

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL**



**“Efecto de la sustitución de agregado fino por agregado  
reciclado de demolición en la elaboración de adoquines  
Huaraz, 2020”**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

**Autor:**

Gregorio Julián Silva Asencios

**Asesor:**

Segundo Moncada Saucedo

Huaraz – Perú 2020

Palabras clave

Tema	adoquín
Especialidad	Tecnología del concreto

Keywords

Subject	Cobble
Specialty	Concrete technology

<b>Línea de investigación</b>	Construcción y Gestión de la Construcción
<b>Área</b>	Ingeniería, Tecnología
<b>Subarea</b>	Ingeniería Civil
<b>Disciplina</b>	Ingeniería Civil

Título de la investigación

**“Efecto de la sustitución de agregado fino por agregado  
reciclado de demolición en la elaboración de adoquines,  
Huaraz, 2020”**

## Resumen

El presente trabajo de investigación ha tenido como objetivo determinar el efecto que tiene la sustitución de agregado fino en 5% y 15% por agregado reciclado de demolición, con la finalidad de elaborar adoquines, para lo cual se utilizó una metodología de tipo de investigación aplicada, con un diseño de investigación experimental, para este trabajo se tuvo la unidad de análisis el adoquín, la población y la muestra fueron 27 adoquines, de los cuales 9 adoquines fueron para el patrón, 9 adoquines para la sustitución del 5% agregado fino por agregado reciclado de demolición y 9 adoquines para un 15%, el muestreo fue por conveniencia con finalidad verificar la influencia del agregado fino reciclado, en la elaboración de adoquines, analizando específicamente el comportamiento mecánico de las unidades de análisis, cuando se someten a compresión, para ello se inició recolectando los agregados naturales y el agregado reciclado de demolición, todo ello se realizó de acuerdo a la normativa relacionada (NTP 399.611 para adoquines), luego se evaluaron los especímenes de adoquín con sustituciones de un 0%, 5%, 15% de agregado fino por agregado reciclado de demolición, se realizó un ensayo a los 28 días, de lo cual se obtuvo porcentaje de 93,49% para la sustitución de agregado fino por agregado reciclado de demolición en 5% y un porcentaje de 91.18% para una sustitución de 15% de agregado fino por agregado reciclado de demolición, donde se concluyó que la sustitución de agregado fino por agregado reciclado de demolición afecta las propiedades mecánicas del adoquín, pero es factible la elaboración con este tipo de agregado.

## Abstract

The present work has aim determined the effect of the substitution of fine aggregate in 5% and 15% by recycled demolition aggregate, in order to elaborate pavers, for which an applied research type methodology was used, with an experimental research design, for this work the unit of analysis was the paving stone, the population and the sample were 27 paving stones, of which 9 paving stones were for the pattern, 9 paving stones for the substitution of 5% fine aggregate for recycled aggregate of demolition and 9 paving stones for 15%, it was convenience sampling in order to verify the influence of recycled fine aggregate, in the elaboration of paving stones, specifically analyzing the mechanical behavior of the analysis units, when they are subjected to compression, for this began by collecting natural aggregates and recycled demolition aggregates, all of which was carried out in accordance with the related regulations (NTP 399.611 for cobblestones), then the cobblestone specimens were evaluated with substitutions of 0%, 5%, 15% of fine aggregate for recycled demolition aggregate, a test was carried out at 28 days, of which a percentage of 93 , 50% for the substitution of fine aggregate by recycled demolition aggregate in 5% and a percentage of 91.18% for a 15% substitution of fine aggregate by recycled demolition aggregate, where it was concluded that the substitution of fine aggregate by recycled aggregate Demolition affects the mechanical properties of the paving stone, but it is feasible to make it with this type of aggregate.

## Índice

Palabras clave .....	i
Título de la investigación .....	ii
Resumen .....	iii
Abstract .....	iv
Índice .....	v
Índice de tablas .....	vi
Índice de figuras .....	vii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. METODOLOGÍA</b> .....	17
<b>III. RESULTADOS</b> .....	20
<b>IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN</b> .....	29
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	33
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	34
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	35
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	40
<b>ANEXOS Y APÉNDICE</b> .....	41

## Índice de tablas

Tabla 1 Tabla de DBCA para las resistencias de los adoquines .....	17
Tabla 2 Técnicas e instrumentos de investigación .....	19
Tabla 3. Ensayos realizados al agregado reciclado .....	20
Tabla 4. Ensayos realizados a los agregados .....	21
Tabla 5. Diseño de mezcla del concreto patrón y experimental .....	22
Tabla 6. Resistencia a la compresión de adoquines por triplicado patrón y experimental .....	23
Tabla 7. Resistencia a la compresión de adoquines por triplicado patrón y experimental .....	23
Tabla 8. Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error <sup>a,b</sup> .....	26
Tabla 9. Pruebas de efectos inter – sujetos .....	27
Tabla 10. Comparación por parejas del porcentaje de sustitución de agregado fino por agregado reciclado de demolición.....	28
Tabla 11. Comparación por parejas del tiempo de curado para el concreto patrón y experimental.....	28
Tabla 12. Resistencias de los adoquines patrón y experimentales.....	60
Tabla 13. Factores inter – sujetos.....	61
Tabla 14. Estadísticos descriptivos para la resistencia del adoquín patrón y experimental.....	61
Tabla 15. Medias marginales estimados para la edad .....	61
Tabla 16. Comparaciones múltiples para la sustitución de agregado fino por agregado reciclado de demolición.....	62
Tabla 17. Conceptuación y operacionalización de las variables.....	86

## Índice de figuras

Figura 1. Resistencia promedio respecto al tiempo de curado .....	24
Figura 2. Resistencia promedio de los adoquines con respecto al porcentaje de sustitución de agregado fino por agregado reciclado de demolición .....	25
Figura 3. Medias marginales estimados de resistencia a la compresión del adoquín patrón y experimental .....	62
Figura 4. Ubicación de los residuos de demolición en el Jr. Comercio, Huaraz. ....	63
Figura 5. Demolición de una edificación, Huaraz.....	63
Figura 6. Recojo de residuos de construcción y demolición para usarlo como agregado .....	64
Figura 7. Proceso de selección, eliminación de agentes externos (Papel, plástico, hule, etc).....	64
Figura 8. Proceso de trituración manual de los residuos de construcción y demolición .....	65
Figura 9. Trituración del residuo reciclado de demolición y construcción para convertirlo en agregado fino .....	65
Figura 10. Agregado natural de la cantera Tacllan .....	66
Figura 11. Agregado natural de la cantera Tacllan, para el laboratorio .....	66
Figura 12. Tamizado del agregado natural de la cantera Tacllan, en el laboratorio ..	67
Figura 13. Peso específico del agregado natural de la cantera Tacllan, en el laboratorio .....	67
Figura 14. Secado en el horno del agregado natural de la cantera Tacllan, en el laboratorio.....	68
Figura 15. Tamiz para la malla 3/8” hasta la N°200 para el tamizado de los agregados .....	68
Figura 16. Peso unitario suelto de los agregados .....	69
Figura 17. Peso unitario suelto de los agregados .....	69
Figura 18. Peso unitario compactado del agregado fino en el laboratorio .....	70
Figura 19. Peso unitario compactado del agregado grueso en el laboratorio .....	70

Figura 20. Peso unitario compactado del agregado reciclado de demolición y construcción .....	71
Figura 21. Humedad de los agregados naturales.....	71
Figura 22. Humedad del agregado de construcción y demolición .....	72
Figura 23. Tratamiento de los agregados naturales.....	72
Figura 24. Secado de los agregados naturales .....	73
Figura 25. Cuarteo para el agregado reciclado de construcción y demolición .....	73
Figura 26. Selección de una parte del agregado reciclado de construcción y demolición para la granulometría.....	74
Figura 27. Pesado del agregado reciclado de construcción y demolición para la granulometría .....	74
Figura 28. Tamices de las mallas estándares para hacer el tamizado de agregado reciclado.....	75
Figura 29. Pesado de lo cantidad que pasa por los tamices de las mallas estándares	75
Figura 30. Cono de agregado fino de humedad a tres tiempos de los 24 golpes .....	76
Figura 31. Cantidad de agregado que se puede contener la humedad a tres tiempos de los 24 golpes .....	76
Figura 32. Filtrado del agregado en una fiola .....	77
Figura 33. Proceso completo del filtrado del agregado en una fiola.....	77
Figura 34. Absorción y saturado del agregado fino natural en una fiola .....	78
Figura 35. Pesado del agregado fino natural en una fiola .....	78
Figura 36. Horno para la prueba de humedad del agregado reciclado de demolición	79
Figura 37. Pesado para la prueba de humedad del agregado reciclado de demolición .....	79
Figura 38. Preparación de los materiales para le mezcla del concreto para el adoquín .....	80
Figura 39. Preparado de la mezcla para elaboración de adoquines.....	80
Figura 40. Mezclado de cemento y agua para elaboración de adoquines .....	81
Figura 41. Molde para agregar la mezcla de cemento y agua para elaboración de adoquines .....	81
Figura 42. Adoquines de concreto patrón y experimental en estado fresco .....	82

Figura 43. Adoquines de concreto patrón y experimental en estado fresco .....	82
Figura 44. Adoquines de concreto patrón y experimental después del curado.....	83
Figura 45. Equipo para la prueba de rotura de la resistencia del adoquín patrón .....	84
Figura 46. Equipo para la prueba de rotura de la resistencia del adoquín experimental 5%.....	84
Figura 47. Equipo para la prueba de rotura de la resistencia del adoquín experimental 15%.....	85

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad se presenta problemas de contaminación ambiental, que se genera por residuos de todo tipo, en ese sentido se busca formas de reutilizar los residuos tales como los generados por la construcción, la cual es una de las actividades que por la demolición de estructuras o condominios genera residuos que deben ser aprovechados para la elaboración de concretos, ladrillos, adoquines, etc, pues la mayoría de estos elementos son elaborados en su mayoría a base de agregados naturales, cemento, el agua y para mejorar su composición en algunos casos aditivos. Los agregados al ser naturales y obtenidos de canteras se agotan porque no son renovables y en un futuro no muy lejano ya no se encontrara en forma natural. Este tipo de sustitución ya se ha estudiado en diferentes partes del mundo en el cual se debe aplicar para cumplir con las expectativas de la disminución de los agregados naturales y a su vez aumentar la resistencia a la compresión del concreto, además también se disminuye notablemente los costos de transporte y explotación de los agregados naturales. Es por ello que en presente trabajo se explicó las características de los agregados reciclados de demolición para la elaboración de adoquines de concreto.

Para ello se estudió a varios investigadores en el ámbito internacional tales como la investigadora Maldonado (2020), en su trabajo de investigación titulado *Determinación del comportamiento mecánico mediante el ensayo de resistencia a la compresión de concreto adicionado con cementante reutilizado proveniente de escombros de la construcción usando un análisis estadístico inferencial*, la autora en dicho trabajo de investigación tuvo como objetivo general determinar el comportamiento mecánico, el cual estuvo representado por la resistencia a la compresión del concreto donde la mezcla ha sido adicionado cementante que ha sido generado de escombros de construcción, para ello utilizo un tipo de investigación aplicada con un diseño de investigación experimental, se utilizó una población de 12 probetas de concreto , en el cual utilizo un experimento factorial en donde el factor tiempo tuvo tres niveles, lo cual fue el tiempo de curado de 3, 7 y 28 días y el factor

sustitución presento cuatro niveles de sustitución 0%, 10%, 15% y 20% de material cementante.

Según Chóez (2019), en su trabajo de investigación titulado *Elaboración de un bloque de construcción con reciclaje de residuos de bloques y baldosas para viviendas de interés social*, la autora en dicho trabajo de investigación tuvo como objetivo general elaborar bloques de concreto con una sustitución a base de residuos reciclados como agregado con la finalidad que sean utilizados para la elaboración de bloques de construcción, para ello utilizo una metodología con un diseño de investigación experimental, y con un enfoque mixto pues tuvo variables cualitativas y cuantitativas, también aplico una técnica de investigación tipo documental, conto con una muestra de 212 negocios que se dedicaban a la fabricación de concreto, ya sea de forma moderna o artesanal, dentro de los resultados obtenidos se puede citar al diseño de mezcla de cemento, arena, material reciclado y agua, de las cuales obtuvo 3 prototipos y obtuvo una resistencia a la compresión de 1,05 MPa, 2,95 MPa, 2,60 MPa a los 28 días de los prototipos respectivamente y respecto al costo pudo obtener que el costo era de 0,54 dólares americanos, de lo cual pudo concluir que es factible elaborar bloques de concreto y baldosas para la construcción de viviendas.

También según Díaz (2018), el cual desarrollo un trabajo titulado *Aprovechamiento de los residuos de construcción y demolición (RCD) en la elaboración de concreto en Colima Villa de Álvarez*, en el cual tuvo por objetivo general, demostrar que las características de los residuos generados en la construcción y en la demolición de algunas estructuras, para ello utilizo una metodología que incluyo un tipo de investigación aplicada, también exploratoria, descriptiva y explicativa. De lo cual obtuvo una resistencia a la compresión de con tres tipos de mezcla de 1/2, 1/2, 6,7 de cemento, cal, arena reciclada y grava reciclada respectivamente de lo cual obtuvo una resistencia de 152 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de vida, la mezcla 2, presento una composición 1, 6, 7 de cemento, arena virgen y grava reciclada, presentando una resistencia de 159 kg/cm<sup>2</sup> y por último una mezcla de 1, 6, 7 de

cemento, arena reciclada y grava reciclada, obteniendo una resistencia de 157 kg/cm<sup>2</sup>, llegando a la conclusión que es posible sustituir agregados naturales por agregados reciclados de demolición para la elaboración de concreto.

Según los autores Morales, Suaste & Ávila (2017), en su trabajo de investigación titulada *Diseño de una mezcla con materiales reciclados para producción de adoquines*, dichos autores tuvieron por objetivo general determinar la mezcla ideal con materiales reciclados para la producción de adoquines realizando pruebas de compresión de acuerdo a la normatividad y manufacturando una máquina para la fabricación tanto de probetas como del adoquín, proponiéndose en términos generales escombrar las barrancas de cascajo y llantas para utilizarlos directamente como materia prima en la fabricación de adoquines, la metodología que utilizaron fue de dosificar los distintos materiales para la elaboración del adoquín. Las proporciones de cada uno se seleccionaron de modo que se pueda utilizar los materiales en la forma más económica, siempre y cuando el adoquín se ajuste a las normas adecuadas, para ello sustituyeron por polvo de llanta en 2%, 5% y 10%, teniendo como resultado la resistencia del adoquín de 19,885 kPa, concluyeron que se puede utilizar polvo de llanta en la elaboración de adoquines para tránsito peatonal.

En ese mismo sentido según Özalp et al. (2016), en su artículo científico titulado *Efectos de los agregados reciclados de los desechos de construcción y demolición sobre las propiedades mecánicas y de permeabilidad de los adoquines, bordillos y tuberías de concreto*, tuvieron por objetivo determinar los criterios o parámetros que se deben tener en cuenta para el uso de los residuos de construcción y demolición en la producción de adoquines, tuberías de hormigón, entre otros, para ello utilizaron una metodología, con un tipo de investigación aplicada y un diseño de investigación experimental, además determinaron y compararon las propiedades de los residuos de concreto y provenientes de la demolición, todo ello en cumplimiento de la normativa vigente, la mezcla e sustituye agregados en un 20%, 30% y 40% por agregados reciclados de construcción y de demolición. Los resultados fueron que los

valores de absorción de agua de los agregados reciclados fueron de 8% y 10%, mientras que los agregados normales fueron de 1% y 2% y también al realizar la prueba de desgaste de agregados reciclados aumentaron en 43% respecto a los agregados normales de lo que concluyeron que es útil utilizar los agregados reciclados y de demolición.

