UNIVERSIDAD CATOLICA DE TRUJILLO
BENEDICTO XVI

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

INFLUENCIA DEL REEMPLAZO DE AGREGADO GRUESO POR CONCRETO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO ENDURECIDO f'c 175 kg/cm^2

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL

AUTORES:
Br. Alva Reyes Luis Alberto
Br. Asmat Ruíz Karen Lizeth

ASESOR:
Mg. Ing. Germán Sagástegui Vásquez

TRUJILLO-PERU
-2019-

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Mons. Dr. Héctor Miguel Cabrejos Vidarte, OFM

Arzobispo Metropolitano de Trujillo

Gran Canciller y Fundador de la Universidad Católica de Trujillo

RP. Dr. John Joseph Lydon Mc Hugh, OSA

Rector y Vice Gran Canciller

Dra. Sandra Olano Bracamonte

Vicerrectora Académica

Pbro. Ricardo Angulo Bazauri

Sub Gerente General

Ing. Marco Antonio Dávila Cabrejos

Gerente de Administración y Finanzas

Mg. José Andrés Cruzado Albarrán

Secretario General

Mg. Fernando Arístides Saldaña Milla

Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

DEDICATORIA

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre.

A quién le debo todo lo que soy, quien desde el primer día de mi vida veló por mi bienestar y a quien le dedico mi día a día

A mis tíos Hugo, Lutgarda y Francisco.

Quienes son parte de formación, y quienes son mi ejemplo a seguir

A mis abuelos Joaquín y Carmela, mi tía Marina y mi hermana Taty.

Quienes ya no están físicamente con nosotros, pero siempre tendrán un lugar en mi corazón y mis pensamientos, y quienes se que desde donde están se sienten orgullosos de mis logros

Luis Alberto Alva Reyes

Autor

DEDICATORIA

A Dios Padre.
Por infinito amor y bondad, por darme la oportunidad de concluir una más de mis metas.

A mis padres y hermana.
Por creer en mí y brindarme su amor incondicional, que me motiva a seguir superando los retos y lograr mis sueños.

A mi tía Carmen y mi mami Paulina.
Por su apoyo absoluto durante todos los años de mi vida. Uds. son uno de mis pilares más fuertes, las quiero muchísimo!

A la memoria de mi papi Zoilo y mi tío Ángel.
Voy a quererlos el resto de mi vida!

Karen Lizeth Asmat Ruíz

Autora

AGRADECIMIENTO

A Dios por habernos acompañado y guiado a lo largo de nuestra carrera.

A nuestras familias por siempre habernos dado su fuerza y apoyo incondicional que para culminar la carrera

A nuestros docentes, quienes con sus enseñanzas y valores inculcados apoyaron en nuestra formación.

Los Autores

DECLARATORIA LEGITIMIDAD DE AUTORÍA

Nosotros, Karen Lizeth Asmat Ruiz con DNI 46570032, y Luis Alberto Alva Reyes con DNI 42013371, bachilleres en Ingeniería, carrera Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI, damos fe que hemos seguido rigurosamente los procedimientos académicos y administrativos emanados por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la citada universidad para la elaboración y sustentación de la tesis titulada: "INFLUENCIA DEL REEMPLAZO DE AGREGADO GRUESO POR CONCRETO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO ENDURECIDO f'c 175 kg/cm^2".

Dejamos constancia de la originalidad y autenticidad de la mencionada investigación y declaramos bajo juramento en razón a los requerimientos éticos, que el contenido de dicho documento corresponde a nuestra autoría respecto a redacción, organización, metodología y diagramación. Asimismo, garantizamos que los fundamentos teóricos están respaldados por el referencial bibliográfico, asumiendo un mínimo porcentaje de omisión involuntaria respecto al tratamiento de cita de autores, lo cual es de nuestra entera responsabilidad.

Los Autores.

