 2.20               | 321.30       | 32763          | 183.195           | 87.24%  | EN OBRA |
| 04   | 100 % RCD            | 210                                  | 01/03/2022      | 15/03/2022      | 14        | 12122     | 15.13         | 30.50       | 179.79   | 5483.62       | 2.21               | 328.90       | 33537.9        | 186.539           | 88.83%  | EN OBRA |
| 05   | 100 % RCD            | 210                                  | 01/03/2022      | 29/03/2022      | 28        | 12337     | 15.17         | 30.30       | 180.74   | 5476.51       | 2.25               | 451.10       | 45998.7        | 254.498           | 121.19% | EN OBRA |
| 06   | 100 % RCD            | 210                                  | 01/03/2022      | 29/03/2022      | 28        | 12341     | 15.19         | 30.20       | 181.22   | 5472.84       | 2.25               | 442.00       | 45070.7        | 248.708           | 118.43% | EN OBRA |
| 01   | 25 % RCD             | 210                                  | 02/03/2022      | 09/03/2022      | 07        | 12169     | 15.12         | 30.10       | 179.55   | 5404.56       | 2.25               | 222.02       | 22639.4        | 126.087           | 60.04%  | EN OBRA |
| 02   | 25 % RCD             | 210                                  | 02/03/2022      | 09/03/2022      | 07        | 12156     | 15.08         | 30.10       | 178.60   | 5376.00       | 2.26               | 224.80       | 22922.9        | 128.344           | 61.12%  | EN OBRA |
| 03   | 25 % RCD             | 210                                  | 02/03/2022      | 16/03/2022      | 14        | 12329     | 15.09         | 30.20       | 178.84   | 5401.01       | 2.28               | 314.50       | 32069.6        | 179.318           | 85.39%  | EN OBRA |
| 04   | 25 % RCD             | 210                                  | 02/03/2022      | 16/03/2022      | 14        | 12554     | 15.04         | 30.30       | 177.66   | 5383.05       | 2.33               | 307.30       | 31335.4        | 176.38            | 83.99%  | EN OBRA |
| 05   | 25 % RCD             | 210                                  | 02/03/2022      | 30/03/2022      | 28        | 12514     | 14.97         | 30.10       | 176.01   | 5297.85       | 2.36               | 348.00       | 35485.6        | 201.613           | 96.01%  | EN OBRA |
| 06   | 25 % RCD             | 210                                  | 02/03/2022      | 30/03/2022      | 28        | 12341     | 15.27         | 30.40       | 183.13   | 5567.26       | 2.22               | 357.20       | 36423.7        | 198.891           | 94.71%  | EN OBRA |



| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE |           |                                      |                 |                 |           |           |               |             |          |               |                    |              |                |                   |        |         |
|--|-----------|--------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------|-----------|---------------|-------------|----------|---------------|--------------------|--------------|----------------|-------------------|--------|---------|
| N.T.P. E.060                                 |           |                                      |                 |                 |           |           |               |             |          |               |                    |              |                |                   |        |         |
| OBRA   |           | : "TESIS UNCIS- HUAMANGA - AYACUCHO" |                 |                 |           |           |               |             |          |               |                    |              |                |                   |        |         |
| SOLICITANTE                                  |           | : SR. EDUARDO QUISPE CONDE           |                 |                 |           |           |               |             |          |               |                    |              |                |                   |        |         |
| ESTRUCTURA                                   |           | : INDICADA                           |                 |                 |           |           |               |             |          |               |                    |              |                |                   |        |         |
| LUGAR  |           | : AYACUCHO                           |                 |                 |           |           |               |             |          |               |                    |              |                |                   |        |         |
|  |           |                                      |                 |                 |           |           |               |             |          |               |                    |              |                | FECHA: 21/04/2022 |        |         |
| N°   | ESPECIMEN | DISEÑO (F'c)<br>kg/cm2               | FECHA DE MOLDEO | FECHA DE ROTURA | EDAD DIAS | PESO (gr) | DIAMETRO (cm) | ALTURA (CM) | AREA cm2 | VOLUMEN (cm3) | PESO VOLUM (g/cm3) | LECTURA (KN) | LECTURA (Kg-f) | RESISTENCIA       |        | CURADO  |
|  |           |                                      |                 |                 |           |           |               |             |          |               |                    |              |                | kg/cm2            | %      |         |
| 01   | 50 % RCD  | 210                                  | 01/03/2022      | 01/03/2022      | 07        | 11800     | 15.20         | 30.00       | 182.89   | 5486.81       | 2.17               | 202.02       | 20600          | 112.634           | 53.64% | EN OBRA |
| 02   | 50 % RCD  | 210                                  | 01/03/2022      | 01/03/2022      | 07        | 12212     | 15.12         | 30.20       | 179.55   | 5422.51       | 2.25               | 195.80       | 19965.7        | 111.197           | 52.95% | EN OBRA |
| 03   | 50 % RCD  | 210                                  | 01/03/2022      | 15/03/2022      | 14        | 11906     | 15.10         | 30.10       | 179.08   | 5390.27       | 2.21               | 290.50       | 29622.3        | 165.415           | 78.77% | EN OBRA |
| 04   | 50 % RCD  | 210                                  | 01/03/2022      | 15/03/2022      | 14        | 12112     | 15.08         | 30.20       | 178.60   | 5393.86       | 2.25               | 287.30       | 29296          | 164.027           | 78.11% | EN OBRA |
| 05   | 50 % RCD  | 210                                  | 01/03/2022      | 29/03/2022      | 28        | 12158     | 14.72         | 30.20       | 170.18   | 5139.40       | 2.37               | 301.00       | 30693          | 180.357           | 85.88% | EN OBRA |
| 06   | 50 % RCD  | 210                                  | 01/03/2022      | 29/03/2022      | 28        | 12167     | 14.81         | 30.10       | 172.27   | 5185.21       | 2.35               | 307.20       | 31325.2        | 181.842           | 86.59% | EN OBRA |
| 01   | 75 % RCD  | 210                                  | 03/03/2022      | 10/03/2022      | 07        | 12189     | 15.17         | 30.00       | 180.74   | 5422.28       | 2.25               | 83.80        | 8645.09        | 47.2776           | 22.51% | EN OBRA |
| 02   | 75 % RCD  | 210                                  | 03/03/2022      | 10/03/2022      | 07        | 12328     | 15.09         | 30.40       | 178.84   | 5436.78       | 2.27               | 107.70       | 10982.2        | 61.4073           | 29.24% | EN OBRA |
| 03   | 75 % RCD  | 210                                  | 03/03/2022      | 17/03/2022      | 14        | 12328     | 15.40         | 30.30       | 186.27   | 5643.83       | 2.18               | 199.30       | 20322.6        | 109.106           | 51.96% | EN OBRA |
| 04   | 75 % RCD  | 210                                  | 03/03/2022      | 17/03/2022      | 14        | 12209     | 15.04         | 30.00       | 177.66   | 5329.75       | 2.29               | 194.70       | 19853.6        | 111.751           | 53.21% | EN OBRA |
| 05   | 75 % RCD  | 210                                  | 03/03/2022      | 31/03/2022      | 28        | 12416     | 14.98         | 30.30       | 176.24   | 5340.18       | 2.33               | 254.70       | 25971.8        | 147.363           | 70.17% | EN OBRA |
| 06   | 75 % RCD  | 210                                  | 03/03/2022      | 31/03/2022      | 28        | 12314     | 15.07         | 30.20       | 178.37   | 5386.71       | 2.29               | 240.00       | 24472.8        | 137.204           | 65.34% | EN OBRA |