Según Caicedo (2016), en su trabajo de investigación titulado *Diseño de un pavimento articulado con adoquines compuestos por reciclados de concreto como agregado fino y cenizas provenientes del bagazo de la caña de azúcar como reemplazo parcial del cemento Portland*, en dicho trabajo el investigador tuvo como objetivo general diseñar un pavimento articulado para un área circundante de la terminal intermedia Guadalupe y conexión Vial asociada, para ello utilizó una metodología donde destacó la observación, los diseños de la mezcla y todas las etapas para obtener los resultados del efecto de la sustitución de la mezcla con 20% de concreto convencional y 50% de y 50% de agregados reciclados, entre otras mezclas. Los resultados que obtuvo fue esta mezcla presentó resistencias menores en comparación a la referencia a los 7, 14 y 28 días de curado, esto se atribuye al reemplazo en la mezcla 1 de agregado fino por ARC (50%), ya que el ARC posee un alto porcentaje de absorción (9,9%), llegando a la conclusión que los ensayos de gravedad específica y absorción son significantes para este trabajo

En el ámbito nacional se puede citar a Bendezu & Valdez (2019), en su trabajo de investigación titulado *Aprovechamiento de caucho reciclado y material de descarte de la construcción y demolición para la elaboración de baldosas de cemento del tipo 3B*, en dicho trabajo de investigación la autora tuvo por objetivo general evaluar cómo se puede aprovechar los distintos residuos, tales como el caucho reciclado y los materiales que se generan por el descarte y las actividades de construcción y de demolición con el fin de elaborar baldosas, para ello utilizó un tipo de investigación aplicada y un diseño de investigación experimental, tuvo una población de 170 baldosas de cemento tipo 3B, las cuales lo elaboró adicionando a la mezcla 5%, 15%

y 25% con caucho reciclado y material de descarte de la construcción y demolición, las propiedades mecánicas que analizo fue de la resistencia a la compresión de la cual obtuvo para un tiempo de 28 días y una adición de 15% de residuos de construcción y demolición, en que obtuvo una resistencia de 21,48MPa y de su propiedad física de 3,80% de absorción promedio, de lo cual llego a la conclusión de que es factible elaborar baldosas adicionando residuos provenientes de la construcción y demolición.

También según Esteban (2018), en su trabajo de investigación titulado *Reaprovechamiento de los residuos de construcción y demolición, como agregado reciclado para la elaboración de adoquines*, dicho autor tuvo como objetivo general determinar el porcentaje ideal de agregado reciclado de los residuos de construcción y demolición, para elaborar adoquines con propiedades físicas mecánicas similares a los convencionales, la metodología que aplico fue de tipo aplicada y un diseño experimental, para ello se realizaron los ensayos de resistencia a la compresión y de absorción, con una muestra de 12 prototipos de adoquines con el mismo procedimiento, pero con distintos porcentajes de agregados reciclado comprendidos entre 0%, 30%, 50% y 80%, los resultados de resistencia a la compresión a los 28 días de edad fue de 45 MPa, 46 MPa, 47 MPa y 48 MPa, con lo cual llego a la conclusión que la resistencia a la compresión aumenta al aumentar la sustitución de agregado reciclado en la mezcla.

Según Silio (2017), en su trabajo de investigación titulado *Resistencia de adoquines de concreto sustituyendo agregado grueso natural por 70% de agregado grueso reciclado y cemento por 10% de ceniza de paja de trigo*, en dicho trabajo de investigación, el autor tuvo por objetivo general fue determinar la resistencia a la compresión de los adoquines de concreto ( $f'c=320\text{kg/cm}^2$ ), elaborados, sustituyendo el agregado grueso natural por 70% de agregado grueso reciclado y el cemento por 10% de ceniza de paja de trigo, para ello utilizo la metodología que consistió en realizar la recolección de residuos de construcción y demolición, utilizando solamente el agregado grueso reciclado; conjuntamente, se procedió a activar térmica y

mecánicamente la Ceniza de Paja de trigo para así obtener los elementos puzolánicos, los resultados fue que los 28 días de curado la resistencia a la compresión del adoquín aumento a 105% y 112% para el adoquín patrón y experimental respectivamente, llegando a la conclusión que al sustituir agregado grueso por agregado reciclado aumenta la resistencia a la compresión del adoquín.

Y por último Meléndez (2016), en su trabajo de investigación titulado *Utilización del concreto reciclado como agregado (grueso y fino) para un diseño de mezcla  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , en la ciudad de Huaraz*, para ello se planteó un objetivo general fue utilizar los agregados del concreto reciclado como agregados para un diseño de mezcla  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en la ciudad de Huaraz, la metodología que utilizo fue descriptivo y tipo de investigación aplicada, Para evaluar la resistencia a la compresión se elaboraron 9 probetas de concreto patrón con agregados naturales, la cual serán 3 probetas para cada periodo de los días 7, 14 y 28, los resultados que obtuvo fueron indicaron que a los 28 días de edad, el concreto con agregado normal llevo 213,8  $\text{kg/cm}^2$  haciendo un 102% y el concreto con agregado reciclado llevo a una resistencia de 199,7 $\text{kg/cm}^2$  haciendo un 95%. Los resultados experimentales mostraron que el comportamiento del concreto con agregados reciclados, es bueno comparado al del concreto con agregados naturales, de lo que llevo a la conclusión que el adoquín puede ser utilizado como agregado, de lo que concluyo que la resistencia a la compresión disminuye.

Para un entendimiento del trabajo luego de presentar los trabajos relacionados al tema de investigación se realizó un estudio de la fundamentación científica o estado del campo de conocimiento, en ese sentido según Barriga (2019), definió a los residuos de la construcción y demolición (RCD), como todos los elementos de concreto provenientes de los procesos que se desarrollan en la modificación de una edificación construida en la cual no debe alterarse los elementos estructurales ni su función, estos elementos o RCD se puede encontrar en una remodelación de una edificación. También el DS N°003 – 2013 – VIVIENDA (2013), afirmo que los residuos pueden

considerarse peligrosos, donde se puede encontrar a restos de madera tratada, envases de pinturas, aerosoles, removedores de grasa, pintura, también se puede encontrar a los restos de PVC, cerámicos y baterías, entre otros, además también se puede encontrar a los residuos no peligrosos que serán utilizados para generar agregados utilizarlo nuevamente, tales como los ladrillos, concreto, arena u otros elementos.

Según Consamollo (2019), definió a los residuos de concretos de construcción a todos los escombros que son generados en los distintos procesos de edificaciones, los cuales pueden ser actividades de construcción, remodelación, rehabilitación de edificios o diversas construcciones de obras de ingeniería civil, además se considera los desperdicios de la obras que están enmarcadas en la normativa vigente que es la ley de residuos sólidos o ley N° 27314, también la generación de los residuos para utilizarlos como agregados en la mezcla para la elaboración de concretos que sirven para distintos usos y representan un costo menor en las nuevas construcciones que son muchas veces obras de infraestructura vial, entre otras estructuras, en ese mismo sentido según NTP 400.050:1999 (2014), se debe tener un manejo adecuado de los residuos generados en obras de construcción, los cuales deben clasificarse o seleccionarse de acuerdo a su peligrosidad, los cuales serán empleados para la utilización de dichos residuos en nuevos elementos de construcción.

Abanto (2009), definió al concreto como la mezcla homogénea de distintos elementos tales como el cemento Portland, los agregados, fino y grueso de canteras naturales, acompañados de una mezcla de aire y agua de la red pública o cualquier otro aditivo para ayudar al curado del concreto, eso por ello que es fundamental estudiar las características de los elementos que componen la mezcla y que al sustituirse se debe presentar las mismas características de diseño, y cumplir con la resistencia a la compresión directa, a la tracción indirecta y otras propiedades que debe cumplir un concreto, además también al reaccionar el cemento y el agua se genera una reacción química la cual junta a las partículas que se encuentran en la mezcla, tales como los agregados lo que constituye una mezcla heterogénea.

Según la NTP 334.009:2013 (2013), norma que detalla los requisitos que debe tener el cemento Portland, la cual está en concordancia con la ASTM C 150, afirmo que el cemento Portland es un componente esencial para el concreto, este elemento tiene capacidad aglomerante que se produce a través del proceso de calcinación de rocas calizas, combinadas con areniscas y arcillas, del cual se obtiene una presentación de polvo muy fino. Además tiene la capacidad de reaccionar lentamente con el agua y formar una masa endurecida dando origen a un producto que se destaca por tener propiedades mecánicas como la resistencia elevada y también presenta características físicas de absorción y dureza.

Para lograr resistencias elevadas se tiene en cuenta el tiempo de curado o proceso de hidratación del concreto, que por lo general son tiempos prolongados de hasta 28 días, lográndose en ese tiempo una hidratación total de 85% hasta 90%. Dentro de los principales tipos del cemento Portland tenemos al tipo I, el cual es el cemento normal o común, el tipo II, el cual es modificado para resistencia a los diferentes sulfatos, el tipo III, el cual presenta una resistencia rápida en el proceso de curado, el tipo IV, el cual presenta un bajo calor de hidratación y el cemento Portland tipo V, cuya característica es que presenta alta resistencia a los distintos sulfatos.

También Abanto (2009), definió a otro elemento de la mezcla del concreto, el cual es el agua, que es fundamental en la reacción con el cemento que da origen al endurecimiento del concreto, además también aporta las características de trabajabilidad y sus propiedades físicas y mecánicas del producto. Para ello debe ser limpia y en lo posible potabilizada, en la que se debe realizar análisis físico químico de este elemento, para ello debe cumplir ciertos requisitos, en los cuales debe tener 300ppm como máximo de cloruros y sulfatos, 150 ppm de sales de magnesio, 1500ppm de sales solubles, un parámetro importante es el pH el cual debe ser mayor a 7, los sólidos en suspensión deben estar en el valor de 1500pm y por último la materia orgánica debe ser de 10 ppm, se debe tener en cuenta que estos valores son los máximos valores admisibles para cada componente.

Según Abanto (2009), otro componente importante para el diseño de mezclas son los agregados o también llamados áridos, este componente es un material inerte que acompañan a los aglomerantes tales como el cemento, la cal, entre otros y completan el diseño el agua, generando así concretos y morteros para uso comercial, su influencia en las propiedades mecánicas de estos elementos es bastante notable en los estados frescos y endurecidos es por ello que se recomienda que en todas las mezclas para el diseño de una obra de ingeniería tenga en su composición los mismos agregados.

También según Portugal (2007), afirmo que respecto a su forma y textura de las partículas no está del todo definido, es por ello que los agregados tienen formas tridimensionales y no presentan redondez o una forma predeterminada, para corregir esas características se aplican factores de corrección tales como el factor de esfericidad y el factor de redondez. También se presenta la granulometría la cual es única para cada combinación de la mezcla que se utiliza, esto es un factor que representa el acomodo de los factores externos e internos de la mezcla, otra característica es el tamaño máximo de los agregados el cual tiene una incidencia directa en las propiedades físicas y mecánicas de un concreto donde se obtiene la óptima resistencia a la compresión que se utiliza para la obra de ingeniería desarrollada que se da por lo general en un relación agua/cemento con un indicador bajo, indica también que la trabajabilidad del concreto depende mucho de los agregados.

En ese mismo sentido según la NTP 400.037:2018 (2018), en concordancia con la ASTM C 136, indico que la distribución de las partículas del agregado, al realizar una mala elección se corre el riesgo de tener como resultado un concreto segregado o alveolado, los cuales se caracterizan por dosis inadecuadas de agregado grueso o agregado fino generando así un concreto de baja densidad, es por ello que según la NTP 334.045, en concordancia con la ASTM C 136, definió al módulo de finura como el parámetro el cual indica el grosor uniforme más representativo de la

muestra que se estudia, este indicador es importante pues relaciona la correcta dosificación que se debe utilizar en la muestra y el uso que se le va a dar.

Dentro de estas propiedades se tiene al peso unitario el cual es un factor que estudio el peso de una unidad cúbica de mezcla en la cual ha sido reemplazado el cemento de diseño por micro sílice de la unidad estudiada, cabe indicar que distintos investigadores afirman que se presentan diferencias entre los concretos de alta resistencia y los de baja resistencia, aunque la variación de peso utilizando iguales materiales es relativamente bajo, además según la NTP 339.185, en relación con la ASTM C 566, definió al contenido de humedad como el volumen de agua disponible en un concreto en condiciones de estado seco, este valor se representa generalmente en porcentaje, este valor se relaciona con la absorción, dependiendo de las condiciones puede ser mayor o menor que dicho valor contenido en la mezcla y por último se tiene al peso específico y la absorción, dichos indicadores son propiedades físicas inherentes a los agregados, e indican la saturación o no de dichos agregados, la importancia de estos indicadores se basa en que se puede cuantificar el diseño de las mezclas, llegando a determinar con exactitud la cantidad de agregados por volumen unitario de concreto.

Además según Pasquel (1998), definió a la resistencia como una propiedad principal del concreto endurecido, la cual es la capacidad inherente que tiene el concreto para soportar distintas cargas y esfuerzos presentes en un concreto. De lo cual se tiene un comportamiento en compresión que es el mejor comportamiento comparado con la tracción que se genera por las propiedades adherentes de la mezcla de cemento, esta propiedad mecánica depende principalmente del volumen de cemento, y la relación de agua/cemento en masa, los cuales son perturbados por factores como el tiempo, la temperatura y las características propias de la mezcla, otro característica importante es el curado del concreto que es el proceso que complementa el proceso de hidratación y ayuda a las características mecánicas del concreto en estudio. Cabe indicar que los concretos para las obras civiles presentan una resistencia en un rango de  $100 \text{ kg/cm}^2$  a  $400 \text{ kg/cm}^2$  eso para concretos normales y para concretos

optimizados se puede encontrar resistencia de  $700 \text{ kg/cm}^2$ , y por último para aglomerantes sintéticos se puede llegar a tener una resistencia de  $1500 \text{ kg/cm}^2$  que pueden usarse en obras que necesiten tales resistencias.

Por otro lado según Consamollo (2019), los adoquines son elementos que están hechos de concreto simple el cual ha sido sometido a diferentes procesos para su elaboración de lo que destaca la vibro compactación, que asegura que la estructura sea de tránsito más rápido, también más confortable y además es confortable con un diseño prolongado de duración y a un precio económico. Estos elementos son apreciados e instalados en distintas obras de pavimentación, construcción de calles, aceras, patios, jardines, entre otros, por sus colores y diseños, también por su facilidad para la instalación y mantenimiento de la obra de ingeniería. Se clasifican en 3 tipos de adoquines, el adoquín tipo I, este tipo de adoquín es utilizado generalmente para uso peatonal, el tipo II, utilizado principalmente para tránsito vehicular de tipo ligero y los del tipo IV, los cuales son utilizados para un pavimento de tránsito vehicular de tipo pesado además de utilizarlos en patios industriales y algunos contenedores.

Los materiales necesarios para la fabricación de los adoquines deben cumplir los requisitos mínimos que se especifican en las normas técnicas peruanas, tales como la NTP 334.009, NTP 334.082 y la NTP 334.090 que especifica las características del cemento utilizado, la NTP 339.088 la cual rige las condiciones del agua utilizada en la mezcla, la NTP 400.037 que se encarga de los agregados, además de las NTP 339.089, NTP 339.231 y la NTP 334.088, estas normas se encargan de normar los aditivos químicos para aditivos incorporadores de aire, pigmentos para concreto de color y aditivos en mezcla para morteros y concreto respectivamente. Dentro de las ventajas se puede decir que mejora la infraestructura de las obras ejecutadas, la instalación se realiza sin utilizar mano de obra calificada, los elementos deben estar muy unidos por la compactación, el tiempo de diseño es mayor a un pavimento rígido, son fáciles de pintar para identificar las señalizaciones de las vías y evita el deslizamiento de los vehículos y personas en las temporadas de lluvia o cambios climatológicos.

Para el proceso de fabricación de los adoquines según la NTP 399.611 (2010), afirmo que se debe realizar una buena dosificación la cual depende del tipo de obra que se va a desarrollar para cumplir con la resistencia a un tipo de vida de 28 días, para ello se debe realizar un correcto mezclado de los elementos que componen la mezcla a través de una maquina mezcladora, también se debe realizar una conducción hacia la máquina que realiza la vibro compactación, la cual está determinada por el tipo de frecuencia y la intensidad de impulsos que se imprime al concreto, luego se pasa al secado al aire libre que se realiza inmediatamente luego de desmolarlo de los tableros que contiene a los adoquines y por último se tiene al curado el cual es el tiempo de debe pasar desde el día siguiente de ser elaborados o fabricados este proceso consiste en humedecer a los adoquines a través de una lluvia ligera para que se pueda hidratar hasta los 28 días de fabricados en donde alcanzan la resistencia necesaria.