Luis Alberto Alva Reyes
DNI 42013371

Karen Lizeth Asmat Ruíz
DNI 46570032

ÍNDICE DE CONTENIDO

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS 2
DEDICATORIA 3
DEDICATORIA 4
AGRADECIMIENTO 5
DECLARATORIA LEGITIMIDAD DE AUTORÍA 6
RESUMEN 10
ABSTRACT 11
CAPÍTULO I 12
PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN 12
1.1. Planteamiento del problema 12
1.2. Formulación del problema 13
1.3.1. Objetivo General 13
1.3.2. Objetivos Específicos 13
1.4. Justificación 14
CAPÍTULO II 15
MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL 15
2.1. Antecedentes del problema 15
2.2. Marco teórico 18
2.2.1 Cemento 18
2.2.2. Agregados 20
2.2.3. Agua 21
2.2.4. Concreto 21
2.2.5. Concreto reciclado 22
2.2.6. Agregado de concreto reciclado 27
2.2.7. Propiedades del concreto 28

2.3. Formulación de hipótesis 30
2.4. Variables 31
CAPÍTULO III 32
MÉTODODOLOGIA 32
3.1. Diseño de investigación 32
3.2. Población y muestra 32
3.2.1. Población 32
3.2.2. Muestra 32
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 32
3.4. Métodos y técnicas de recolección de datos 33
3.5. Procesamiento de datos 34
3.6. Validación de hipótesis 34
CAPÍTULO IV 35
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 35
4.1. Caracterización física del agregado fino, grueso y reciclado 35
4.2. Diseño de mezcla en base a la proporción usada para un concreto f'c 175 Kg/cm^2 36
4.3. Porcentaje de agregado grueso reciclado ideal para mejorar las propiedades del concreto 37
4.4. Influencia del reemplazo de agregado grueso por concreto reciclado sobre las propiedades de un concreto endurecido f'c 175 Kg/cm^2 39
CAPITULO V 43
CONCLUCIONES 43
CAPITULO VI 44
RECOMENDACIONES 44
CAPITULO VII 45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 45
ANEXOS 47

ÍNDIDE DE TABLAS

Tabla N°01: Requisitos físicos del cemento tipo I 19
Tabla N°02: Requisitos químicos del cemento tipo I 20
Tabla N°03: Características del cemento Portland tipo I 20
Tabla N°04: Operacionalización de variables 31
Tabla N°05: Propiedades físicas de los agregados 35
Tabla N°06: Diseño de mezcla para un concreto f'c 175 kg/cm^2 36
Tabla N°07: Resultados obtenidos a los 28 días de curado 37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°01: Estadísticas de porcentaje de agregados reciclados 28
Fig. N°02: Resistencia a la compresión en función de la relación agua - cemento 30
Fig. N°03: Propiedades del concreto endurecido 38
Fig. N°04: Resistencia a la compresión del concreto 39
Fig. N°05: Absorción del concreto endurecido 40
Fig. N°06: Densidad del concreto endurecido 41

RESUMEN

El propósito de la presente investigación fue el elaborar un concreto en donde se reemplace la total o mayor parte posible de agregado grueso por trozos de concreto reciclado proveniente de desmontes dispersos por toda la ciudad

Inicialmente se planteó como objetivo el poder determinar la influencia del reemplazo de agregado grueso por concreto reciclado sobre las propiedades de un concreto endurecido f'c 175 kg/cm^2, para poder lograr cumplir con este objetivo se tuvo que preparar el agregado reciclado triturando desmonte y tamizándolo hasta obtener un tamaño nominal de ½", se prepararon probetas de 4x8" con diversos porcentajes de concreto reciclado (0, 25, 50, 75 y 100%) y midiendo 3 propiedades: resistencia a la compresión, densidad y absorción a los 28 días de curado, para poder elaborar las probetas se utilizó la proporción empírica 1:2:3

Luego de realizar los ensayos respectivos y obtener los resultados, se procesaron y evaluaron, concluyendo que si es posible el uso de agregado reciclado para la elaboración de concreto con resistencia 175 kg/cm^2 ya que las propiedades no presentaron una gran variación con respecto al grupo control, siendo la mezcla 50% agregado natural - 50% agregado reciclado la que mejores propiedades obtuvo con respecto a las demás mezclas con agregado reciclado.