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL**

**NTP 339.084**

**OBRA** : "ANALISIS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO, UTILIZANDO AGREGADO RCD, AYACUCHO 2021"

**SOLICITANTE** : QUISPE CONDE EDUARDO

**ESTRUCTURA** : INDICADA

**FECHA :** 21/04/2022

| N° | ESPECIMEN            | DISEÑO (f'c)<br>Kg/cm2 | FECHA DE MOLDEO | FECHA DE ROTURA | EDAD DIAS | PESO (gr) | DIAMETRO (mm) | ALTURA (mm) | AREA cm2 | VOLUMEN (cm3) | PESO VOLUM (g/cm3) | LECTURA (KN) | LECTURA (N) | RESISTENCIA kg/cm2 | CURADO  |
|----|----------------------|------------------------|-----------------|-----------------|-----------|-----------|---------------|-------------|----------|---------------|--------------------|--------------|-------------|--------------------|---------|
| 01 | 100 % PIEDRA Y ARENA | 210                    | 17/02/2022      | 24/02/2022      | 07        | 12125     | 149.00        | 301.00      | 174.37   | 5248.42       | 2.31               | 90.70        | 90700       | 1.29               | EN LAB. |
| 02 | 100 % PIEDRA Y ARENA | 210                    | 17/02/2022      | 24/02/2022      | 07        | 12445     | 151.40        | 304.00      | 180.03   | 5472.87       | 2.27               | 92.90        | 92900       | 1.28               | EN LAB. |
| 03 | 100 % PIEDRA Y ARENA | 210                    | 17/02/2022      | 3/03/2022       | 14        | 12305     | 150.10        | 302.00      | 176.95   | 5343.90       | 2.30               | 124.50       | 124500      | 1.75               | EN LAB. |
| 04 | 100 % PIEDRA Y ARENA | 210                    | 17/02/2022      | 3/03/2022       | 14        | 12116     | 149.60        | 304.00      | 175.77   | 5343.51       | 2.27               | 128.60       | 128600      | 1.80               | EN LAB. |
| 05 | 100 % PIEDRA Y ARENA | 210                    | 17/02/2022      | 17/03/2022      | 28        | 12388     | 151.40        | 304.00      | 180.03   | 5472.87       | 2.26               | 185.20       | 185200      | 2.56               | EN LAB. |
| 06 | 100 % PIEDRA Y ARENA | 210                    | 17/02/2022      | 17/03/2022      | 28        | 12253     | 153.00        | 299.00      | 183.85   | 5497.23       | 2.23               | 181.20       | 181200      | 2.52               | EN LAB. |
| 01 | 25 % RCD             | 210                    | 02/03/2022      | 9/03/2022       | 07        | 12393     | 149.50        | 298.00      | 175.54   | 5231.05       | 2.37               | 82.60        | 82600       | 1.18               | EN LAB. |
| 02 | 25 % RCD             | 210                    | 02/03/2022      | 9/03/2022       | 07        | 12468     | 150.90        | 305.00      | 178.84   | 5454.67       | 2.29               | 84.60        | 84600       | 1.17               | EN LAB. |
| 03 | 25 % RCD             | 210                    | 02/03/2022      | 16/03/2022      | 14        | 12624     | 152.30        | 303.00      | 182.18   | 5519.91       | 2.29               | 108.20       | 108200      | 1.49               | EN LAB. |
| 04 | 25 % RCD             | 210                    | 02/03/2022      | 16/03/2022      | 14        | 12452     | 150.60        | 303.00      | 178.13   | 5397.37       | 2.31               | 105.90       | 105900      | 1.48               | EN LAB. |
| 05 | 25 % RCD             | 210                    | 02/03/2022      | 30/03/2022      | 28        | 12586     | 149.40        | 305.00      | 175.30   | 5346.76       | 2.35               | 148.10       | 148100      | 2.07               | EN LAB. |