Sobre la realidad problemática se puede afirmar que la construcción es una actividad productiva que aporta al PBI a nivel mundial y nacional, esto se debe a la expansión demográfica en distintos lugares que dan origen a distintas obras relacionada a las edificaciones, es por ello que se tiene distintas operaciones de construcción, reconstrucción, demolición, entre otros generan residuos de construcción, los cuales deben ser gestionado correctamente para evitar tener problemas de salud y además disminuir los costos de construcción. Según Equilibrium (2013), afirmo que en países como Alemania, Holanda y Dinamarca tienen por política reciclar más del 60% de los residuos que se generan en las obras, esto también se da gracias a la penalización de la mala gestión de los residuos y a los incentivos por reciclar correctamente los escombros y residuos de demolición.

Según el consejo Mundial para el desarrollo sostenible (WBCSD, 2009), citado por Ortiz & Silva (2013) aproximadamente 900 millones de toneladas de residuos de construcción y demolición por año se generan en Europa, Estados Unidos y Japón y otros países del mundo. La población mundial ha crecido significativamente en el último siglo, particularmente en los países en vías de desarrollo. Lo anterior ha traído

consigo la consecuente generación de residuos y la necesidad del uso de grandes cantidades de materiales de construcción para el levantamiento de la infraestructura que se requiere para el desarrollo de estos países.

Según el diario el Comercio (2017) citado en Esteban (2018) en Lima se producen, cerca de 19 mil ton/día de RCD, de los cuales el 70% tiene como disposición final el mar y cauces de ríos, una cifra preocupante, esto se convierte claramente en unos de los tantos problemas que aquejan al medio ambiente de esa ciudad. En la actualidad, en nuestro medio, en los procesos de construcción de parques, vías peatonales, plazas, jardines, se usan adoquines, los cuales no requieren de una alta resistencia a la compresión, es por ello que en diversas partes del mundo, se elaboran adoquines con materia prima reciclada, entre ellos los escombros de construcción de edificaciones civiles.

En nuestro país las leyes sobre este problema son bastantes blandas y el ministerio de vivienda, construcción y saneamiento y las municipalidades hacen poco o casi nada sobre la gestión de estos residuos, no realizan campañas de concientización ni capacitan sobre el uso de dichos residuos como agregado para elaborar adoquines u otros elementos de concreto. Según CAPECO (2019) afirmo que en Lima se generan aproximadamente 19 000 TM de desmonte al día, de los cuales el 70% de dicho monto va a los mares o ríos y solo una pequeña proporción va a las zonas autorizadas como rellenos sanitarios autorizados, es por ello que esto representa un problema que esta diseminado por todo el Perú.

La problemática sobre los escombros y restos de demolición que se ve no generan, ningún aprovechamiento, por qué no producir unidades de albañilería, adoquín de cemento, de fabricación según las normas NTP 399.611 y NTP 399.604. Que los adoquines de cemento no requieren de alta resistencia y con una calidad certificada. En la actualidad su disposición final es al acantilado de los ríos o a las

canteras, porque no aprovechar esos materiales que puede ser útil. Lo más interesante del documento en mención es el acercamiento planteado sobre los métodos para el cálculo de generación de escombros después de un desastre natural o por demolición para reestructurar o remodelar las viviendas; sobre todo la gestión previa para el manejo de escombros, Recuperado de “Gestión de Residuos Sólidos en Situación de Desastre”; este trabajo de investigación busca aprovechar los residuos de la construcción y demolición, RCD (escombros), para la incorporación de los mismos en este sector, desde un enfoque tendiente hacia la sostenibilidad.

En la ciudad de Huaraz la población cada vez más se va incrementando y la construcción y re modelamiento de viviendas, mejores vías, centros educativos, entre otros. Pero ¿a dónde iría la infraestructura de todos los residuos generados por esta actividad? ¿Existe actualmente un Plan de manejo de residuos de construcción y demolición?; es aquí donde surge la necesidad de proponer mecanismos de Gestión Ambiental con la finalidad de reaprovechar y disponer adecuadamente los residuos sólidos generados de las actividades de construcción y demolición en la ciudad de Huaraz. Además, la falta de lugares adecuados de disposición para los residuos de construcción y demolición, tiene como consecuencia la disposición de estos residuos en lugares inadecuados como las vías públicas.

Además también el problema del concreto reciclado es sumamente complejo. El Concreto a reciclar en Huaraz es bastante atractivo ya que lo utilizan para aumentar la vida útil de los rellenos sanitarios que se encuentran a lo largo del Rio Quillcay como también al borde del Rio Santa, por la zona de Tacllan. La mayor parte de los desechos sólidos se manejan de forma inadecuada, ya que la basura se encuentra dispersa básicamente en tiraderos como, lotes, calles de la ciudad y en las propias casas. Es por esto la importancia de conocer e incentivar a la utilización de agregados provenientes del concreto reciclado para la construcción en esta ciudad.

Según MTCE (2004), los adoquines han estado estrechamente ligada a la evolución de las vías urbanas. En la época medieval, las calles servían tanto para permitir el acceso de peatones, carros o animales, como lugar de vertido de aguas negras. Estos vertidos obligaban a pavimentarlas con elementos que facilitaran un rápido drenaje y permitiera el movimiento de personas y vehículos de tracción animal. En esta época, la mayoría de estos gremios se preocupaba solamente de las características superficiales de la vía, cuando se incrementó el número de vehículos y su peso, empezó a considerarse el comportamiento de la subestructura del firme (base, subbase y explanada).

Según Montiel (2017), actualmente y pese a los avances científicos y tecnológicos, no se cuenta con excelentes superficies de rodamiento, esto es más notable en los países subdesarrollados en donde la cultura de calidad no ha tenido un gran auge o donde la inversión en infraestructura no ha sido suficiente, en concordancia con Castañeda & Vásquez (2014) podemos decir que el reciclado y la reutilización de concreto procedente a demoliciones podría, conducir a la industria de la construcción a un escenario de mayor sostenibilidad, reduciendo el uso de recursos no renovables y el impacto negativo que causa al medio ambiente, e incluso mejorando las propiedades mecánicas de los nuevos elementos experimentales.

De lo anteriormente expuesto se justifica el presente trabajo a nivel científico el presente trabajo de investigación brindara conocimientos solidos sobre la sustitución de agregado fino por agregado reciclado en la elaboración de adoquines, con ello se tendrá estudios detallados y además la presente investigación seguirá rigurosamente el método científico para obtener resultados confiables y verificables considerando la misma metodología y los mismos métodos.

A nivel **social** el presente trabajo de investigación mejorara las condiciones de la ciudad al sustituir agregado por agregados provenientes de residuos de demolición,

es por ello que beneficiara a la sociedad desde el punto de vista del ornato de la ciudad y la resistencia del adoquín para usos en distintas obras de la ciudad de Huaraz y también se formuló el siguiente problema ¿Cuál es el efecto de la sustitución de agregado fino en 5% y 15% por agregado reciclado de demolición en la resistencia a la compresión  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  de concreto para la elaboración de adoquines, Huaraz, 2020?, para lo cual se planteó la siguiente hipótesis la cual se enuncio que la sustitución de agregado fino en 5% y 15% por agregado reciclado de demolición disminuye la resistencia a la compresión  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  de concreto para la elaboración de adoquines, Huaraz, 2020.

Para responder al problema y comprobar la hipótesis se ha planteado el objetivo general Determinar el efecto de la sustitución de agregado fino en 5% y 15% por agregado reciclado de demolición en la resistencia a la compresión  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  de concreto para la elaboración de adoquines, Huaraz, 2020. Teniendo los siguientes objetivos específicos: Caracterizar los agregados reciclados de demolición que serán agregados en la mezcla para la elaboración de adoquines, Diseñar la mezcla para el adoquín patrón y experimental al sustituir agregado fino en 5% y 15% por agregado reciclado de demolición en la mezcla, Determinar la resistencia del adoquín patrón y experimental al sustituir agregado fino en 5% y 15% por agregado reciclado de demolición en la mezcla a los 7, 14 y 28 días de vida y Evaluar el efecto de sustituir agregado fino en 5% y 15% de agregado reciclado de demolición en la resistencia a la compresión  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  para la elaboración de adoquines.

## II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación lo definió Hernández, Fernández & Baptista (2014), como básica y aplicada, dentro de la cual la investigación de tipo aplicada es la utilización de las teorías y fundamentos de una determinada materia para la solución de un problema real, es por ello que el trabajo de investigación fue del tipo de investigación **aplicada**, lo cual busco resolver el problema de los agregados reciclados provenientes de la demolición en la ciudad de Huaraz, y a su vez servirá para la elaboración de adoquines para diferentes tipos de tránsito vehicular y peatonal.

Según Carrasco (2013), definió al diseño de investigación como las etapas secuenciales que se llevan a cabo para obtener resultados verificables y que además el investigador debe manipular las variables para diseños experimentales, es por ello que el trabajo de investigación presento un diseño de investigación **experimental**, para el análisis de los resultados se realizó a través de un diseño en bloque completamente al azar, con la comparación de un patrón.

Tabla 1 Tabla de DBCA para las resistencias de los adoquines

Tiempo de edad	Sustitución de agregado fino por agregado reciclado de demolición		
	0%	5%	15%
7 días	R11(*)	R12	R13
	R11	R12	R13
	R21	R22	R23
14 días	R21	R22	R23
	R21	R22	R23
	R31	R32	R33
28 días	R31	R32	R33
	R31	R32	R33

(\*) Resistencia a la compresión a las condiciones de sustitución y días de curado

Fuente: Elaboración propia, basada en el método del proyecto

## **2.2. Población, muestra y muestreo**

Según Hernández, Fernández & Baptista (2014), definieron a la población como el conjunto de las características de la unidad de análisis que pertenece al objeto de estudio, además dichos elementos deben ser finitos o infinitos y que presente similitudes entre ellos. Es por ello que la población del trabajo de investigación tuvo como población de estudio a un conjunto de adoquines elaborados con sustitución de agregado fino en 0%, 5% y 15% por agregado reciclado de demolición.

Según Tamayo & Tamayo (2006), definieron a la muestra como el conjunto particular de elementos que se ha extraído de la población y que representa adecuadamente todas las características relevantes de la población para la investigación., es por ello que en el presente trabajo de investigación se utilizó como muestra lo que indica el reglamento NTP 334.051-2006 donde señala que se debe preparar (3) o más muestras para cada periodo de ensayo, teniendo en cuenta que los periodos de ensayos fueron a los 7, 14, y 28 días de fraguado.

Para tener representatividad y que el estudio sea fiable, se tuvo una muestra de 27 unidades de adoquines que fueron elaborados teniendo en cuenta la mezcla, en la cual los primeros 9 adoquines no fueron sustituidos el agregado fino y en los 9 adoquines siguientes se realizó la sustitución de agregado fino en 5% por agregado reciclado de demolición y los 9 últimos adoquines se realizó la sustitución de agregado fino por 15% de agregado reciclado de demolición. Todo esto se aprecia en la tabla 1.

Para el muestreo se realizó un muestreo por conveniencia, para tener representatividad de los adoquines en la rotura de la compresión de todos los adoquines.

### 2.3. Técnicas e instrumentos de investigación

Las técnicas e instrumentos de investigación que se utilizaron para la recolección de los datos que permitió determinar el efecto que tiene la sustitución de agregado fino en 5% y 15% por agregado grueso reciclado de demolición en la resistencia del concreto para la elaboración de adoquines. Estas técnicas e instrumentos que se utilizaron para lograr ese objetivo se especifica en la Tabla 2.

Tabla 2 Técnicas e instrumentos de investigación

Variable	Técnica	Instrumentos	Fuente
Agregado reciclado de demolición	Investigación bibliográfica	Ficha Bibliográfica Ver Anexo	Bibliotecas físicas y virtuales
	Observación	Fichas de laboratorio	Encargado del laboratorio
Resistencia a la compresión $f'_c = 280\text{kg/cm}^2$ de un concreto para elaborar adoquín	Observación	Formatos de laboratorio	Encargado del laboratorio
	Investigación bibliográfica	Ficha Bibliográfica Ver anexo	Bibliotecas físicas y virtuales

Fuente: Elaboración propia, basado en el método del proyecto.

### 2.4. Procesamiento y análisis de la información

Entiéndase por procesamiento de la información como la aplicación sistemática de las principales operaciones necesarias para entender un conjunto de datos, también maximizar el beneficio de la información que estos datos representan, además el procesamiento de la información principalmente sirve para agrupar los datos con el objetivo de facilitar al investigador el análisis de la información según los objetivos, hipótesis y preguntas de la investigación construidas por medio de datos numéricos que ya están formuladas. Para el presente trabajo de investigación se utilizó el software SPSS v.25, para el análisis de los datos recolectados en campo, además para una mejor comprensión de los resultados se utilizó la estadística descriptiva, la cual permitió recopilar, procesar la información e interpretarla sistemáticamente en tablas estadísticas básicas para verificar el efecto de las variables y para la comprobación de la hipótesis se utilizó la estadística inferencial.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Caracterización de los agregados reciclados de demolición que serán agregados en la mezcla para la elaboración de adoquines.

Para ello se realizó diferentes ensayos del agregado reciclado de demolición, el proceso de inicio en con la recolección de las muestras de los botaderos, luego se llevó al laboratorio de Mecánica de suelos, concretos y pavimento, en el cual se realizó el contenido de humedad ASTM D – 2216 – 71, para el agregado reciclado se obtuvo un valor de 3,22%, además se realizó el contenido de humedad del agregado grueso, el cual fue de 2,37% y agregado fino el cual presento una humedad de 4,10% (estos agregados fueron extraídos de la cantera Taclan). Para ello ver Anexo 1 y Anexo 6.

Para el análisis granulométrico del agregado reciclado se obtuvo un tamaño máximo nominal #9, un módulo de fineza de 3,4, en cuanto al peso específico aparente se obtuvo un valor de 2,63 y para la absorción de este agregado se obtuvo un valor de 6,35%, en el ensayo de los pesos unitarios, el peso unitario suelto fue de 1340kg/m<sup>3</sup> y un peso unitario compactado de 1501kg/m<sup>3</sup>, esto es en promedio del análisis de tres muestra que se realizaron. Estos ensayos realizados se resumen en la tabla 3.

Tabla 3. Ensayos realizados al agregado reciclado

Tipo de ensayo	Valor reportado
Contenido de humedad	3,22%
Tamaño máximo nominal	#9
Módulo de fineza	3,4
Peso específico aparente	2,63
Absorción	6,35%
Peso unitario suelto	1340kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1501kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos reportados por el Laboratorio de mecánica de suelos, concretos y pavimentos.

### 3.2. Diseño de la mezcla para el adoquín patrón y experimental al sustituir agregado fino en 5% y 15% por agregado reciclado de demolición en la mezcla

Para el diseño de mezcla se analizó todos los elementos que intervienen en la mezcla para el adoquín patrón, en los cuales se cumplió con los ensayos de calidad de los distintos agregados utilizados y para los demás elementos que complementan la mezcla según la norma ACI, entre los ensayos realizados se tuvo a la granulometría, contenido de humedad, peso específico aparente, absorción, peso unitario suelto y peso unitario compactado, entre otros. Dichos datos se puede apreciar en la tabla 4 (Ver anexo 2)

Tabla 4. Ensayos realizados a los agregados

Tipo de ensayo	Valor reportado		
	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Contenido de humedad	4,10%	2,37%	3,22%
Tamaño máximo nominal	#8	3/8"	#8
Módulo de fineza	2,89	---	3,4
Peso específico aparente	2,70	2,70	2,63
Absorción	1,01%	1,45%	6,35%
Peso unitario suelto	1565kg/m <sup>3</sup>	1678kg/m <sup>3</sup>	1340kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1732kg/m <sup>3</sup>	1777kg/m <sup>3</sup>	1501kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos reportados por el Laboratorio de mecánica de suelos, concretos y pavimentos.