Palabras clave: concreto, reciclado, agregado grueso

ABSTRACT

The purpose of this research was to develop a concrete wherein the total or as much of coarse aggregate is replaced by recycled concrete pieces from clearings scattered throughout the city

Initially it raised as objective to determine the influence of coarse aggregate replacement by recycled concrete on the properties of hardened concrete f'c 175 kg/cm^2, to achieve meet this goal had to prepare the recycled aggregate crushing and sieving stripping until a nominal size of ½ "4x8 specimens were prepared" with various percentages of recycled concrete (0, 25, 50, 75 and 100%) and measuring three properties: compressive strength, density and absorption at 28 days of curing, to prepare specimens empirical ratio 1 was used: 2: 3

After performing the respective tests and get the results, processed and evaluated, concluding that if possible the use of recycled aggregate for making concrete with strength 175 kg/cm^2 because the properties did not show great variation with respect to the group control, being the mixture 50% added natural - 50% recycled aggregate which improved properties obtained with respect to other mixtures with recycled aggregate.

Keywords: concrete, recycled, coarse aggregate

CAPÍTULO I
PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

El material más usado en el sector de la construcción a nivel mundial es el concreto, en Europa llamado también hormigón, y esto es debido a la gran variedad de aplicaciones constructivas como son viviendas, colegios, hospitales, edificios e infinidad de obras que se realizan con este material ya que posee excelentes propiedades como son su resistencia a la compresión, durabilidad, resistencia a climas extremos (con algunos aditivos de ayuda), etc.

Si bien como se mencionó con anterioridad, el concreto es el material más usado en el mundo de la construcción, pues tiene algunas desventajas, empezando por su proceso constructivo. La industria del cemento (materia prima principal para elaborar concreto) es una de las más contaminantes, desde el punto de partida que es la depredación de suelos, los cuales tardarán miles de años en volver a formarse, como en la emanación de ruido y polvos que generan sordera y enfermedades bronco-pulmonares e infecciones a la piel a las personas que habitan en las cercanías. La depredación de suelos no es sólo para la elaboración del cemento, sino también para los agregados, tanto fino como grueso, se destruyen suelos y en algunos casos montañas para su obtención.

Asimismo, las grandes cantidades de residuos que genera dicho material afectan directamente al medio ambiente ya que aún no se tiene un buen manejo sobre este. Se calcula que anualmente en el mundo se producen más de 1 billón de toneladas de residuos de demolición, en el caso de nuestro país se planteó una solución, las llamadas "escombreras", las cuales vienen a ser espacios destinados para la disposición final de residuos de la construcción, sin embargo estas aun duermen el sueño de los justos, debido a que la normativa simplemente es un paseo a la bandera, las empresas siguen tirando sus residuos en costados de carreteras, terrenos baldíos, etc., contaminando suelos, aguas y también paisajísticamente la zona donde son

desechados.

Una alternativa para manejar estos residuos adecuadamente seria la reutilización de estos dentro de las mismas construcciones, reemplazando parcialmente al agregado grueso por desmonte, es por ello que buscando reaprovechar estos residuos y deseando crear un material cuyas propiedades sean iguales o mayores a las de un concreto tradicional se propone usar agregado grueso proveniente de concreto reciclado (desmonte), de esta manera se busca disminuir el impacto ambiental debido a este tipo de residuos y a la vez crear un material que tenga excelentes propiedades físicas y mecánicas que nos ayudara en el sector de la construcción.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál **es** la influencia del reemplazo de agregado grueso por concreto reciclado sobre las propiedades de un concreto endurecido f'c 175 Kg/cm^2?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Determinar la influencia del reemplazo de agregado grueso por concreto reciclado sobre las propiedades de un concreto endurecido f'c 175 Kg/cm^2

1.3.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar físicamente al agregado fino, grueso y reciclado
- Determinar el diseño de mezcla en base a la proporción usada para un concreto f'c 175 Kg/cm^2
- Determinar el porcentaje de agregado grueso reciclado ideal para mejorar las propiedades del concreto

1.4. Justificación

En el Perú y en el mundo el concreto se presenta como el material más utilizado para la construcción debido principalmente a sus múltiples ventajas y aplicaciones; sin embargo, también existen aspectos desfavorables, como las grandes cantidades de escombros procedentes de una nueva construcción, rehabilitación o demolición que finalmente no se sabe dónde almacenar. Es por ello que la presente investigación se justifica debido a que actualmente se busca construir obras que sean amigables con el medio ambiente por lo cual nosotros anhelamos reutilizar esta clase de residuos con la finalidad de contar con un nuevo material que nos permitirá confianza y satisfacción al utilizarlo.