| 06 | 25 % RCD             | 210                    | 02/03/2022      | 30/03/2022      | 28        | 12504     | 151.00        | 301.00      | 179.08   | 5390.27       | 2.32               | 145.60       | 145600      | 2.04               | EN LAB. |
| 01 | 50 % RCD             | 210                    | 01/03/2022      | 8/03/2022       | 07        | 12492     | 151.70        | 303.00      | 180.74   | 5476.51       | 2.28               | 79.30        | 79300       | 1.10               | EN LAB. |

|    |           |     |            |            |    |              |               |               |        |         |      |               |        |      |         |
|----|-----------|-----|------------|------------|----|--------------|---------------|---------------|--------|---------|------|---------------|--------|------|---------|
| 02 | 50 % RCD  | 210 | 01/03/2022 | 8/03/2022  | 07 | <b>12415</b> | <b>151.90</b> | <b>304.00</b> | 181.22 | 5509.08 | 2.25 | <b>78.80</b>  | 78800  | 1.09 | EN LAB. |
| 03 | 50 % RCD  | 210 | 01/03/2022 | 15/03/2022 | 14 | <b>12427</b> | <b>151.20</b> | <b>304.00</b> | 179.55 | 5458.42 | 2.28 | <b>93.60</b>  | 93600  | 1.30 | EN LAB. |
| 04 | 50 % RCD  | 210 | 01/03/2022 | 15/03/2022 | 14 | <b>12300</b> | <b>149.80</b> | <b>305.00</b> | 176.24 | 5375.43 | 2.29 | <b>93.90</b>  | 93900  | 1.31 | EN LAB. |
| 05 | 50 % RCD  | 210 | 01/03/2022 | 29/03/2022 | 28 | <b>12222</b> | <b>149.40</b> | <b>302.00</b> | 175.30 | 5294.17 | 2.31 | <b>131.50</b> | 131500 | 1.86 | EN LAB. |
| 06 | 50 % RCD  | 210 | 01/03/2022 | 29/03/2022 | 28 | <b>12378</b> | <b>150.00</b> | <b>303.00</b> | 176.71 | 5354.45 | 2.31 | <b>130.20</b> | 130200 | 1.82 | EN LAB. |
| 01 | 75 % RCD  | 210 | 03/03/2022 | 10/03/2022 | 07 | <b>12240</b> | <b>151.00</b> | <b>301.00</b> | 179.08 | 5390.27 | 2.27 | <b>68.90</b>  | 68900  | 0.97 | EN LAB. |
| 02 | 75 % RCD  | 210 | 03/03/2022 | 10/03/2022 | 07 | <b>12249</b> | <b>150.00</b> | <b>301.00</b> | 176.71 | 5319.11 | 2.30 | <b>67.80</b>  | 67800  | 0.96 | EN LAB. |
| 03 | 75 % RCD  | 210 | 03/03/2022 | 17/03/2022 | 14 | <b>12214</b> | <b>150.00</b> | <b>302.00</b> | 176.71 | 5336.78 | 2.29 | <b>82.30</b>  | 82300  | 1.16 | EN LAB. |
| 04 | 75 % RCD  | 210 | 03/03/2022 | 17/03/2022 | 14 | <b>12171</b> | <b>149.00</b> | <b>302.00</b> | 174.37 | 5265.86 | 2.31 | <b>82.40</b>  | 82400  | 1.17 | EN LAB. |
| 05 | 75 % RCD  | 210 | 03/03/2022 | 31/03/2022 | 28 | <b>12094</b> | <b>148.00</b> | <b>301.00</b> | 172.03 | 5178.21 | 2.34 | <b>115.20</b> | 115200 | 1.65 | EN LAB. |
| 06 | 75 % RCD  | 210 | 03/03/2022 | 31/03/2022 | 28 | <b>12587</b> | <b>153.00</b> | <b>300.00</b> | 183.85 | 5515.62 | 2.28 | <b>116.80</b> | 116800 | 1.62 | EN LAB. |
| 01 | 100 % RCD | 210 | 01/03/2022 | 8/03/2022  | 07 | <b>12148</b> | <b>152.00</b> | <b>298.00</b> | 181.46 | 5407.46 | 2.25 | <b>59.60</b>  | 59600  | 0.84 | EN LAB. |
| 02 | 100 % RCD | 210 | 01/03/2022 | 8/03/2022  | 07 | <b>12282</b> | <b>151.00</b> | <b>303.00</b> | 179.08 | 5426.08 | 2.26 | <b>58.10</b>  | 58100  | 0.81 | EN LAB. |
| 03 | 100 % RCD | 210 | 01/03/2022 | 15/03/2022 | 14 | <b>12235</b> | <b>149.00</b> | <b>300.00</b> | 174.37 | 5230.99 | 2.34 | <b>74.20</b>  | 74200  | 1.06 | EN LAB. |
| 04 | 100 % RCD | 210 | 01/03/2022 | 15/03/2022 | 14 | <b>12100</b> | <b>148.00</b> | <b>301.00</b> | 172.03 | 5178.21 | 2.34 | <b>73.00</b>  | 73000  | 1.04 | EN LAB. |
| 05 | 100 % RCD | 210 | 01/03/2022 | 29/03/2022 | 28 | <b>12283</b> | <b>151.00</b> | <b>300.00</b> | 179.08 | 5372.36 | 2.29 | <b>106.80</b> | 106800 | 1.50 | EN LAB. |
| 06 | 100 % RCD | 210 | 01/03/2022 | 29/03/2022 | 28 | <b>12102</b> | <b>150.00</b> | <b>299.00</b> | 176.71 | 5283.77 | 2.29 | <b>104.50</b> | 104500 | 1.48 | EN LAB. |