Para la granulometría de los agregados se utilizó la norma ASTM – C33 la cual establece los límites granulométricos superiores e inferiores (Ver anexo 2).

Para el diseño de la mezcla y sus respectivos ajustes de mezclas por el método A.C.I.

Las especificaciones se realizaron en el laboratorio de mecánica de suelos, concretos y pavimentos, en el cual se realizó el diseño de mezcla para una bolsa de cemento, de una resistencia de 280 kg/cm<sup>2</sup> y luego se realizó el adoquín.

Se determinó que el diseño de mezcla fue para el adoquín con concreto patrón  $f_c = 280$  kg/cm<sup>2</sup> y experimental con sustitución de 5% y 15% del agregado fino por agregado reciclado de demolición. Esto se puede apreciar en la tabla 5.

Tabla 5. Diseño de mezcla del concreto patrón y experimental

Concreto	Relación	Cantidad de cada elemento (9 adoquines)				
	C/C : A/C : AF/C : AG/C : RCD/C	Cemento (kg)	Agua (l)	Agregado Fino (kg)	Agregado grueso (kg)	RCD* (kg)
Patrón	1 : 0.39 : 1.74 : 1.61 : ----	5,85	2,34	10,10	9,36	----
Experimental 5%	1 : 0.39 : 1.65 : 1.61 : 0.087	5,85	2,34	9,63	9,36	0,54
Experimental 15%	1 : 0.39 : 1.48 : 1.61 : 0.261	5,85	2,34	8,58	9,36	1,53

(\*) Es el residuo reciclado de demolición

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos reportados por el Laboratorio de mecánica de suelos, concretos y pavimentos.

En la tabla 5, se puede observar la relación agua/cemento y los demás resultados que se tiene al detalle en el Anexo 2.

### **3.3. Determinación de la resistencia del adoquín patrón y experimental al sustituir agregado fino en 5% y 15% por agregado reciclado de demolición en la mezcla a los 7, 14 y 28 días de vida**

Para la determinación de la resistencia de los 9 adoquines patrón, los 9 adoquines con sustitución de 5% de agregado fino por agregado de demolición y por ultimo a los 9 adoquines con sustitución del 15% de agregado fino por agregado de demolición, para ello se consideró el tiempo de curado de 7 días, 14 días y 28 días, los ensayos de resistencia a la compresión de los adoquines se realizó en el

laboratorio de mecánica de suelos, concretos y pavimentos. Esto se puede apreciar en la tabla 6. (Ver Anexo 3).

Tabla 6. Resistencia a la compresión de adoquines por triplicado patrón y experimental

Tiempo de edad	Sustitución de agregado fino por agregado reciclado de demolición		
	0%	5%	15%
	210,1 kg/cm <sup>2</sup> (*)	199,9kg/cm <sup>2</sup> (*)	192,4kg/cm <sup>2</sup> (*)
7 días	215,8	189,6	200,9
	204,5	191,2	206,6
	237,6	229,3	236,2
14 días	242,4	234,1	214,3
	249,2	223,6	225,8
	284,2	253,7	248,1
28 días	279,5	267,9	265,6
	290,1	263,7	252,2

(\*) Resistencia a la compresión a las condiciones de sustitución y días de curado

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos reportados por el Laboratorio de mecánica de suelos, concretos y pavimentos.

Para las resistencias de los días de curado, se trabajó con el promedio de las resistencias del adoquín patrón y el adoquín experimental en el cual ha sido sustituido el agregado fino por agregado reciclado de demolición en 5% y 15%. Se puede observar en la tabla 7.

Tabla 7. Resistencia a la compresión de adoquines por triplicado patrón y experimental

Tiempo de edad	Sustitución de agregado fino por agregado reciclado de demolición		
	0%	5%	15%
7 días	210,13 kg/cm <sup>2</sup> (*)	193,57 kg/cm <sup>2</sup> (*)	199,97 kg/cm <sup>2</sup> (*)
14 días	243,07	229,00	225,43
28 días	284,60	261,77	255,30

(\*) Resistencia a la compresión a las condiciones de sustitución y días de curado

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos reportados por el Laboratorio de mecánica de suelos, concretos y pavimentos.

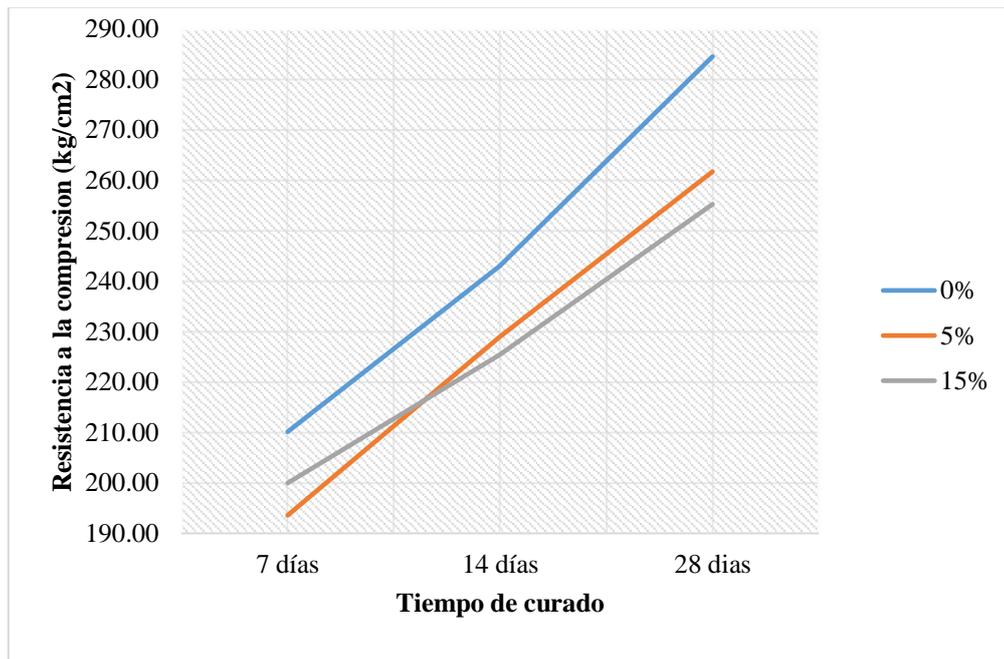


Figura 1. Resistencia promedio respecto al tiempo de curado

En la figura 1, se puede apreciar el comportamiento de la resistencia promedio del adoquín patrón, y de los adoquines experimentales. Para ello se tiene una máxima resistencia promedio de 284,60kg/cm<sup>2</sup>, el cual pertenece al adoquín patrón a los 28 días de curado, se puede observar que a los 7 días de curado la resistencia es menor con 5% de sustitución de agregado fino por agregado reciclado de demolición la cual es de 193,57 kg/cm<sup>2</sup> y con 15% de sustitución de agregado fino es ligeramente mayor con un valor de 199,97 kg/cm<sup>2</sup>, este comportamiento cambia a partir de aproximadamente de los 14 días de curado, en donde la resistencia de la sustitución del 5% de agregado fino por agregado reciclado de demolición es mayor a la resistencia del adoquín que ha sido sustituido el 15% del agregado por agregado reciclado de demolición.

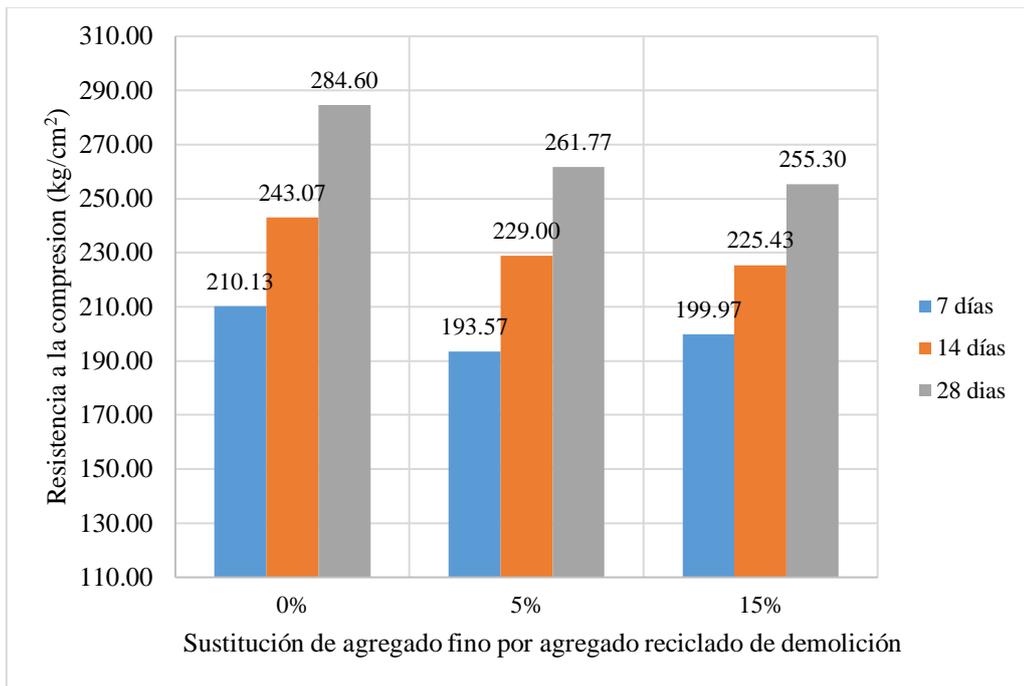


Figura 2. Resistencia promedio de los adoquines con respecto al porcentaje de sustitución de agregado fino por agregado reciclado de demolición

### 3.4. Evaluación del efecto de sustituir agregado fino en 5% y 15% de agregado reciclado de demolición en la resistencia a la compresión $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ para la elaboración de adoquines.

Para la evaluación se utilizó el software SPSS v.25, del cual se realizó un análisis del diseño en bloque completamente al azar (DBCA), para ello se tuvo una Matriz de datos (Ver anexo 4), para ello se realizó un diseño en bloques completos totalmente al azar, como se muestra a continuación:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}; i = 1, 2, 3 \text{ y } j = 1, 2, 3.$$

Donde:

$Y_{ij}$ : Resistencia del adoquín patrón y experimental medido con la sustitución de agregado fino por agregado reciclado de demolición  $i$ , y el tiempo de curado  $j$ .

$\mu$ : Resistencia media del adoquín patrón y experimental

$\alpha_i$ : Efecto medio adicional sobre la resistencia media del adoquín patrón y experimental, debido a la sustitución de agregado fino por agregado reciclado de demolición i.

$\beta_j$ : Efecto medio adicional sobre la resistencia media del adoquín patrón y experimental, debido a los días de curado j.

$\varepsilon_{ij}$ : Error aleatorio atribuible a la medición de la resistencia del adoquín Y<sub>ij</sub>.

La prueba de hipótesis fue:

H<sub>0</sub>:  $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ ;

H<sub>1</sub>:  $\mu_1 \neq \mu_2$ ; para algún i ≠ j

Para la estadística descriptiva ver Anexo 5.

Para la prueba de hipótesis, se realizó la prueba del estadístico de Levene, en el cual se obtuvo una potencia o significancia de  $0,854 > 0,05$ , para la resistencia del adoquín que se basa en la media, y una significancia de  $0,978 > 0,05$  para la resistencia del adoquín que se basa en la mediana, al cumplirse esta condición no hay motivos para decir que las medias de las resistencias del adoquín patrón y experimental son diferentes, además también la prueba la hipótesis nula de que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos. Esto se puede apreciar en la tabla 8.

Tabla 8. Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error<sup>a,b</sup>

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Resistencia del adoquín	Se basa en la media	,481	8	18	,854
	Se basa en la mediana	,238	8	18	,978
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,238	8	13,230	,976
	Se basa en la media recortada	,463	8	18	,866

a. Variable dependiente: Resistencia del adoquín

b. Diseño: Intersección + Edad + Sustitución + Edad \* Sustitución

Fuente: SPSS v.25

Para ver la significancia estadística de la edad de curado del adoquín afecta significativamente en la resistencia a la compresión del adoquín patrón y experimental, pues  $p = 0,000 < 0,05$ , lo cual se debe tener en cuenta para el diseño de la resistencia del adoquín, otro factor importante es la sustitución del agregado fino por agregado reciclado de demolición, este factor presenta  $p = 0,009 < 0,05$ , lo que indica que es significativo en la resistencia a la compresión del adoquín patrón y experimental. Esto se puede apreciar en la tabla 9.

Tabla 9. Pruebas de efectos inter – sujetos

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	21981,767 <sup>a</sup>	8	2747,721	53,700	,000
Intersección	1473969,343	1	1473969,343	28806,593	,000
Edad	19619,796	2	9809,898	191,720	,000
Sustitución	2044,099	2	1022,049	19,974	,009
Edad * Sustitución	317,873	4	79,468	1,553	,230
Error	921,020	18	51,168		
Total	1496872,130	27			
Total corregido	22902,787	26			

Fuente: SPSS v.25

a. R al cuadrado = ,960 (R al cuadrado ajustada = ,942)

En la tabla 10, se realizó la comparación por parejas de la sustitución del agregado fino por agregado reciclado de demolición, de lo cual se observa que el adoquín patrón (0% de sustitución de agregado fino por agregado reciclado de demolición) tiene significancia estadística  $p = 0,000$  con el adoquín experimental (5% de sustitución de agregado fino por agregado reciclado de demolición), pues dicho valor es menor a 0,05, en ese mismo sentido el adoquín patrón comparado con el adoquín experimental (15% de sustitución de agregado fino por agregado reciclado de demolición) presenta una potencia de  $p = 0,000$ , este valor es menor que 0,05, lo cual indica que existe diferencia significativa entre el patrón y el experimental al 15 % de sustitución de agregado fino por agregado reciclado de demolición. Por último se puede apreciar que entre los adoquines experimentales de 5% y 15%, se obtuvo una significancia de  $p=0,932$  dicho valor es mayor a 0,05, lo cual indica que no existe diferencias

significativas entre dichos porcentajes de sustitución de agregado fino por agregado grueso, respecto a la resistencia de los adoquines.

Tabla 10. Comparación por parejas del porcentaje de sustitución de agregado fino por agregado reciclado de demolición

(I) Sustitución de agregado fino por agregado reciclado de demolición	(J) Sustitución de agregado fino por agregado reciclado de demolición	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. <sup>b</sup>	95% de intervalo de confianza para diferencia <sup>b</sup>	
					Límite inferior	Límite superior
0%	5%	17,8222*	3,37203	,000	9,2162	26,4282
	15%	19,0333*	3,37203	,000	10,4274	27,6393
5%	0%	-17,8222*	3,37203	,000	-26,4282	-9,2162
	15%	1,2111	3,37203	,932	-7,3949	9,8171
15%	0%	17,8222*	3,37203	,000	9,2162	26,4282
	5%	19,0333*	3,37203	,000	10,4274	27,6393

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

Fuente: SPSS v.25

En la tabla 11, se puede apreciar la comparación del bloque días de curado para la resistencia a la compresión del adoquín patrón y experimental, la significancia presenta un valor de  $p = 0,000$  para cualquier tipo de comparación, como este valor es menor a 0,05, los días de curado presentan significancia estadística para la resistencia a la compresión de los adoquines.