Esta investigación cuenta con un orden social, ambiental y económico debido a que al tener nuevos materiales se logra mejorar la calidad y seguridad de obras en la construcción, es ambiental ya que se utilizara agregado reciclado, material de desecho que encontramos de manera abundante y que podemos reutilizar para la conservación de nuestro medio ambiente, y por último es económico, ya que se hará uso de materiales reciclados obteniendo así grandes ahorros en la utilización de materias primas.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1. Antecedentes del problema

Ryu (2002) En su investigación titulada "An experimental study on the effect of recycled aggregate on concrete properties" evaluó el efecto del concreto reciclado en su adhesión interfacial, permeabilidad y resistenciaa del concreto evaluado para de esta forma examinar la relación entre el agregado reciclado y la performance del concreto endurecido. Evaluaron cinco tipos de concreto reciclado y cuatro niveles de relación agua/cemento. El efecto del concreto reciclado en la adhesión interfacial fue evaluado usando el ensayo de dureza Vickers, a su vez usaron ensayo de tensión y compresión obteniendo como resultados que el agregado reciclado tiene un efecto significativo sobre las propiedades del concreto

Kenai, Debieb y Azzouz (2002) Realizaron una investigación donde usaron agregado reciclado de concreto proveniente de desmonte con lo que pensaban contribuir a la solución de la disposición final de estos, conservación de los recursos naturales y reducir el costo en la construcción. Reportaron el rendimiento de diferentes reemplazos de arena, o agregado grueso o ambos en orden del 25, 50, 75 y 100% y se realizaron ensayos de compresión y flexión los cuales se compararon con concreto con agregados naturales a los 90 días de curado. También se compararon las propiedades de los agregados como son absorción, permeabilidad y variación dimensional. Los resultados indicaron que es posible producir un concreto de buena calidad usando agregados reciclados, aunque la cantidad de concreto reciclado debe ser reciclada, es decir, no usar el 100% de estos

Rodríguez-Robles, García-González, Juan-Valdés, Morán-del Pozo y Guerra-Romero (2015) Plantearon el uso de los desechos de la demolición en el proceso de elaboración de concreto para de esta manera introducir el concepto de sustentabilidad en la industria de la construcción. Elaboraron concreto de acuerdo al código estructural

(EHE-08) pero en uno de ellos el agregado grueso natural fue reemplazo en un 50% por agregado reciclado y evaluaron sus propiedades mecánicas (compresión, tracción, flexión, curvas esfuerzo-deformación y módulo de elasticidad), el diseño de mezcla fue elaborado para obtener una resistencia de 25 MPa obteniendo como resultados que una mezcla de agregado grueso reciclado y natural es factible, pero experimenta un pequeño descenso en las características mecánicas

Kumar, Gurram y Minocha (2017) Tuvieron como objetivo el sustituir la arena natural por agregado fino reciclado en el concreto y evaluar su resistencia a la compresión, tensión y comportamiento microestrucrtural, para esto reemplazaron volúmenes de 0, 25, 59, 75 y 100% de arena, en el caso del 100% de reemplazo las propiedades mecánicas presentaron un descenso elevado de estas,

Vanegas y Robles (2008) Nos dicen que en Colombia se generan toneladas de escombros provenientes de construcción y demoliciones, los cuales son desechados en escombreras y rellenos sanitarios creando así contaminación en el suelo y otros. Ellos usaron probetas de concreto desechadas de un laboratorio, estos fueron triturados para obtener agregado grueso que sustituyó al agregado natural en la mezcla, para esto hicieron mezclas con los siguientes porcentajes: 0% de agregado reciclado, 50-50 entre agregado reciclado y agregado natural y 100% de agregado reciclado. Hicieron probetas cilíndricas y vigas para ser sometidas a compresión, flexión y módulo de elasticidad y retracción, obteniendo que a medida que aumenta el contenido de agregado reciclado, disminuye la manejabilidad de la mezcla, debiendo usar un aditivo plastificante, a la vez que las mezclas con agregado reciclado obtuvieron una leve disminución a la resistencia con respecto al grupo testigo, en el caso de la flexión se obtuvo que la mezcla con mayor porcentaje de agregado reciclado tuvo mayor resistencia con respecto a las vigas testigo