**CONCLUSIONES:** LAS UNIDADES REPORTADAS EN EL PRESENTE INFORME ESTA ACORDE A LAS UNIDADES ESTABLECIDAS EN EL ITEM 12 DE LA ASTM C39/C39M-20, EL CUAL INDICA USAR EL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI)

**OBSERVACIONES:** LAS MUESTRAS FUERON PROPORCIONADOS POR EL INTERESADO.

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION DE VIGAS DE CONCRETO EN EL TERCIO CENTRAL  
NTP 339.078**

**OBRA** : "ANALISIS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO, UTILIZANDO AGREGADO RCD, AYACUCHO 2021"  
**SOLICITANTE** : QUISPE CONDE EDUARDO  
**ESTRUCTURA** : INDICADA  
**FECHA** : 21/04/2022

| N° | ESPECIMEN            | DISEÑO (f'c)<br>Kg/cm2 | FECHA DE MOLDEO | FECHA DE ROTURA | EDAD DIAS | PESO (gr) | ANCHO (mm) | ALTURA (mm) | LARGO (mm) | VOLUMEN (cm3) | PESO VOLUM (g/cm3) | LECTURA (KN) | LECTURA (N) | RESISTENCIA kg/cm2 | CURADO  |
|----|----------------------|------------------------|-----------------|-----------------|-----------|-----------|------------|-------------|------------|---------------|--------------------|--------------|-------------|--------------------|---------|
| 01 | 100 % PIEDRA Y ARENA | 210                    | 17/02/2022      | 24/02/2022      | 07        | 26624     | 150.10     | 150.10      | 501.00     | 11287.535     | 2.36               | 20.30        | 20300       | 3.01               | EN LAB. |
| 02 | 100 % PIEDRA Y ARENA | 210                    | 17/02/2022      | 24/02/2022      | 07        | 26749     | 153.00     | 152.00      | 499.00     | 11604.744     | 2.31               | 21.80        | 21800       | 3.08               | EN LAB. |
| 03 | 100 % PIEDRA Y ARENA | 210                    | 17/02/2022      | 3/03/2022       | 14        | 26486     | 153.00     | 152.00      | 498.00     | 11581.488     | 2.29               | 26.90        | 26900       | 3.79               | EN LAB. |
| 04 | 100 % PIEDRA Y ARENA | 210                    | 17/02/2022      | 3/03/2022       | 14        | 27361     | 153.00     | 153.00      | 501.00     | 11727.909     | 2.33               | 27.40        | 27400       | 3.83               | EN LAB. |
| 05 | 100 % PIEDRA Y ARENA | 210                    | 17/02/2022      | 17/03/2022      | 28        | 27126     | 153.00     | 151.00      | 498.00     | 11505.294     | 2.36               | 33.80        | 33800       | 4.83               | EN LAB. |
| 06 | 100 % PIEDRA Y ARENA | 210                    | 17/02/2022      | 17/03/2022      | 28        | 26899     | 152.00     | 150.00      | 498.00     | 11354.400     | 2.37               | 32.80        | 32800       | 4.78               | EN LAB. |
| 01 | 25 % RCD             | 210                    | 02/03/2022      | 9/03/2022       | 07        | 26795     | 153.00     | 150.00      | 498.00     | 11429.100     | 2.34               | 19.40        | 19400       | 2.81               | EN LAB. |
| 02 | 25 % RCD             | 210                    | 02/03/2022      | 9/03/2022       | 07        | 26990     | 150.00     | 151.00      | 500.00     | 11325.000     | 2.38               | 19.50        | 19500       | 2.85               | EN LAB. |
| 03 | 25 % RCD             | 210                    | 02/03/2022      | 16/03/2022      | 14        | 26478     | 150.00     | 149.00      | 499.00     | 11152.650     | 2.37               | 22.40        | 22400       | 3.36               | EN LAB. |
| 04 | 25 % RCD             | 210                    | 02/03/2022      | 16/03/2022      | 14        | 27360     | 151.00     | 152.00      | 499.00     | 11453.048     | 2.39               | 23.70        | 23700       | 3.39               | EN LAB. |
| 05 | 25 % RCD             | 210                    | 02/03/2022      | 30/03/2022      | 28        | 26643     | 152.00     | 151.00      | 498.00     | 11430.096     | 2.33               | 28.90        | 28900       | 4.15               | EN LAB. |
| 06 | 25 % RCD             | 210                    | 02/03/2022      | 30/03/2022      | 28        | 26565     | 151.00     | 153.00      | 501.00     | 11574.603     | 2.30               | 29.10        | 29100       | 4.12               | EN LAB. |
| 01 | 50 % RCD             | 210                    | 01/03/2022      | 8/03/2022       | 07        | 27486     | 153.00     | 153.00      | 498.00     | 11657.682     | 2.36               | 17.80        | 17800       | 2.47               | EN LAB. |
| 02 | 50 % RCD             | 210                    | 01/03/2022      | 8/03/2022       | 07        | 27126     | 153.00     | 151.00      | 500.00     | 11551.500     | 2.35               | 17.10        | 17100       | 2.45               | EN LAB. |