Tabla 11. Comparación por parejas del tiempo de curado para el concreto patrón y experimental

(I) Edad	(J) Edad	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. <sup>b</sup>	95% de intervalo de confianza para diferencia <sup>b</sup>	
					Límite inferior	Límite superior
7 Días	14 Días	-31,2778*	3,37203	,000	-39,8838	-22,6718
	28 Días	-66,0000*	3,37203	,000	-74,6060	-57,3940
14 Días	7 Días	31,2778*	3,37203	,000	22,6718	39,8838
	28 Días	-34,7222*	3,37203	,000	-43,3282	-26,1162
28 Días	7 Días	-31,2778*	3,37203	,000	-39,8838	-22,6718
	14 Días	-66,0000*	3,37203	,000	-74,6060	-57,3940

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

Fuente: SPSS v.25

#### IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En la actualidad los fabricantes de adoquines para diferentes usos se ven en la necesidad de innovar nuevas formas de elaborar estos elementos estructurales, esto debe ir de la mano de la resistencia a la compresión, la trabajabilidad o uso y a los costos que incurren en ello, es por ello que de los resultados obtenidos se puede afirmar que el efecto de la sustitución de agregado fino en 5% y 15% por agregado reciclado de demolición en la resistencia a la compresión  $f'c = 280$  kg/cm<sup>2</sup> de concreto para la elaboración de adoquines, es que la resistencia a la compresión disminuye dicha propiedad mecánica, pero que cumple con los requisitos mínimos de acuerdo a las normas técnicas peruanas NTP 399.611 y el actual reglamento nacional de edificación RNE E – 060, estos resultados fueron comparados con el investigador Meléndez (2016), en su trabajo de investigación titulado *Utilización del concreto reciclado como agregado (grueso y fino) para un diseño de mezcla  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, en la ciudad de Huaraz*, quien concluyo que la utilización de los agregados reciclados de construcción y demolición en la mezcla de un concreto para la elaboración de adoquines es factible y contribuye una alternativa más que conveniente para la elaboración de adoquines dependiendo de su uso y su ornato.

En cuanto al efecto que se tiene sustituir el agregado fino natural, que es un elemento no renovable por un elemento que es proveniente de las construcciones y demoliciones y utilizado como un agregado reciclado y así poder cerrar el círculo para evitar la contaminación, además cumplir la normativas para la elaboración de adoquines que son utilizados para diferentes presentaciones, como lo afirmo la investigadora Chóez (2019), en su trabajo de investigación titulado *Elaboración de un bloque de construcción con reciclaje de residuos de bloques y baldosas para viviendas de interés social*, la elaboración de adoquines ya sea de forma moderna o artesanal pudo coincidir que los diseños de mezclas pueden reemplazarse los agregados naturales por reciclados sin afectar sus propiedades mecánicas, pero si disminuyendo el costo, para lo cual pudo obtener que el costo

era de 0,54 dólares americanos, de lo cual pudo concluir que es factible elaborar bloques de concreto y baldosas para la construcción de viviendas.

Para la experimentación se realizó la caracterización de los agregados reciclados de demolición que serán agregados en la mezcla para la elaboración de adoquines, lo cual es importante para saber las propiedades que tienen los residuos reciclados de demolición y construcción, tales como la granulometría, módulo de fineza, peso unitario suelto, compacto, absorción, entre otros, estas características se realizaron en el trabajo del investigador Díaz (2017), en su trabajo de investigación titulado *Resistencia de adoquines de concreto sustituyendo agregado grueso natural por 70% de agregado grueso reciclado y cemento por 10% de ceniza de paja de trigo*, de lo cual se pudo coincidir en la metodología, que realizo para caracterizar sus agregado y poder determinar la resistencia experimental del adoquín con agregado grueso natural por 70% de agregado grueso reciclado y el cemento por 10% de ceniza de paja de trigo, de lo cual obtuvo una resistencia a la compresión del adoquín que aumento a 105% y 112% para el adoquín patrón y experimental respectivamente.

El diseño de la mezcla para el adoquín patrón y experimental al sustituir agregado fino en 5% y 15% por agregado reciclado de demolición en la mezcla es de vital importancia, pues la resistencia a la compresión del adoquín depende de este proceso, es por ello que se realizó el cálculo para el adoquín patrón y experimental, donde se tuvo en cuenta las posibles pérdidas de los agregados naturales (agregado fino y agregado grueso) y el agregado reciclado de demolición que sirvió como sustitución del 5% y 15% del agregado fino, además de la cantidad de agua agregada y la relación agua/cemento, agregado fino/cemento, agregado grueso/cemento, agregado reciclado de demolición/cemento, esto se coincidió con los investigadores Morales, Suaste & Ávila (2017), en su trabajo de investigación titulada *Diseño de una mezcla con materiales reciclados para producción de adoquines*, dichos autores tuvieron, que diseñar las mezclas utilizando los escombros de las barrancas de cascajo y llantas para utilizarlos directamente como

materia prima en la fabricación de adoquines, las proporciones de cada uno se seleccionaron de modo que se pueda utilizar los materiales en la forma más económica, siempre y cuando el adoquín se ajuste a las normas adecuadas, para ello sustituyeron por polvo de llanta en 2%, 5% y 10%.

Para la determinación de la resistencia del adoquín patrón y experimental al sustituir agregado fino en 5% y 15% por agregado reciclado de demolición en la mezcla a los 7, 14 y 28 días de vida, fueron Para ello se tiene una máxima resistencia promedio de 284,60kg/cm<sup>2</sup>, 261,77kg/cm<sup>2</sup> y 255,30kg/cm<sup>2</sup> del patrón, la sustitución del agregado fino por agregado reciclado de demolición en 5% y 15% respectivamente a los 28 días de curado, de lo cual se pudo coincidir con los investigadores Díaz (2018), el cual desarrollo un trabajo titulado *Aprovechamiento de los residuos de construcción y demolición (RCD) en la elaboración de concreto en Colima Villa de Álvarez*, en donde obtuvo una resistencia a la compresión de con tres tipos de mezcla de 1/2, 1/2, 6,7 de cemento, cal, arena reciclada y grava reciclada respectivamente de lo que obtuvo una resistencia de 152 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de vida, la mezcla 2, presento una composición 1, 6, 7 de cemento, arena virgen y grava reciclada, presentando una resistencia de 159 kg/cm<sup>2</sup> y por último una mezcla de 1, 6, 7 de cemento, arena reciclada y grava reciclada, obteniendo una resistencia de 157 kg/cm<sup>2</sup>.

La evaluación del efecto de sustituir agregado fino en 5% y 15% de agregado reciclado de demolición en la resistencia a la compresión  $f'_c = 280$  kg/cm<sup>2</sup> para la elaboración de adoquines, se vio reflejada en un porcentaje de 93,49% para la sustitución de agregado fino por agregado reciclado de demolición en 5% y un porcentaje de 91.18% para una sustitución de 15% de agregado fino por agregado reciclado de demolición, lo cual coincidió con el Meléndez (2016), en su trabajo de investigación titulado *Utilización del concreto reciclado como agregado (grueso y fino) para un diseño de mezcla  $f'_c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, en la ciudad de Huaraz*, los resultados que obtuvo fueron indicaron que a los 28 días de edad, el concreto con agregado normal llego 213,8 kg/cm<sup>2</sup> haciendo un 102% y el

concreto con agregado reciclado llegó a una resistencia de  $199,7\text{kg/cm}^2$  haciendo un 95%. Los resultados experimentales mostraron que el comportamiento del concreto con agregados reciclados, es bueno comparado al del concreto con agregados naturales, de lo que llegó a la conclusión que el adoquín puede ser utilizado como agregado, de lo que concluyó que la resistencia a la compresión disminuye.

Para la contrastación estadística de la significancia que tiene la sustitución del agregado fino por agregado reciclado de demolición pues  $p = 0,009 < 0,05$ , lo cual se debe tener en cuenta para el diseño de la resistencia del adoquín, otro factor importante es el tiempo de curado, este factor presenta  $p = 0,000 < 0,05$ , lo que indica que es significativo en la resistencia a la compresión del adoquín patrón y experimental, se coincidió con los investigadores Özalp et al. (2016), en su artículo científico titulado *Efectos de los agregados reciclados de los desechos de construcción y demolición sobre las propiedades mecánicas y de permeabilidad de los adoquines, bordillos y tuberías de concreto*, determinaron y compararon las propiedades de los residuos de concreto y provenientes de la demolición, todo ello en cumplimiento de la normativa vigente, la mezcla e sustituye agregados en un 20%, 30% y 40% por agregados reciclados de construcción y de demolición. Los resultados fueron que los valores de absorción de agua de los agregados reciclados fueron de 8% y 10%, mientras que los agregados normales fueron de 1% y 2% y también al realizar la prueba de desgaste de agregados reciclados aumentaron en 43% respecto a los agregados normales de lo que concluyeron que es útil utilizar los agregados reciclados y de demolición.

## V. CONCLUSIONES

La caracterización de los residuos de construcción y demolición es importante para evaluar las propiedades físicas de dicho componente de la mezcla, el cual se pudo evidenciar que cumple las NTP y ASTM y puede utilizarse en la mezcla para la elaboración de adoquines.

El diseño de mezcla consistió en la calcular los componentes necesarios para elaborar el adoquín patrón y experimental, para ello se tuvo para el patrón, y los experimentales de una relación de agua/cemento de 0,39, de agregado fino/cemento para el patrón 1,74, para una sustitución de 5% y 15% de agregado fino por agregado reciclado de demolición de 1,65 y 1,48 respectivamente, además de una relación de agregado grueso/cemento de 1,61 para el adoquín patrón y experimentales.

La determinación de la resistencia del adoquín patrón fue  $284,6\text{kg/cm}^2$ , en promedio, para una sustitución de 5% y 15% de agregado fino por agregado reciclado de demolición fue de  $261,77\text{kg/cm}^2$  y  $255,30\text{kg/cm}^2$ , respectivamente, esto se dio a los 28 días de curado de los adoquines.

El efecto que se da al sustituir agregado fino en 5 y 15% por agregado reciclado de demolición es que disminuye la resistencia del adoquín, la cual se vio reflejada en un porcentaje de 93,49% para la sustitución de agregado fino por agregado reciclado de demolición en 5% y un porcentaje de 91.18% para una sustitución de 15% de agregado fino por agregado reciclado de demolición y para ello se realizó un diseño en bloque completamente aleatorizado, la significancia que tiene la sustitución del agregado fino por agregado reciclado de demolición pues  $p=0,009 < 0,05$ , lo cual se debe tener en cuenta para el diseño de la resistencia del adoquín, otro factor importante es el tiempo de curado, este factor presenta  $p=0,000 < 0,05$ , lo que indica que es significativo en la resistencia a la compresión del adoquín patrón y experimental.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Aplicar este tipo de sustitución para mezclas para la elaboración de otro tipo de elementos estructurales, con lo cual las empresas que se dedican a la fabricación de dichos elementos disminuirían costos directos de materia prima y se cuida el medio ambiente al utilizar los residuos que contaminan y afectan al ornato de las distintas metrópolis, todo esto se reflejara en el posicionamiento de su empresa y aumentarán sus ingresos.

Ensayar distintas mezclas para tener una significancia más representativa para los distintos diseños de concretos, además de hacer variar la relación cemento/agua para obtener resultados más representativos y no solo la variación de agregado fino por agregado reciclado de demolición.

Realizar otros ensayos de trabajabilidad o propiedades físicas, además de realizar una evaluación de costos para complementar las propiedades mecánicas del adoquín, además de concientizar a los constructores que utilicen adoquines elaborados a partir de la inclusión en su mezcla de residuos de construcción, demolición, entre otros.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, F. (2013). Tecnología del Concreto. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/manueloblitas/tecnologia-del-concreto-flavio-abanto>
- Barriga, R. (2019). *Aprovechamiento de residuos de construcción y demolición para la elaboración de adoquines tipo I en la ciudad de Chiclayo*. . (Tesis de pregrado), Universidad Cesar Vallejo. Chiclayo, Perú. Recuperado de [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/43648/Barriga\\_PRE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/43648/Barriga_PRE.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Bendezu, A. & Valdez, B. (2019). *Aprovechamiento de caucho reciclado y material de descarte de la construcción y demolición para la elaboración de baldosas de cemento del tipo 3B*. (Tesis de pregrado), Universidad Cesar Vallejo. Lima, Perú. Recuperado de [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/43667/Bendezu\\_OA.%20Valdez\\_AS\\_SD%20.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/43667/Bendezu_OA.%20Valdez_AS_SD%20.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Caicedo, C. (2016). *Diseño de un pavimento articulado con adoquines compuestos por reciclados de concreto como agregado fino y cenizas provenientes del bagazo de la caña de azúcar como reemplazo parcial del cemento Portland* (tesis pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Cali Colombia. (Tesis de pregrado), Pontificia Universidad Javeriana de Cali, Santiago de Cali. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11522/8072>
- CAPECO (2019). *El Economista*. Recuperado de <https://www.eleconomistaamerica.pe/economia-eAmperu/noticias/9807437/04/19/Capeco-Construccion-crecera-475-en-2019-porinfraestructura-y-vivienda-social.html>
- Carrasco, S. (2009). *Metodología de la Investigación científica*. Lima: Editorial San Marcos.

- Castañeda, K. & Vásquez, E. (2014). *Aplicación de concreto reciclado en la producción de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito vehicular ligero en la ciudad de Chiclayo.* (Tesis de pregrado) Universidad Señor de Sipán, Chiclayo, Pimentel. Recuperado de <http://repositorio.uss.edu.pe/handle/uss/1113>
- Chóez, L. (2019). *Elaboración de un bloque de construcción con reciclaje de residuos de bloques y baldosas para viviendas de interés social.* 2019. (Tesis de pregrado) Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, Ecuador, Guayaquil Recuperado de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/3266/1/T-ULVR-2860.pdf>
- Consumollo, V. (2019). *Residuos de Concreto de Construcción para Fabricación de Adoquines en Pavimentos, San Isidro-Lima.* (Tesis de pregrado), Universidad Peruana Los Andes, Lima, Perú. Recuperado de [http://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/UPLA/1282/T037\\_08597037\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/UPLA/1282/T037_08597037_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Díaz, L. (2018). *Aprovechamiento de los residuos de construcción y demolición (RCD) en la elaboración de concreto en Colima Villa de Álvarez.* (Tesis de Maestría), Instituto Tecnológico de Colima, Villa de Álvarez, Colima, México.
- Esteban, K. (2018). *Reaprovechamiento de los residuos de construcción y demolición, como agregado reciclado para la elaboración de adoquines, 2018.* (Tesis de pregrado), Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú. Recuperado de [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/28021/ESTEBAN\\_MK.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/28021/ESTEBAN_MK.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación.* Editorial: McGraw Hill Education, México, sexta edición compressed.

Maldonado, R. (2020). *Determinación del comportamiento mecánico mediante el ensayo de resistencia a la compresión de concreto adicionado con cementante reutilizado proveniente de escombros de la construcción usando un análisis estadístico inferencial*. (Tesis de pregrado) Universidad Santo Tomás, Bucaramanga, Colombia. Recuperado de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/22501/2020MaldonadoRuth.pdf?sequence=9>

Meléndez, A. (2016). *Utilización del concreto reciclado como agregado (grueso y fino) para un diseño de mezcla  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en la ciudad de Huaraz-2016*. (Tesis de pregrado), Universidad San Pedro, Huaraz, Perú. Recuperado de <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/4372>

Morales, J., Suaste, D. & Ávila A. (2017). *Diseño de una mezcla con materiales reciclados para producción de adoquines*. (Tesis de pregrado), Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, Cd, México. Recuperado de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/13667/TESIS-PDF-Dise%C3%B1o%20de%20una%20mezcla%20con%20materiales%20reciclados%20para%20produccion%20de%20adoquines.pdf?sequence=2>

Montiel, J. (2017). *Uso de agregados reciclados para la fabricación de adoquines que se puedan utilizar en la pavimentación de calles, avenidas y pasos peatonales*. (Tesis de pregrado), Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, Cd, México. Recuperado de <http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/12875>

MTCE (2004). *Manual Técnico para la correcta colocación de los euroadoquines. Publicado por la Asociación para la Investigación y Desarrollo del Adoquín de Hormigón.* Madrid, España.

NTP 331.052 Adherencia.

NTP 334.051:2006 Resistencia Mecánica a la Compresión.

NTP 399.630:2010 Estabilidad dimensional.

NTP 334.003:2008 Obtención de la mezcla.

NTP 334.006:2003 Tiempo de Fraguado.

NTP 399.631:2010 absorción de agua.

Normas NTP 400.037 Agregados. Requisitos.

NTP 400.012 Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino.

NTP 399.611 2010 (revisada el 2015): unidades de albañilería. Adoquines de concreto.

Özalp, F., Yılmaz, H., Kara, M., Kaya, Ö., & Şahin, A. (2016). *Effects of recycled aggregates from construction and demolition wastes on mechanical and permeability properties of paving stone, kerb and concrete pipes. Construction and Building Materials*, 110, 17–23.