Jordan y Viera (2014) Nos dicen que luego de establecer las características de los agregados reciclados, estudiaron la dosificación idónea de cuatro concretos reciclados (0%, 25%, 50% y 100% de agregado reciclado) con resistencia a la compresión de 210 kg/cm^2 y 175 kg/cm^2 usando arena natural de la cantera La Cumbre y agregado grueso

natural de la cantera Huambacho, elaborando un total de 72 probetas para f'c 210 kg/cm^2 y 36 probetas para f'c 175 kg/cm^2, finalmente se pudo concluir que la variación de la resistencia a la compresión del concreto estará en función a los distintos porcentajes utilizados de agregado de concreto resultado, siendo la proporción 50-50 la que obtuvo resultados idóneos para su utilización.

Rodríguez (2018) Trabajó con tres porcentajes de reemplazo de agregados con concreto reciclado, usando agregado de la cantera Roca Fuerte y cemento portland tipo MS. Evaluó las propiedades físicas y mecánicas de los agregados tanto naturales como reciclados. Se realizó el diseño para un f'c 175 kg/cm2 y curando las probetas en 7, 14 y 28 días, si bien los valores alcanzados con el 100% de agregado reciclado fueron los más altos en los 3 periodos de tiempo, sin embargo no cumplieron con alcanzar la resistencia de las probetas patrón, siendo que a los 7 días tiene un 40.94% menos de resistencia, a las 14 días hasta un 33.09% y a los 28 días hasta un 26.23% con respecto a la patrón, de esta manera no se logra cumplir la hipótesis ya que la resistencia disminuye conforme al aumentar el porcentaje de concreto reciclado utilizado.

Asencio (2014) Nos dice que, en Cajamarca existen gran cantidad de residuos de concreto arrojados como escombros, los mismos que generan gran impacto ambiental negativo que necesita una pronta solución, con estos residuos de concreto se puede obtener agregado reciclado, pudiendo estos sustituir a los agregados de origen aluvial, ya que se presume que los agregados de origen aluvial se están agotando debido a la gran demanda de la construcción. En su trabajo presentó el efecto de los agregados de concreto reciclado en la resistencia a la compresión sobre un concreto de f'c = 210 Kg/cm^2, obtenidos a partir de la elaboración de especímenes estándar según norma NTP 339.183.2013 con agregados de concreto reciclado y agregados naturales para un f'c = 210 Kg/cm^2 de diseño a los 28 días de edad. Los resultados experimentales mostraron que la resistencia a la compresión del concreto de f'c = 210 Kg/cm^2 elaborado con agregados de concreto reciclado es 15.49% menor que el concreto de f'c = 210 Kg/cm^2 elaborado con agregados naturales.

Tafur (2015) En este caso se usó un concreto reciclado proveniente de un pavimento rígido de la ciudad de Cajamarca. Se elaboraron probetas con el agregado grueso del concreto reciclado y sus propiedades mecánicas se compararon con las de un concreto elaborado con agregados naturales, teniendo como objetivo principal el analizar y comparar las propiedades físicas y mecánicas del concreto diseñado con agregados naturales y el elaborado con agregado grueso reciclado en la provincia de Cajamarca. Los especímenes de ensayo tuvieron la misma forma de elaboración, curado y ensayo. El diseño de mezcla se hizo usando el método del Módulo de Finura de la combinación de agregados, con sus respectivos ajustes, buscando una resistencia de f'c = 210 Kg/cm^2. Al finalizar el trabajo se obtuvo como resultado una diferencia de resistencia de 4.15% entre ambos diseños; el diseño elaborado con agregado grueso reciclado tuvo una resistencia de 228.36 Kg/cm^2, mientras que el de concreto convencional es de 218.65 Kg/cm^2

2.2. Marco teórico

2.2.1 Cemento

Se denomina "cemento" a cualquier sustancia que tiene la capacidad de adherir fragmentos o masas de materiales y conformarlos en un todo. (Hewlett, 2004)

El cemento se encuentra formado por una mezcla de arcilla y caliza, calcinadas y molidas. Este conglomerante tiende a endurecerse al contacto con el agua. (Cardozo, 2014)