|    |           |     |            |            |    |              |               |               |               |           |      |              |       |      |         |
|----|-----------|-----|------------|------------|----|--------------|---------------|---------------|---------------|-----------|------|--------------|-------|------|---------|
| 03 | 50 % RCD  | 210 | 01/03/2022 | 15/03/2022 | 14 | <b>27012</b> | <b>150.00</b> | <b>148.00</b> | <b>500.00</b> | 11100.000 | 2.43 | <b>20.80</b> | 20800 | 3.17 | EN LAB. |
| 04 | 50 % RCD  | 210 | 01/03/2022 | 15/03/2022 | 14 | <b>27357</b> | <b>152.00</b> | <b>148.00</b> | <b>500.00</b> | 11248.000 | 2.43 | <b>21.30</b> | 21300 | 3.20 | EN LAB. |
| 05 | 50 % RCD  | 210 | 01/03/2022 | 29/03/2022 | 28 | <b>27418</b> | <b>153.00</b> | <b>149.00</b> | <b>499.00</b> | 11375.703 | 2.41 | <b>24.70</b> | 24700 | 3.63 | EN LAB. |
| 06 | 50 % RCD  | 210 | 01/03/2022 | 29/03/2022 | 28 | <b>26985</b> | <b>152.00</b> | <b>150.00</b> | <b>501.00</b> | 11422.800 | 2.36 | <b>25.00</b> | 25000 | 3.66 | EN LAB. |
| 01 | 75 % RCD  | 210 | 03/03/2022 | 10/03/2022 | 07 | <b>26664</b> | <b>151.00</b> | <b>150.00</b> | <b>499.00</b> | 11302.350 | 2.36 | <b>15.80</b> | 15800 | 2.32 | EN LAB. |
| 02 | 75 % RCD  | 210 | 03/03/2022 | 10/03/2022 | 07 | <b>26650</b> | <b>151.00</b> | <b>152.00</b> | <b>496.00</b> | 11384.192 | 2.34 | <b>15.50</b> | 15500 | 2.20 | EN LAB. |
| 03 | 75 % RCD  | 210 | 03/03/2022 | 17/03/2022 | 14 | <b>26365</b> | <b>152.00</b> | <b>151.00</b> | <b>498.00</b> | 11430.096 | 2.31 | <b>19.40</b> | 19400 | 2.79 | EN LAB. |
| 04 | 75 % RCD  | 210 | 03/03/2022 | 17/03/2022 | 14 | <b>26676</b> | <b>150.00</b> | <b>150.00</b> | <b>498.00</b> | 11205.000 | 2.38 | <b>19.00</b> | 19000 | 2.80 | EN LAB. |
| 05 | 75 % RCD  | 210 | 03/03/2022 | 31/03/2022 | 28 | <b>26730</b> | <b>152.00</b> | <b>150.00</b> | <b>498.00</b> | 11354.400 | 2.35 | <b>22.40</b> | 22400 | 3.26 | EN LAB. |
| 06 | 75 % RCD  | 210 | 03/03/2022 | 31/03/2022 | 28 | <b>26520</b> | <b>149.00</b> | <b>150.00</b> | <b>499.00</b> | 11152.650 | 2.38 | <b>21.95</b> | 21950 | 3.27 | EN LAB. |
| 01 | 100 % RCD | 210 | 01/03/2022 | 8/03/2022  | 07 | <b>26682</b> | <b>154.00</b> | <b>152.00</b> | <b>499.00</b> | 11680.592 | 2.28 | <b>13.90</b> | 13900 | 1.95 | EN LAB. |
| 02 | 100 % RCD | 210 | 01/03/2022 | 8/03/2022  | 07 | <b>26789</b> | <b>150.00</b> | <b>150.00</b> | <b>497.00</b> | 11182.500 | 2.40 | <b>14.10</b> | 14100 | 2.08 | EN LAB. |
| 03 | 100 % RCD | 210 | 01/03/2022 | 15/03/2022 | 14 | <b>26462</b> | <b>153.00</b> | <b>151.00</b> | <b>496.00</b> | 11459.088 | 2.31 | <b>17.20</b> | 17200 | 2.45 | EN LAB. |
| 04 | 100 % RCD | 210 | 01/03/2022 | 15/03/2022 | 14 | <b>26561</b> | <b>152.00</b> | <b>151.00</b> | <b>497.00</b> | 11407.144 | 2.33 | <b>17.30</b> | 17300 | 2.48 | EN LAB. |
| 05 | 100 % RCD | 210 | 01/03/2022 | 29/03/2022 | 28 | <b>27196</b> | <b>150.00</b> | <b>152.00</b> | <b>497.00</b> | 11331.600 | 2.40 | <b>19.80</b> | 19800 | 2.84 | EN LAB. |
| 06 | 100 % RCD | 210 | 01/03/2022 | 29/03/2022 | 28 | <b>26689</b> | <b>149.00</b> | <b>149.00</b> | <b>498.00</b> | 11056.098 | 2.41 | <b>18.40</b> | 18400 | 2.77 | EN LAB. |

**CONCLUSIONES:** LAS UNIDADES REPORTADAS EN EL PRESENTE INFORME ESTA ACORDE A LAS UNIDADES ESTABLECIDAS EN EL ITEM 12 DE LA ASTM C78/C78M-21, EL CUAL INDICA USAR EL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI)

**OBSERVACIONES:** LAS MUESTRAS FUERON PROPORCIONADOS POR EL INTERESADO.

**ANEXO 5: PANEL FOTOGRÁFICO**

**Fotografía N° 01**

*Botadero de RCD, Huatatas*



**Fotografía N°02** *Pefso y porcentaje*

*Botadero de RCD, Mollepata*



**Fotografía N° 03**

*y porcentaje*

*Manejo de Residuo de construcción y demolición "RCD"*



**Fotografía N° 04**

*Carguío de RCD*



**Fotografía N°05** *Pefso y porcentaje*

*Selección de RCD*



**Fotografía N° 06**

*Traslado de RCD a Chancadora.*



**Fotografía N°07** *Pefso y porcentaje*

*Traslado de RCD.*



**Fotografía N° 08**

*Procesamiento de RCD.*



**Fotografía N°09** *Pefso y porcentaje*

*Tamizado de RCD.*



**Fotografía N° 10**

*Agregado de RCD por tamaño.*



**Fotografía N°11** *Pefso y porcentaje*

*Traslado agregado procesado de RCD.*



**Fotografía N° 12**

y porcentaje

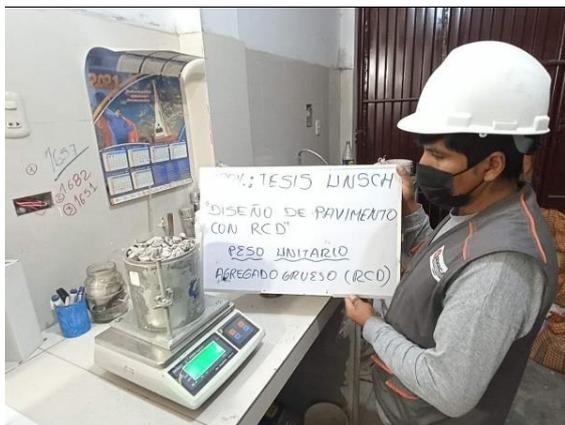
Determinación de resistencia de agregados a fragmentación usando máquina de abrasión los ángeles.