Portugal, P. (2007). *Tecnología del Concreto de Alto Desempeño.* Paris: Imprimerie Lafayette

Silio, A. (2017). *Resistencia de adoquines de concreto sustituyendo agregado grueso natural por 70% de agregado grueso reciclado y cemento por 10% de ceniza de paja de trigo-2017*. (Tesis de pregrado), Universidad San Pedro, Huaraz, Perú. Recuperado de <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/1461>

Reyes, D & Cornejo Y. (2014). *Estado del Arte de la Construcción con material reciclable*. Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.

Suaste, Ávila & Morales (2017). *Diseño de una mezcla con materiales reciclados para producción de adoquines*. Universidad Nacional Autónoma de México.

Tamayo & Tamayo, M. (2006). *Técnicas de Investigación*. (2ª Edición). México: Editorial Mc Graw Hill.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al concluir una etapa maravillosa de mi vida quiero extender un profundo agradecimiento, a quienes hicieron posible este sueño, aquellos que junto a mí caminaron en todo momento y siempre fueron inspiración, apoyo y fortaleza. Agradezco en primer lugar a Dios por darme la vida por cumplir mi meta, agradezco a mis padres, a mi mamá en especial quien luchó para yo ser algo en la vida y a mis hermanos que me apoyaron y me dieron la mano, muchas gracias a ustedes por demostrarme que el verdadero amor no es otra cosa que el deseo inevitable de ayudar al otro para que este se supere.

Mi gratitud, también a la universidad San Pedro que me abrió la puerta, mi agradecimiento sincero a los asesores, a los docentes quienes con su apoyo y enseñanza constituyen la base de mi vida profesional.

Gracias infinitamente a todos.

## ANEXOS Y APÉNDICE

### Anexo 1. Ensayo de los agregados naturales y reciclados de demolición



#### CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216-71

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS					
TESIS : "Efectos de la Sustitucion de Agregado Fino por Agregado Reciclado de Demolicion en la Elaboracion de Adoquines - Huaraz, 2020"					
SOLICITA : Bach.SILVA ASENCIOS, Gregorio Julian					
DISTRITO : HUARAZ			HECHO EN : USP -HUARAZ		
PROVINCIA : HUARAZ			FECHA : 31/07/2020		
PROG. (KM.) :			ASESOR :		
DATOS DE LA MUESTRA					
CALICATA :					
MUESTRA : AGREGADO GRUESO, AGREGADO FINO, RECICLADO					
PROF. (m) :					
AGREGADO GRUESO					
Nº TARRO		30			
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	860 0			
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	844 0			
PESO DE AGUA	(g)	16 00			
PESO DEL TARRO	(g)	167 90			
PESO DEL SUELO SECO	(g)	676 10			
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	2 37			
HUMEDAD PROMEDIO	(%)			2.37	
AGREGADO FINO					
Nº TARRO		29	46		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	1031 0	990 0		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	997 0	958 5		
PESO DE AGUA	(g)	34 00	31 50		
PESO DEL TARRO	(g)	169 40	175 2		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	827 60	783 3		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	4 11	4 0		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)			4.1	
AGREGADO RECICLADO					
Nº TARRO		29	27		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	815 0	838 5		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	794 5	818 0		
PESO DE AGUA	(g)	20 50	20 50		
PESO DEL TARRO	(g)	169 00	170 0		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	625 50	648 0		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	3 28	3 2		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)			3.22	



  
 Ing. Jesu

**RECTORADO:** Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: (043) 483320  
**CAMPUS UNIVERSITARIA:** Urb. Los Pinos Telf.: (043) 483222 / 483817 / 483201 - Av. Bolognesi 421 Telf.: (043) 483810  
 Nuevo Chimbote Av. Pacifico y Anchoqueta Telf.: (043) 483802 / San Luis Telf.: (043) 483826  
**OFICINA DE ADMISION:** Esq. Aguirre y Espinar - Teléfono.: 043 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ANALISIS GRANULOMETRICO ARENA**

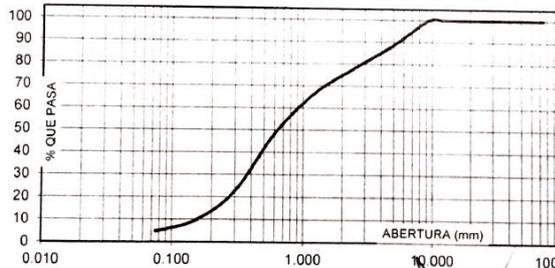
SOLICITA : **Bach.SILVA ASENCIOS, Gregorio Julian**  
 TESIS : "Efectos de la Sustitucion de Agregado Fino por Agregado Reciclado de Demolicion en la Elaboracion de Adoquines - Huaraz, 2020"  
 LUGAR : HUARAZ  
 FECHA : 31/07/2020 CANTERA : TACLLAN MATERIAL : AGREGADO FINO

PESO SECO INICIAL	1835
PESO SECO LAVADO	1748.00
PESO PERDIDO POR LAVADO	87.00

TAMIZ	ABERT. (mm)	PESO RETEN. (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
No					
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.750	227.00	12.37	12.37	87.63
N° 8	2.360	190.50	10.38	22.75	77.25
N° 16	1.180	209.00	11.39	34.14	65.86
N° 30	0.600	328.50	17.90	52.04	47.96
N° 50	0.300	468.00	25.50	77.55	22.45
N° 100	0.150	238.00	12.97	90.52	9.48
N° 200	0.075	87.00	4.74	95.26	4.74
PLATO		87.00	4.74	100.00	0.00
TOTAL		1835.00	100.00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : # 8  
 MODULO DE FINEZA : 2.89  
 HUMEDAD : 4.10%

**CURVA GRANULOMETRICA**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO - HUANUCO  
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL  
 Y ENFERMERIA  
 HUANUCO - PERU  
 Ing. *José Silva*  
 Efecto Sotelo Montes  
 CIP: 10761  
 JEFE

**RECTORADO:** Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: (043) 483320  
**CAMPUS UNIVERSITARIA:** Urb. Los Pinos Telf.: (043) 483222 / 483817 / 483201 - Av. Bolognesi 421 Telf.: (043) 483810  
 Nuevo Chimbote Av. Pacifico y Anchoyeta Telf.: (043) 483802 / San Luis Telf.: (043) 483826  
**OFICINA DE ADMISIÓN:** Esq. Aguirre y Espinar - Teléfono.: 043 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



# USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

### ANALISIS GRANULOMETRICO GRAVA

SOLICITA : **Bach.SILVA ASENCIOS, Gregorio Julian**  
 TESIS : "Efectos de la Sustitucion de Agregado Fino por Agregado Reciclado de Demolicion en la Elaboracion de Adoquines - Huaraz, 2020"  
 LUGAR : HUARAZ  
 FECHA : 31/07/2020 CANTERA : TACLLAN MATERIAL : AGREGADO GRUESO

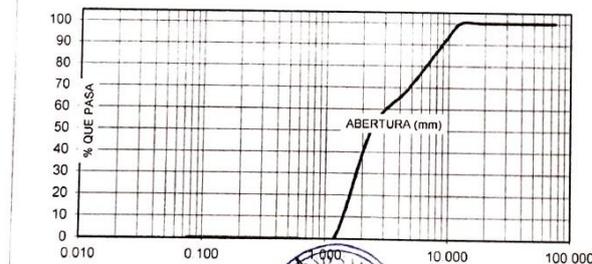
PESO SECO INICIAL	2905
PESO SECO LAVADO	2905 00
PESO PERDIDO POR LAVADO	0 00

TAMIZ No	ABERT (mm.)	PESO RETEN (gr)	% RETENIDO		% QUE PASA
			PARCIAL	ACUMULADO	
3"	75 000				
2 1/2"	63 000				
2"	50 000				
1 1/2"	38 100	0 00	0 00	0 00	100 00
1"	25 000	0 00	0 00	0 00	100 00
3/4"	19 000	0 00	0 00	0 00	100 00
1/2"	12 500	0 00	0 00	0 00	100 00
3/8"	9 500	228 50	7 87	7 87	92 13
N° 4	4 750	653 00	22 48	30 34	69 66
N° 8	2 360	558 00	19 21	49 55	50 45
N° 16	1 180	1465 50	50 45	100 00	0 00
N° 30	0 600	0 00	0 00	100 00	0 00
N° 50	0 300	0 00	0 00	100 00	0 00
N° 100	0 150	0 00	0 00	100 00	0 00
N° 200	0 075	0 00	0 00	100 00	0 00
PLATO		0 00	0 00	100 00	0 00
TOTAL		2905 00	100 00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : 3/8"

HUMEDAD : 2.37%

### CURVA GRANULOMETRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA  
 Y LABORATORIOS  
 Ing. *José Ernesto Zoteño Montes*  
 CIP: 70751  
 JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: (043) 483320  
 CAMPUS UNIVERSITARIA: Urb. Los Pinos Telf.: (043) 483222 / 483817 / 483201 - Av. Bolognesi 421 Telf.: (043) 483810  
 Nuevo Chimbote Av. Pacifico y Anchoqueta Telf.: (043) 483802 / San Luis Telf.: (043) 483826  
 OFICINA DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Teléfono: 043 345839 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ANALISIS GRANULOMETRICO RECICLADO**

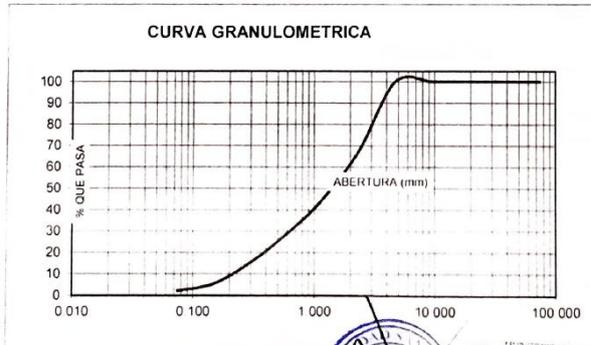
SOLICITA : **Bach.SILVA ASENCIOS, Gregorio Julian**  
 TESIS : "Efectos de la Sustitucion de Agregado Fino por Agregado Reciclado de Demolicion en la Elaboracion de Adoquines - Huaraz, 2020"  
 LUGAR : HUARAZ  
 FECHA : 31/07/2020 CANTERA : DEMOLICION MATERIAL : AGREGADO RECICLADO

PESO SECO INICIAL	2424.2
PESO SECO LAVADO	2370.00
PESO PERDIDO POR LAVADO	54.20

TAMIZ	ABERT. (mm.)	PESO RETEN. (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
No					
3"	75.000				
2 1/2"	63.000				
2"	50.000				
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 8	2.360	786.00	32.42	32.42	67.58
N° 16	1.180	552.80	22.80	55.23	44.77
N° 30	0.600	384.40	15.86	71.08	28.92
N° 50	0.300	326.20	13.46	84.54	15.46
N° 100	0.150	239.90	9.90	94.44	5.56
N° 200	0.075	80.70	3.33	97.76	2.24
PLATO		54.20	2.24	100.00	0.00
TOTAL		2424.20	100.00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : # 8  
 MODULO DE FINEZA : 3.4  
 HUMEDAD : 3.22%

**CURVA GRANULOMETRICA**



*[Signature]*  
 Ing. **José Ernesto Sotelo Montes**  
 CIP: 70751  
 JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: (043) 483320  
 CAMPUS UNIVERSITARIA: Urb. Los Pinos Telf.: (043) 483222 / 483817 / 483201 - Av. Bolognesi 421 Telf.: (043) 483810  
 Nuevo Chimbote Av. Pacifico y Anchoqueta Telf.: (043) 483802 / San Luis Telf.: (043) 483826  
 OFICINA DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Teléfono.: 043 345839 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION  
DEL AGREGADO FINO**

**SOLICITA** : Bach.SILVA ASENCIOS, Gregorio Julian  
**TESIS** : "Efectos de la Sustitucion de Agregado Fino por Agregado Reciclado de Demolicion en la Elaboracion de Adoquines - Huaraz, 2020"  
**LUGAR** : HUARAZ  
**CANTERA** : TACLLAN  
**MATERIAL** : AGREGADO FINO  
**FECHA** : 31/07/2020

**A** : Peso de material saturado superficialmente seco (aire) **300.0**  
**B** : Peso de frasco+ agua **679.0**  
**C = A + B** : Peso frasco + agua +material **979.0**  
**D** : Peso de material+agua en el frasco **866.0**  
**E = C - D** : Volumen de masa+volumen de vacio **113.0**  
**F** : Peso Material seco en horno **297.0**  
**G= E- (A - F)** : Volumen de masa **110.0**

300.0		
679.0		
979.0		
866.0		
113.0		
297.0		
110.0		
1.01		
1.01		

**ABSORCION (%)** : ((A-F/F)x100)  
**ABS. PROM. (%)** :

**P.e. Bulk (Base Seca)** = F/E  
**P.e. Bulk (Base Saturada)** = A/E  
**P.e. Aparente (Base Seca)** = F/G

**PROMEDIO**

2.63		
2.65		
2.70		

**PROMEDIO**

**P.e. Bulk (Base Seca)**  
**P.e. Bulk (Base Saturada)**  
**P.e. Aparente (Base Seca)**

2.63
2.65
2.70



UNIVERSIDAD SAN PEDRO HUARAZ  
LABORATORIO DE MATERIALES  
DRA. YERSONY GARCERAN  
YERSONY GARCERAN  
Ing. Jasty G. Botello Morales  
CIP: 20751  
JEFE



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION  
DEL AGREGADO GRUESO**

SOLICITA : Bach.SILVA ASENCIOS, Gregorio Julian  
 TESIS : "Efectos de la Sustitucion de Agregado Fino por Agregado Reciclado de Demolicion en la Elaboracion de Adoquines - Huaraz. 2020"  
 LUGAR : HUARAZ  
 CANTERA : TACLLAN  
 MATERIAL : AGREGADO GRUESO  
 FECHA : 31/07/2020

A : Peso de material saturado superficialmente seco (aire)  
 B : Peso de material saturado superficialmente seco (agua)  
 C = A - B : Volumen de masa + volumen de vacios  
 D : Peso de material seco en el horno  
 E = C - ( A - D ) : Volumen de masa

881.5	860.5	
547.5	532.5	
334.0	328.0	
868.0	849.0	
320.5	316.5	
1.56	1.35	
1.45		

ABSORCION (%) : ((A-D/D)x100)  
 ABS. PROM. (%) :

P.e. Bulk (Base Seca) = D/C  
 P.e. Bulk (Base Saturada) = A/C  
 P.e. Aparente (Base Seca) = D/E

PROMEDIO

2.60	2.59	
2.64	2.62	
2.71	2.68	

PROMEDIO

P.e. Bulk (Base Seca)  
 P.e. Bulk (Base Saturada)  
 P.e. Aparente (Base Seca)

2.59
2.63
2.70



RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: (043) 483320  
 CAMPUS UNIVERSITARIA: Urb. Los Pinos Telf.: (043) 483222 / 483817 / 483201 - Av. Bolognesi 421 Telf.: (043) 483810  
 Nuevo Chimbote Av. Pacifico y Anchoqueta Telf.: (043) 483802 / San Luis Telf.: (043) 483826  
 OFICINA DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telefono.: 043 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION  
DEL AGREGADO RECICLADO**

**SOLICITA** : Bach.SILVA ASENCIOS, Gregorio Julian  
**TESIS** : "Efectos de la Sustitucion de Agregado Fino por Agregado Reciclado de Demolicion en la Elaboracion de Adoquines - Huaraz, 2020"  
**LUGAR** : HUARAZ  
**CANTERA** : DEMOLICION  
**MATERIAL** : **AGREGADO RECICLADO**  
**FECHA** : 31/07/2020

**A** : Peso de material saturado superficialmente seco (aire)  
**B** : Peso de frasco+ agua  
**C = A + B** : Peso frasco + agua +material  
**D** : Peso de material+agua en el frasco  
**E = C - D** : Volumen de masa+volumen de vacio  
**F** : Peso Material seco en horno  
**G= E- (A - F)** : Volumen de masa