La palabra cemento se emplea para designar a toda sustancia que posea condiciones de pegante cualquiera sea su origen

El cemento Portland se define, como el producto obtenido al pulverizar el clinker con adición de yeso. El Clinker resulta de la calcinación hasta una fusión incipiente de una mezcla debidamente dosificada de materiales síliceos, calcáreos y férricos

CEMENTOS PORTLAND

REQUISITOS FÍSICOS

REQUISITOS FÍSICOS NORMA ASTM NORMA TÉCNICA PERUANA	Tipo I ASTM C 150 NTP 334.009	Tipo II ASTM C 150 NTP 334.009	Tipo V ASTM C 150 NTP 334.009	Tipo MS ASTM C 1157 NTP 334.082	IP, I(PM), ICo ASTM C 595 NTP 334.090
Resistencia a compresión					
3 días, kg/cm², mín.	120	100	80	100	130
7 días, kg/cm², mín.	190	170	150	170	200
28 días, kg/cm², mín.	280*	280*	210	280*	250
Tiempo de fraguado, min.					
Inicial, mín.	45	45	45	45	45
Final, máx.	375	375	375	420	420
Expansión en autoclave, % máximo.	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Resistencia a los sulfatos, % máximo de expansión.	—	—	0,04* (14 días)	0,10 (6 meses)	0,10* (6 meses)
Calor de hidratación,					
7 días, máx. kJ/kg	—	290*	—	—	290*
28 días, máx. kJ/kg	—	—	—	—	330*

*Requisito opcional

Tabla N°01: Requisitos físicos del cemento tipo I. "Cemento y sus aplicaciones" (Vásquez, 2009)

CEMENTOS PORTLAND

REQUISITOS QUÍMICOS

REQUISITOS QUÍMICOS NORMA ASTM NORMA TÉCNICA PERUANA	Tipo I ASTM C 150 NTP 334.009	Tipo II ASTM C 150 NTP 334.009	Tipo V ASTM C 150 NTP 334.009	Tipo MS ASTM C 1157 NTP 334.082	Tipo IP, I(PM) ASTM C 595 NTP 334.090	Tipo ICo NTP 334.090
Óxido de magnesio (MgO), máx. %	6,0	6,0	6,0	—	6,0	6,0
Trióxido de azufre (SO_3), máx. %	3,5	3,0	2,3	—	4,0	4,0
Pérdida por ignición, máx. %	3,0	3,0	3,0	—	5,0	8,0
Residuo insoluble, máx. %	0,75	0,75	0,75	—	—	—
Aluminato tricalcico(C_3A), máx. %	—	8	5	—	—	—
Álcalis Equivalentes ($Na_2O + 0,658\ K_2O$), máx. %	0,6*	0,6*	0,6*	—	—	—

*Requisito opcional

Tabla N°02: Requisitos químicos del cemento tipo I. "Cemento y sus aplicaciones" (Vásquez, 2009)

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.5	Máximo 6.0
SO3	%	2.6	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	2.6	Máximo 3.0
Residuo Insoluble	%	0.60	Máximo 0.75

PROPIEDADES FISICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	4	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.21	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm2/g	3800	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.14	NO ESPECIFICA
Resistencia Compresión :			
Resistencia Compresión a 3días	MPa (kg/cm2)	24.5 (250)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (kg/cm2)	29.6 (302)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (kg/cm2)	35.0 (357)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)
Tiempo de Fraguado Vicat :			
Fraguado Inicial	min	119	Mínimo 45
Fraguado Final	min	268	Máximo 375

Tabla N°03: Características del cemento Portland tipo I (Cementos Pacasmayo). "Cemento y sus aplicaciones" (Vásquez, 2009)

2.2.2. Agregados

Los agregados o también llamados áridos, son elementos inertes y de forma granular, que pueden ser de origen natural o artificial.