**Fotografía N° 13**

**Fotografía N° 14** Pefso y porcentaje

Laboratorio peso unitario agregado RCD. Laboratorio peso específico agregado RCD.



**Fotografía N° 15**

Laboratorio granulometría agregado grueso.



**Fotografía N°16** Pefso y porcentaje

Laboratorio granulometría arena gruesa.



**Fotografía N° 17**

Peso específico agregado grueso.



**Fotografía N°18** Pefso y porcentaje

Laboratorio prueba cono de abrams.



**Fotografía N° 19**

Dosificación diseño de mezcla.



**Fotografía N°20** Pefso y porcentaje

Dosificación agregados RCD.



**Fotografía N° 21**

Dosificación agregado fino



**Fotografía N°22** Pefso y porcentaje

Dosificación cemento



**Fotografía N° 23**

Dosificación agua.



**Fotografía N°24** Pefso y porcentaje

Dosificación agregado grueso.



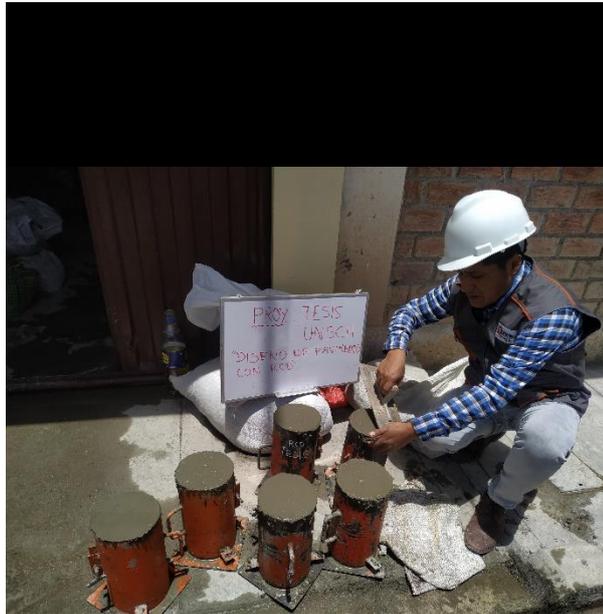
**Fotografía N° 25**

Preparación de testigos en probetas.



**Fotografía N°26 Pefso y porcentaje**

Testigos frescos de 25%,50%,75% y 100% RCD



**Fotografía N° 27**

Hidratación de testigo Lote 1.



**Fotografía N°28 Pefso y porcentaje**

Hidratación de testigo lote 2



**Fotografía N° 29**  
Rotura de testigos.



**Fotografía N°30** Pefso y porcentaje  
Lectura de testigos



**Fotografía N° 31**  
Resistencia de testigo.



**Fotografía N°32** Pefso y porcentaje  
Máxima resistencia a la compresión de testigos



**UNSCH**ESCUELA DE  
POSGRADO**CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD 076-2023-UNSCH-EPG/EGAP**

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajo de tesis de Posgrado en segunda instancia para la **Escuela de Posgrado - UNSCH**; en cumplimiento a la Resolución Directoral N° 198-2021-UNSCH-EPG/D, Reglamento de Originalidad de trabajos de Investigación de la UNSCH, otorga lo siguiente:

**CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD**

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| <b>AUTOR:</b>                      | Bach. EDUARDO QUISPE CONDE  |
| <b>MAESTRÍA:</b>                   | INGENIERIA AMBIENTAL  |
| <b>TÍTULO DE TESIS:</b>            | FORMULACIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO UTILIZANDO CONCRETO RECICLADO DEL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES, REGIÓN AYACUCHO |
| <b>EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD:</b> | 16%   |
| <b>N° DE TRABAJO:</b>              | 2037110647  |
| <b>FECHA:</b>                      | 14-mar.-2023  |

Por tanto, según los artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es procedente otorgar la constancia de originalidad con depósito.

Se expide la presente constancia, a solicitud del interesado para los fines que crea conveniente.

Ayacucho, 14 de marzo del 2023.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN  
CRISTÓBAL DE HUAMANGA  
ESCUELA DE POSGRADOIng. Edith Geovana Asto Peña  
Responsable Área Académica

FORMULACIÓN DE PAVIMENTO  
RÍGIDO UTILIZANDO  
CONCRETO RECICLADO DEL  
DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO  
CÁCERES, REGIÓN AYACUCHO

*por* Eduardo Quispe Conde

---

**Fecha de entrega:** 14-mar-2023 11:41a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2037110647

**Nombre del archivo:** QUISPE\_CONDE\_140323.docx (31.28M)

**Total de palabras:** 24480

**Total de caracteres:** 130939

# FORMULACIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO UTILIZANDO CONCRETO RECICLADO DEL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES, REGIÓN AYACUCHO