**ABSORCION (%)** :  $((A-F/F) \times 100)$   
**ABS. PROM. (%)** :

**P.e. Bulk (Base Seca)** = F/E  
**P.e. Bulk (Base Saturada)** = A/E  
**P.e. Aparente (Base Seca)** = F/G

300.0	300.0	
679.1	663.6	
979.1	963.6	
854.1	839.7	
125.0	123.9	
282.1	282.1	
107.1	106.0	
6.35	6.35	
6.35		

**PROMEDIO**

2.26		
2.40		
2.63		

**PROMEDIO**

**P.e. Bulk (Base Seca)**  
**P.e. Bulk (Base Saturada)**  
**P.e. Aparente (Base Seca)**

2.26
2.40
2.63



UNIVERSIDAD SAN PEDRO - HUALI HUANAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE SUELOS Y ENGRANAJOS MATERIALES  
 Ing. Jesús Ernesto Sotelo Montes  
 Jefe

## PESOS UNITARIOS

**SOLICITA :** Bach.SILVA ASECICIOS, Gregorio Julian  
**TESIS :** "Efectos de la Sustitucion de Agregado Fino por Agregado Reciclado de Demolicion en la Elaboracion de Adoquines - Huaraz, 2020"  
**LUGAR :** HUARAZ  
**CANTERA :** TACLLAN  
**MATERIAL :** AGREGADO FINO  
**FECHA :** 31/07/2020

### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7755	7760	7780
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	4335	4340	4360
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1562	1563	1571
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>1565 Kg/m<sup>3</sup></b>		

### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8215	8240	8230
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	4795	4820	4810
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1727	1736	1733
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>1732 Kg/m<sup>3</sup></b>		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN  
 Y ENLACE DE MATERIALES  
 Ing. Jesu Ernesto Sotelo Montes  
 CIP: 70751  
 JEFE

## PESOS UNITARIOS

**SOLICITA :** Bach.SILVA ASECICIOS, Gregorio Julian  
**TESIS :** "Efectos de la Sustitucion de Agregado Fino por Agregado Reciclado de Demolicion en la Elaboracion de Adoquines - Huaraz, 2020"  
**LUGAR :** HUARAZ  
**CANTERA :** TACLLAN  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO  
**FECHA :** 31/07/2020

### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8075	8065	8095
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	4655	4645	4675
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1677	1673	1684
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>1678 Kg/m3</b>		

### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8365	8340	8355
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	4945	4920	4935
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1781	1772	1778
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>1777 Kg/m3</b>		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO - HUANUCO  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE MUESTRA DE SUELOS  
 Y ENSAYO DE MATERIALES  
 Ing. Jesus Ernesto Sotelo Montes  
 CIP: 70751  
 JEFE

### PESOS UNITARIOS RECICLADO

**SOLICITA :** Bach.SILVA ASENCIOS, Gregorio Julian  
**TESIS :** "Efectos de la Sustitucion de Agregado Fino por Agregado Reciclado de Demolicion en la Elaboracion de Adoquines - Huaraz, 2020"  
**LUGAR :** HUARAZ  
**CANTERA :** DEMOLICION  
**MATERIAL :** AGREGADO RECICLADO  
**FECHA :** 30/07/2020

#### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7125	7145	7150
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	3705	3725	3730
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1335	1342	1344
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>1340 Kg/m3</b>		

#### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7595	7580	7585
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	4175	4160	4165
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1504	1499	1500
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>1501 Kg/m3</b>		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO DE HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL  
 Y AMBIENTE  
 Ing. Jesus Ernesto Sotelo Montes  
 CIP: 70751  
 JEFE

## Anexo 2. Diseño de mezcla para el adoquín patrón y experimental

### **DISEÑO PARA EL CONCRETO PATRÓN**

<i>Cemento</i>	=	489.17 kg/m <sup>3</sup>
<i>Agua</i>	=	195.0 lt/m <sup>3</sup>
<i>Agregado fino humedo</i>	=	850.00 kg/m <sup>3</sup>
<i>Agregado grueso humedo</i>	=	786.33 kg/m <sup>3</sup>

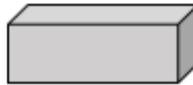
#### **La proporción de cemento por peso:**

$$\frac{489.17}{489.17} : \frac{195.0}{489.17} : \frac{850.00}{489.17} : \frac{786.33}{489.17}$$
$$1 : 0.39 : 1.74 : 1.61$$

#### **Peso por tanda (una bolsa de cemento)**

<i>Cemento</i>	=	1.00 x 42.5 = 42.5 kg/bolsa
<i>Agua</i>	=	0.39 x 42.5 = 16.58 lt/bolsa
<i>Agregado fino humedo</i>	=	1.74 x 42.5 = 73.95 kg/bolsa
<i>Agregado grueso humedo</i>	=	1.61 x 42.5 = 68.43 kg/bolsa

#### **Peso para un adoquín**



*Las dimensiones del adoquín son 20"x10"x6"*

$$V = a \times b \times c$$

$$V = 20 \times 10 \times 6 \text{ cm}^3 * \frac{1 \text{ m}^3}{(100^3) \text{ cm}^3} = 0.0012 \text{ m}^3$$



**Peso para un adoquín**

$$\text{Cemento} = 489.17 \times 0.0012 = 0.587 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 195.0 \times 0.0012 = 0.234 \text{ lt}$$

$$\text{Agregado fino humedo} = 850 \times 0.0012 = 1.02 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado grueso humedo} = 786.33 \times 0.0012 = 0.944 \text{ kg}$$

**Para un adoquín con el 10% de desperdicio**

$$\text{Cemento} = 0.587 \times 1.10 = 0.65 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 0.234 \times 1.10 = 0.26 \text{ lt}$$

$$\text{Agregado fino humedo} = 1.02 \times 1.10 = 1.122 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado grueso humedo} = 0.944 \times 1.10 = 1.04 \text{ kg}$$

**Para 9 adoquines del concreto patrón**

$$\text{Cemento} = 0.65 \times 9 = 5.85 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 0.26 \times 9 = 2.34 \text{ lt}$$

$$\text{Agregado fino humedo} = 1.122 \times 9 = 10.10 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado grueso humedo} = 1.04 \times 9 = 9.36 \text{ kg}$$

**DISEÑO PARA LA SUSTITUCIÓN DE 5% DE AGREGADO FINO POR  
AGREGADO RECICLADO DE DEMOLICIÓN**

$$\text{Cemento} = 489.17 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua} = 195.0 \text{ lt/m}^3$$

$$\text{Agregado fino humedo} = 850.00 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado grueso humedo} = 786.33 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Aditivo} = 850.00 \times 5\% = 42.50 \text{ kg/m}^3$$

**Reajuste del agregado fino**

$$\text{Cemento} = 489.17 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua} = 195.0 \text{ lt/m}^3$$

$$\text{Agregado fino humedo} = 807.50 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Agregado grueso humedo} &= 786.33 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Aditivo} &= 850.00 * 5\% = 42.50 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

**La proporción de cemento por peso:**

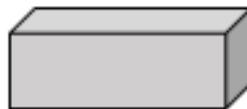
$$\frac{489.17}{489.17} : \frac{195.0}{489.17} : \frac{807.50}{489.17} : \frac{786.33}{489.17} : \frac{42.50}{489.17}$$

$$1 : 0.39 : 1.65 : 1.61 : 0.087$$

**Peso por tanda (una bolsa de cemento)**

$$\begin{aligned} \text{Cemento} &= 1.00 \times 42.5 = 42.5 \text{ kg/bolsa} \\ \text{Agua} &= 0.39 \times 42.5 = 16.58 \text{ lt/bolsa} \\ \text{Agregado fino humedo} &= 1.65 \times 42.5 = 70.13 \text{ kg/bolsa} \\ \text{Agregado grueso humedo} &= 1.61 \times 42.5 = 68.43 \text{ kg/bolsa} \\ \text{Aditivo} &= 0.087 \times 42.5 = 3.70 \text{ kg/bolsa} \end{aligned}$$

**Peso para un adoquín**



Las dimensiones del adoquín son 20"x10"x6"

$$V = a \times b \times c$$

$$V = 20 \times 10 \times 6 \text{ cm}^3 * \frac{1 \text{ m}^3}{(100^3) \text{ cm}^3} = 0.0012 \text{ m}^3$$

**Peso para un adoquín**

$$\begin{aligned} \text{Cemento} &= 489.17 \times 0.0012 = 0.587 \text{ kg} \\ \text{Agua} &= 195.0 \times 0.0012 = 0.234 \text{ lt} \\ \text{Agregado fino humedo} &= 807.50 \times 0.0012 = 0.969 \text{ kg} \\ \text{Agregado grueso humedo} &= 786.33 \times 0.0012 = 0.944 \text{ kg} \\ \text{Aditivo} &= 42.50 \times 0.0012 = 0.051 \text{ kg} \end{aligned}$$


---

**Para un adoquín con el 10% de desperdicio**

<i>Cemento</i>	=	$0.587 \times 1.10 = 0.65 \text{ kg}$
<i>Agua</i>	=	$0.234 \times 1.10 = 0.26 \text{ lt}$
<i>Agregado fino humedo</i>	=	$0.969 \times 1.10 = 1.07 \text{ kg}$
<i>Agregado grueso humedo</i>	=	$0.944 \times 1.10 = 1.04 \text{ kg}$
<i>Aditivo</i>	=	$0.051 \times 1.10 = 0.06 \text{ kg}$

**Para 9 adoquines del concreto patrón**

<i>Cemento</i>	=	$0.65 \times 9 = 5.85 \text{ kg}$
<i>Agua</i>	=	$0.26 \times 9 = 2.34 \text{ lt}$
<i>Agregado fino humedo</i>	=	$1.07 \times 9 = 9.63 \text{ kg}$
<i>Agregado grueso humedo</i>	=	$1.04 \times 9 = 9.36 \text{ kg}$
<i>Aditivo</i>	=	$0.06 \times 9 = 0.54 \text{ kg}$



**DISEÑO PARA LA SUSTITUCIÓN DE 15% DE AGREGADO FINO POR AGREGADO RECICLADO DE DEMOLICIÓN**

<i>Cemento</i>	=	$489.17 \text{ kg/m}^3$
<i>Agua</i>	=	$195.0 \text{ lt/m}^3$
<i>Agregado fino humedo</i>	=	$850.00 \text{ kg/m}^3$
<i>Agregado grueso humedo</i>	=	$786.33 \text{ kg/m}^3$
<i>Aditivo</i>	= $850.00 \times 15\%$	$127.50 \text{ kg/m}^3$

**Reajuste del agregado fino**

<i>Cemento</i>	=	$489.17 \text{ kg/m}^3$
<i>Agua</i>	=	$195.00 \text{ lt/m}^3$
<i>Agregado fino humedo</i>	=	$722.50 \text{ kg/m}^3$
<i>Agregado grueso humedo</i>	=	$786.33 \text{ kg/m}^3$
<i>Aditivo</i>	= $850.00 \times 15\%$	$127.50 \text{ kg/m}^3$

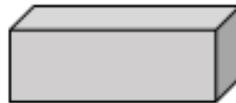
**La proporción de cemento por peso:**

$$\frac{489.17}{489.17} : \frac{195.0}{489.17} : \frac{722.50}{489.17} : \frac{786.33}{489.17} : \frac{127.50}{489.17}$$
$$1 : 0.39 : 1.48 : 1.61 : 0.261$$

**Peso por tanda (una bolsa de cemento)**

<i>Cemento</i>	=	$1.00 \times 42.5 = 42.5 \text{ kg/bolsa}$
<i>Agua</i>	=	$0.39 \times 42.5 = 16.58 \text{ lt/bolsa}$
<i>Agregado fino humedo</i>	=	$1.48 \times 42.5 = 62.90 \text{ kg/bolsa}$
<i>Agregado grueso humedo</i>	=	$1.61 \times 42.5 = 68.43 \text{ kg/bolsa}$
<i>Aditivo</i>	=	$0.261 \times 42.5 = 11.09 \text{ kg/bolsa}$

**Peso para un adoquín**



Las dimensiones del adoquín son 20"x10"x6"

$$V = a \times b \times c$$

$$V = 20 \times 10 \times 6 \text{ cm}^3 \times \frac{1 \text{ m}^3}{(100^3) \text{ cm}^3} = 0.0012 \text{ m}^3$$

**Peso para un adoquín**

<i>Cemento</i>	=	$489.17 \times 0.0012 = 0.587 \text{ kg}$
<i>Agua</i>	=	$195.0 \times 0.0012 = 0.234 \text{ lt}$
<i>Agregado fino humedo</i>	=	$722.50 \times 0.0012 = 0.867 \text{ kg}$
<i>Agregado grueso humedo</i>	=	$786.33 \times 0.0012 = 0.944 \text{ kg}$
<i>Aditivo</i>	=	$127.50 \times 0.0012 = 0.153 \text{ kg}$

**Para un adoquín con el 10% de desperdicio**

<i>Cemento</i>	=	$0.587 \times 1.10 = 0.65 \text{ kg}$
<i>Agua</i>	=	$0.234 \times 1.10 = 0.26 \text{ lt}$

$$\text{Agregado fino humedo} = 0.867 \times 1.10 = 0.954 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado grueso humedo} = 0.944 \times 1.10 = 1.04 \text{ kg}$$

$$\text{Aditivo} = 0.153 \times 1.10 = 0.17 \text{ kg}$$

**Para 9 adoquines del concreto patrón**

$$\text{Cemento} = 0.65 \times 9 = 5.85 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 0.26 \times 9 = 2.34 \text{ lt}$$

$$\text{Agregado fino humedo} = 0.954 \times 9 = 8.58 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado grueso humedo} = 1.04 \times 9 = 9.36 \text{ kg}$$

$$\text{Aditivo} = 0.17 \times 9 = 1.53 \text{ kg}$$



Anexo 3. Ensayo de resistencia a la compresión del adoquín patrón y experimental

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION ADOQUINES**

**SOLICITA:** Bach.SILVA ASENCIOS, Gregorio Julian

**TESIS :** "Efectos de la Sustitucion de Agregado Fino por Agregado Reciclado de Demolicion en la Elaboracion de Adoquines - Huaraz, 2020"

**FECHA:** 30/07/2020

**F' C:** 280 kg/cm2

Nº	TESTIGO ELEMENTO	PROGRESIVA KM.	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/cm2	FC/F' C (%)
				MOLDEO	ROTURA			
1	ADOQUIN PATRON	-	-	25/06/2020	2/07/2020	7	210.1	75.0
2	ADOQUIN PATRON	-	-	25/06/2020	2/07/2020	7	215.8	77.1
3	ADOQUIN PATRON	-	-	25/06/2020	2/07/2020	7	204.5	73.0
4	ADOQUIN PATRON	-	-	25/06/2020	9/07/2020	14	237.6	84.9
5	ADOQUIN PATRON	-	-	25/06/2020	9/07/2020	14	242.4	86.6
6	ADOQUIN PATRON	-	-	25/06/2020	9/07/2020	14	249.2	89.0
7	ADOQUIN PATRON	-	-	25/06/2020	23/07/2020	28	284.2	101.5
8	ADOQUIN PATRON	-	-	25/06/2020	23/07/2020	28	279.5	99.8
9	ADOQUIN PATRON	-	-	25/06/2020	23/07/2020	28	290.1	103.6

**ESPECIFICACIONES :**

**OBSERVACIONES :** Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.

Ing. Jose Ernesto Sotelo Morales  
 CIP: 70751  
 JEFE

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION ADOQUINES

**SOLICITA:** Bach.SILVA ASENCIOS, Gregorio Julian

**TESIS:** "Efectos de la Sustitucion de Agregado Fino por Agregado Reciclado de Demolicion en la Elaboracion de Adoquines - Huaraz, 2020"

**FECHA:** 30/07/2020

**F' C:** 280 kg/cm<sup>2</sup>

Nº	TESTIGO	PROGRESIVA	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F' C
	ELEMENTO	KM.	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/cm <sup>2</sup>	(%)
1	ADOQUIN 5% SUSTITUCION	-	-	25/06/2020	2/07/2020	7	199.9	71.4
2	ADOQUIN 5% SUSTITUCION	-	-	25/06/2020	2/07/2020	7	189.6	67.7
3	ADOQUIN 5% SUSTITUCION	-	-	25/06/2020	2/07/2020	7	191.2	68.3
4	ADOQUIN 5% SUSTITUCION	-	-	25/06/2020	9/07/2020	14	229.3	81.9
5	ADOQUIN 5% SUSTITUCION	-	-	25/06/2020	9/07/2020	14	234.1	83.6
6	ADOQUIN 5% SUSTITUCION			25/06/2020	9/07/2020	14	223.6	79.9
7	ADOQUIN 5% SUSTITUCION			25/06/2020	23/07/2020	28	253.7	90.6
8	ADOQUIN 5% SUSTITUCION			25/06/2020	23/07/2020	28	267.9	95.7
9	ADOQUIN 5% SUSTITUCION			25/06/2020	23/07/2020	28	263.7	94.2

**ESPECIFICACIONES:**

**OBSERVACIONES:** Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO DE HUACAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LAB. DE MECANICA DE SUELOS  
Y FUNDOS DE MATERIALES

*Jesús Ernesto Botelo Montes*  
Ing. Jesús Ernesto Botelo Montes  
CIP: 70751  
JEFE

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION ADOQUINES

SOLICITA : Bach.SILVA ASENCIOS, Gregorio Julian

TESIS : "Efectos de la Sustitucion de Agregado Fino por Agregado Reciclado de Demolicion en la Elaboracion de Adoquines - Huaraz. 2020"

FECHA: 30/07/2020

F' C : 280 kg/cm2

Nº	TESTIGO	PROGRESIVA	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F' C
	ELEMENTO	KM.	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/cm2	(%)
1	ADOQUIN 15% SUSTITUCION	-	-	25/06/2020	2/07/2020	7	192.4	68.7
2	ADOQUIN 15% SUSTITUCION	-	-	25/06/2020	2/07/2020	7	200.9	71.7
3	ADOQUIN 15% SUSTITUCION	-	-	25/06/2020	2/07/2020	7	206.6	73.8
4	ADOQUIN 15% SUSTITUCION	-	-	25/06/2020	9/07/2020	14	236.2	84.4
5	ADOQUIN 15% SUSTITUCION	-	-	25/06/2020	9/07/2020	14	214.3	76.5
6	ADOQUIN 15% SUSTITUCION	-	-	25/06/2020	9/07/2020	14	225.8	80.6
7	ADOQUIN 15% SUSTITUCION	-	-	25/06/2020	23/07/2020	28	248.1	88.6
8	ADOQUIN 15% SUSTITUCION	-	-	25/06/2020	23/07/2020	28	265.6	94.9
9	ADOQUIN 15% SUSTITUCION	-	-	25/06/2020	23/07/2020	28	252.2	90.1

ESPECIFICACIONES :

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.



  
**Ing. Jesús Ernesto Sotelo Montes**  
 CIP: 70751  
 JEFE

#### Anexo 4. Matriz para las resistencias de los adoquines patrón y experimental

Tabla 12. Resistencias de los adoquines patrón y experimentales

Tiempo de curado (Días) (*)	Sustitución de agregado fino por agregado reciclado de demolición (%) (**)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
1	1	210,1
1	1	215,8
1	1	204,5
1	2	199,9
1	2	189,6
1	2	191,2
1	3	192,4
1	3	200,9
1	3	206,6
2	1	237,6
2	1	242,4
2	1	249,2
2	2	229,3
2	2	234,1
2	2	223,6
2	3	236,2
2	3	214,3
2	3	225,8
3	1	248,2
3	1	279,5
3	1	290,1
3	2	253,7
3	2	267,9
3	2	263,7
3	3	248,1
3	3	265,6
3	3	252,2

(\*) Para el tiempo de curado. 1 es 7 días, 2 es 14 días y 3 es 28 días.

(\*\*) Para la sustitución de agregado fino por agregado reciclado de demolición. 1 es 0%, 2 es 5% y 3 es 15%.

Fuente: Elaboración propia, basado en la tabla 5.

Anexo 5. Análisis estadístico para la resistencia a la compresión del adoquín.

Tabla 13. Factores inter – sujetos

		Etiqueta de valor	N
Edad	1,00	7 Días	9
	2,00	14 Días	9
	3,00	28 Días	9
Sustitución de agregado fino por agregado reciclado de demolición	1,00	0%	9
	2,00	5%	9
	3,00	15%	9

Fuente: Elaboración propia, basado en las unidades de análisis

Tabla 14. Estadísticos descriptivos para la resistencia del adoquín patrón y experimental

Edad	Sustitución de agregado fino por agregado reciclado de demolición	Media	Desviación	N
7 Días	0%	210,1333	5,65007	3
	5%	193,5667	5,54286	3
	15%	199,9667	7,14586	3
	Total	201,2222	8,98746	9
14 Días	0%	243,0667	5,82866	3
	5%	229,0000	5,25642	3
	15%	225,4333	10,95460	3
	Total	232,5000	10,51630	9
28 Días	0%	272,6000	21,78555	3
	5%	261,7667	7,29475	3
	15%	255,3000	9,15260	3
	Total	263,2222	14,49852	9
Total	0%	241,9333	29,45318	9
	5%	228,1111	30,00739	9
	15%	226,9000	25,27850	9
	Total	232,3148	28,08713	27

Fuente: SPSS v. 25

Tabla 15. Medias marginales estimados para la edad

Edad	Media	Desv. Error	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
7 Días	201,222	3,346	194,192	208,252
14 Días	232,500	3,346	225,470	239,530
28 Días	263,222	3,346	256,192	270,252

Fuente: SPSS v. 25

Tabla 16. Comparaciones múltiples para la sustitución de agregado fino por agregado reciclado de demolición

	(I) Sustitución de agregado fino por agregado reciclado de demolición	(J) Sustitución de agregado fino por agregado reciclado de demolición	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	0%	5%	13,8222*	4,73211	,024	1,7451	25,8993
		15%	15,0333*	4,73211	,014	2,9562	27,1104
	5%	0%	-13,8222*	4,73211	,024	-25,8993	-1,7451
		15%	1,2111	4,73211	,965	-10,8660	13,2882
	15%	0%	-15,0333*	4,73211	,014	-27,1104	-2,9562
		5%	-1,2111	4,73211	,965	-13,2882	10,8660
Bonferroni	0%	5%	13,8222*	4,73211	,027	1,3335	26,3109
		15%	15,0333*	4,73211	,016	2,5446	27,5220
	5%	0%	-13,8222*	4,73211	,027	-26,3109	-1,3335
		15%	1,2111	4,73211	1,000	-11,2776	13,6998
	15%	0%	-15,0333*	4,73211	,016	-27,5220	-2,5446
		5%	-1,2111	4,73211	1,000	-13,6998	11,2776

Se basa en las medias observadas. El término de error es la media cuadrática (Error) = 100,768.

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

Fuente: SPSS v.25.

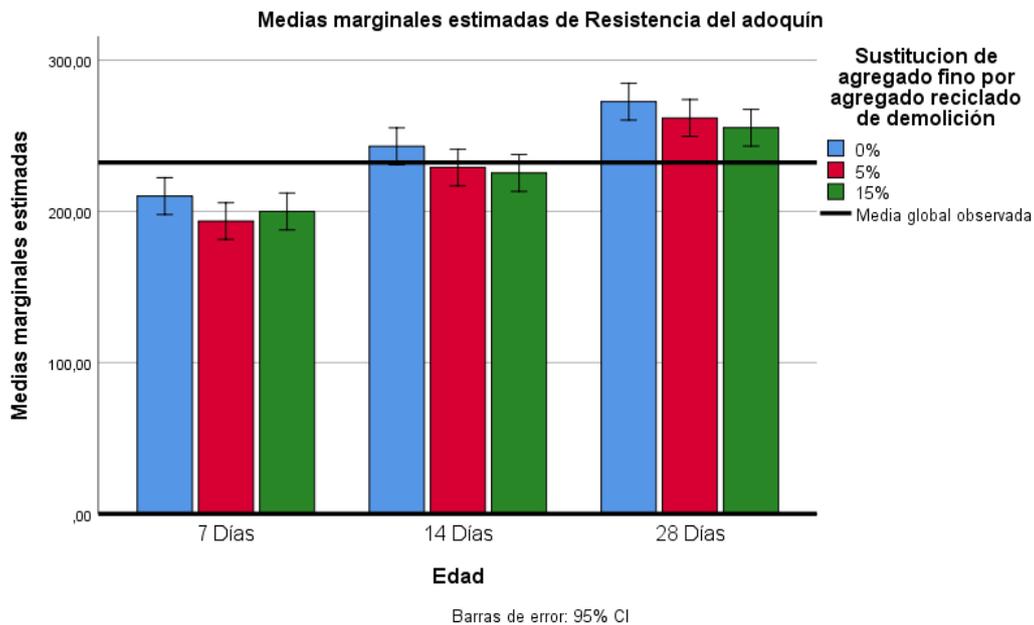


Figura 3. Medias marginales estimados de resistencia a la compresión del adoquín patrón y experimental

Anexo 6. Proceso de recolección y tratamiento de los agregados reciclados de demolición



Figura 4. Ubicación de los residuos de demolición en el Jr. Comercio, Huaraz.



Figura 5. Demolición de una edificación, Huaraz.



Figura 6. Recojo de residuos de construcción y demolición para usarlo como agregado



Figura 7. Proceso de selección, eliminación de agentes externos (Papel, plástico, hule, etc).



Figura 8. Proceso de trituración manual de los residuos de construcción y demolición



Figura 9. Trituración del residuo reciclado de demolición y construcción para convertirlo en agregado fino

Anexo 7. Proceso de recolección y tratamiento de los agregados de la cantera Tacllan.



Figura 10. Agregado natural de la cantera Tacllan



Figura 11. Agregado natural de la cantera Tacllan, para el laboratorio



Figura 12. Tamizado del agregado natural de la cantera Tacllan, en el laboratorio



Figura 13. Peso específico del agregado natural de la cantera Tacllan, en el laboratorio



Figura 14. Secado en el horno del agregado natural de la cantera Tacllan, en el laboratorio



Figura 15. Tamiz para la malla 3/8" hasta la N°200 para el tamizado de los agregados



Figura 16. Peso unitario suelto de los agregados



Figura 17. Peso unitario suelto de los agregados



Figura 18. Peso unitario compactado del agregado fino en el laboratorio



Figura 19. Peso unitario compactado del agregado grueso en el laboratorio



Figura 20. Peso unitario compactado del agregado reciclado de demolición y construcción



Figura 21. Humedad de los agregados naturales



Figura 22. Humedad del agregado de construcción y demolición



Figura 23. Tratamiento de los agregados naturales



Figura 24. Secado de los agregados naturales



Figura 25. Cuarteo para el agregado reciclado de construcción y demolición



Figura 26. Selección de una parte del agregado reciclado de construcción y demolición para la granulometría



Figura 27. Pesado del agregado reciclado de construcción y demolición para la granulometría



Figura 28. Tamices de las mallas estándares para hacer el tamizado de agregado reciclado



Figura 29. Pesado de lo cantidad que pasa por los tamices de las mallas estándares



Figura 30. Cono de agregado fino de humedad a tres tiempos de los 24 golpes



Figura 31. Cantidad de agregado que se puede contener la humedad a tres tiempos de los 24 golpes



Figura 32. Filtrado del agregado en una fiola



Figura 33. Proceso completo del filtrado del agregado en una fiola



Figura 34. Absorción y saturado del agregado fino natural en una fiola



Figura 35. Pesado del agregado fino natural en una fiola



Figura 36. Horno para la prueba de humedad del agregado reciclado de demolición

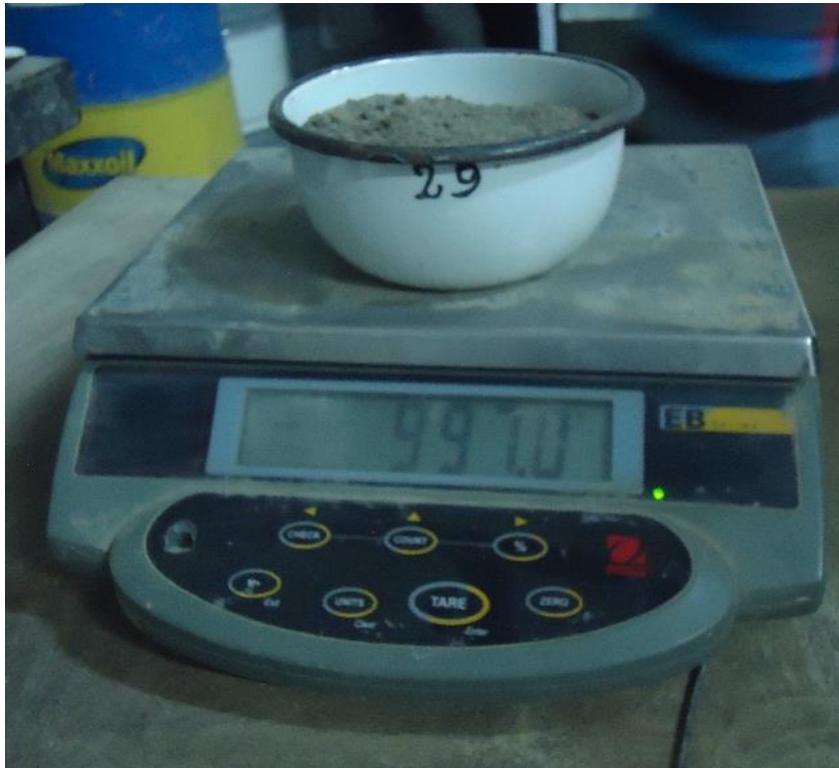


Figura 37. Pesado para la prueba de humedad del agregado reciclado de demolición

Anexo 8. Proceso de elaboración de adoquín patrón y experimental



Figura 38. Preparación de los materiales para la mezcla del concreto para el adoquín



Figura 39. Preparado de la mezcla para elaboración de adoquines



Figura 40. Mezclado de cemento y agua para elaboración de adoquines



Figura 41. Molde para agregar la mezcla de cemento y agua para elaboración de adoquines



Figura 42. Adoquines de concreto patrón y experimental en estado fresco



Figura 43. Adoquines de concreto patrón y experimental en estado fresco



Figura 44. Adoquines de concreto patrón y experimental después del curado

Anexo 9. Prueba de rotura para la resistencia de los adoquines patrón y experimental a las edades 7 días, 14 días y 28 días.



Figura 45. Equipo para la prueba de rotura de la resistencia del adoquín patrón



Figura 46. Equipo para la prueba de rotura de la resistencia del adoquín experimental 5%



Figura 47. Equipo para la prueba de rotura de la resistencia del adoquín experimental 15%

## Anexo 10. Conceptuación y operacionalización de las variables

Tabla 17. Conceptuación y operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores
Agregado reciclado de demolición (X)	Según NTP 400.053:1999 (2019), afirmo que el agregado de concreto es el material secundario de construcción proveniente del tratamiento del concreto y mortero de demolición hasta llevarlo a partículas de tamaño similar al de los agregados	Este proceso, se realiza a través de etapas	Propiedades físicas	Granulometría
		secuenciales en las cuales se sustituirá agregado fino porcentajes de 5% y 15% por agregado reciclado de demolición con el objetivo de aumentar la resistencia de un ladrillo de concreto.		Humedad
Resistencia a la compresión $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ de un concreto para elaborar adoquín (Y)	Según NTP 339.006 (2006), es la encargada de los elementos de hormigón (concreto) usados en albañilería, ladrillos y bloques, su muestreo y recepción, además según la NTP 339.007 especifica todos los ensayos que se debe realizar a un ladrillo de concreto o adoquín. Estas normas establecen que la resistencia a la compresión Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento.	Se realizara la medición de la resistencia a la compresión $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ de un concreto, para la elaboración de adoquines esto se realizara a los 7 días, 14 días y 28 días de vida de la probeta experimental y patrón.	Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión

Fuente: Elaboración propia, basado en el método del proyecto