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

|   |  |     |
|---|--|-----|
| 1 | Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga<br>Trabajo del estudiante | 8%  |
| 2 | repositorio.unheval.edu.pe<br>Fuente de Internet   | 2%  |
| 3 | hdl.handle.net<br>Fuente de Internet   | 1%  |
| 4 | repositorio.uandina.edu.pe<br>Fuente de Internet   | 1%  |
| 5 | idoc.pub<br>Fuente de Internet   | 1%  |
| 6 | repositorio.unc.edu.pe<br>Fuente de Internet   | <1% |
| 7 | repositorio.unj.edu.pe<br>Fuente de Internet   | <1% |
| 8 | repositorio.ucv.edu.pe<br>Fuente de Internet   | <1% |

|    |   |      |
|----|---|------|
| 9  | es.scribd.com<br>Fuente de Internet                                 | <1 % |
| 10 | muniandresavelinocaceres.gob.pe<br>Fuente de Internet               | <1 % |
| 11 | repositorio.umsa.bo<br>Fuente de Internet                           | <1 % |
| 12 | www.unifort.es<br>Fuente de Internet                                | <1 % |
| 13 | repositorio.uprit.edu.pe<br>Fuente de Internet                      | <1 % |
| 14 | Submitted to Universidad Andina del Cusco<br>Trabajo del estudiante | <1 % |
| 15 | pt.scribd.com<br>Fuente de Internet                                 | <1 % |
| 16 | repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080<br>Fuente de Internet              | <1 % |
| 17 | repository.unipiloto.edu.co<br>Fuente de Internet                   | <1 % |
| 18 | tiptiktak.com<br>Fuente de Internet                                 | <1 % |
| 19 | repositorio.uss.edu.pe<br>Fuente de Internet                        | <1 % |
| 20 | repositorio.ujcm.edu.pe<br>Fuente de Internet                       | <1 % |

|    |  |      |
|----|--|------|
| 21 | repositorio.unu.edu.pe<br>Fuente de Internet                     | <1 % |
| 22 | repositorio.uct.edu.pe<br>Fuente de Internet                     | <1 % |
| 23 | repositorio.untels.edu.pe<br>Fuente de Internet                  | <1 % |
| 24 | docplayer.es<br>Fuente de Internet                               | <1 % |
| 25 | Submitted to Universidad Ricardo Palma<br>Trabajo del estudiante | <1 % |

Excluir citas      Activo

Excluir bibliografía      Activo

Excluir coincidencias      < 30 words



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR  
AL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO (A) EN INGENIERIA AMBIENTAL  
RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 00185-2023-UNSCH-EPG/D**

Siendo las 4:00 p.m. del 3 de Marzo de 2023 se reunieron en el auditorium de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, el Jurado Examinador y Calificador de tesis, presidido por el **Dr. Emilio Germán RAMÍREZ ROCA** director (e) de la Escuela de Posgrado, el **Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA** director de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, e integrado por los siguientes miembros: **MCs. Abel Nilo JUSCAMAITA TOMASEVICH** y el **Mg. Abraham Fernando TREJO ESPINOZA**; para la sustentación oral y pública de la tesis titulada: **FORMULACIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO UTILIZANDO CONCRETO RECICLADO DEL DISTRITO DE ANDRÉS AVELINO CÁCERES, REGIÓN AYACUCHO**. En la Ciudad de Ayacucho del 2023 presentado por el **Bach. Eduardo QUISPE CONDE** Teniendo como asesor al **Dr. Edgar ARONES MEDINA**.

Acto seguido se procedió a la exposición de la tesis, con el fin de optar al Grado Académico de **MAESTRO (A) EN INGENIERIA AMBIENTAL**. Formuladas las preguntas, éstas fueron absueltas por el graduando.

A continuación el Jurado Examinador y Calificador de tesis procedió a la votación, la que dio resultado el siguiente calificativo: 12 - 01 BUSIETA

**CALIFICACION (\*)**

|                            |   |
|----------------------------|---|
| Aprobado por unanimidad    | K |
| Aprobado por Mayoría       | ~ |
| Desaprobada por Unanimidad | ~ |
| Desaprobada por mayoría    | — |

(\*) Marcar con aspa

Luego, el presidente del Jurado recomienda que la que la Escuela de Posgrado proponga que se le otorgue el **Bach. Eduardo QUISPE CONDE**, el Grado Académico de **MAESTRO (A) EN INGENIERIA AMBIENTAL**, Siendo las 6:00 pm hrs. Se levanta la sesión.

Se extiende el acta en la ciudad de Ayacucho, a las 6:00 pm hrs. Del 03 de febrero 2023.

.....  
**Dr. Emilio Germán RAMÍREZ ROCA**  
Director (e) de la Escuela de Posgrado

.....  
**Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA**  
Director de la Unidad de Posgrado – UPG-FIQM

.....  
**MCs. Abel Nilo JUSCAMAITA TOMASEVICH**  
Miembro

.....  
**Mg. Abraham Fernando TREJO ESPINOZA**  
Miembro

.....  
**Dr. Marco Rolando ARONES JARA**  
Secretario Docente

**Observaciones:**

.....

.....