Estos elementos se encuentran presentes en el concreto: aglomerados por una pasta cementicia, buscando formar una estructura resistente. Por lo tanto, la presencia de éstos y su calidad tiene gran importancia en el concreto, pues estos materiales ocupan aproximadamente el 75% del volumen total. (Pasquel, 1999)

Una forma de clasificar los agregados es de acuerdo a su tamaño:

Agregado Fino: Se denomina así al agregado que proviene de la disgregación de origen natural o artificial, cumple lo requerido en la norma NTP 400.037 y pasa por el tamiz normalizado 9.5mm (3/8")

Agregado Grueso: Se denomina así al agregado que proviene de la disgregación de origen natural o artificial, cumple lo requerido en la norma NTP 400.037 y es retenido por el tamiz normalizado 4.75mm (N°4)

2.2.3. Agua

Este elemento cumple la función de hidratar el cemento, además contribuye a la trabajabilidad de la mezcla al comportarse como lubricante.

La cantidad de este elemento usado en la mezcla es mayor que la necesaria para hidratar el cemento, regularmente se emplea para lograr la trabajabilidad. (Pasquel, 1999)

2.2.4. Concreto

Es un material formado por una mezcla cuidadosamente proporcionada de cemento portland, agregados, agua y, en algunos casos, aditivos. Inicialmente cuenta con una estructura plástica y moldeable que, al endurecerse, forma un sólido compacto y posteriormente puede soportar grandes esfuerzos de compresión. Además, en algunos países de habla hispana lo denominan también hormigón. (Carbajal, 1998)

Entre los materiales fundamentales que componen el concreto, se encuentra el cemento, el cual puede ocupar entre 7% y 15% de volumen de la mezcla.

Éste posee propiedades tales como adherencia y cohesión, las mismas que pueden brindarle una buena resistencia a la compresión.

Otro de los elementos presentes en el concreto es el agua, cuya función es hidratar el cemento y, puede ocupar entre 14% a 18% de la mezcla.

Cabe mencionar también al agregado, cuyas características son determinantes en el comportamiento del concreto y que, puede llegar a ocupar desde 59% hasta 79% de la mezcla. (Sánchez de Guzmán, 2001)

El concreto es un material de construcción bastante resistente, que se trabaja en su forma líquida, por lo que puede adoptar casi cualquier forma. Este material está constituido, básicamente de agua, cemento y otros añadidos, a los que posteriormente se les agrega un cuarto ingrediente denominado aditivo. Aunque comúnmente se le llama cemento, no se les debe confundir, y en verdad aquellas mezclas que hacen los camiones tolva en las construcciones son en realidad concreto, es decir, cemento con aditivos para alterar sus propiedades. (Bustillo, 2005)

Cuando todos los elementos de la mezcla se han incluido, se realiza la denominada revoltura del cemento, proceso mediante el cual se introduce el quinto elemento, el

aire. Gracias a este procedimiento, el concreto se transforma en una masa que puede ser moldeada con facilidad, sin embargo, hay que procurar no tomarse mucho tiempo, ya que al cabo de unas horas, el concreto se endurece. Debido a esto, al correr el tiempo, este material va perdiendo su plasticidad, poniéndose cada vez más rígido hasta endurecerse por completo. (Bustillo, 2005)

Existe la posibilidad de realizar ciertas modificaciones a las formas líquida y sólida del concreto. Lo anterior es realizable a partir de la adición de determinados elementos en forma dosificada, y de este modo, poder controlar, por ejemplo, el tiempo de endurecimiento de este material, acortándolo o alargarlo, según sean los requerimientos del constructor. Además gracias a este mismo mecanismo es posible reducir las demandas de agua de la mezcla, incluir más aire, o bien, aumentar las posibilidades de su trabajabilidad. (Bustillo, 2005)

El concreto es un material de construcción muy popular que, gracias a la plasticidad de su forma líquida y la resistencia de su forma sólida, resulta ser el material ideal para el trabajo en exteriores. De este modo, el concreto se comporta como aquel material que nos permite vivir en casas firmes y llegar a ellas conduciendo por calles, autopistas y puentes. Se puede decir incluso, que es este el elemento que le brinda la solidez a nuestros hogares, calles y muchos lugares más en los que desarrollamos nuestras vidas (Bustillo, 2005)

2.2.5. Concreto reciclado

Es aquel concreto que ya ha sido anticipadamente usado en otra obra que fue demolida y que producto de dicha demolición genera escombros.

Este concreto se caracteriza por contar con agregados tanto gruesos como finos que posteriormente se pueden utilizar en otros proyectos de construcción. (Verónica Echeverry, 2013)

De acuerdo a la NTP 400.053, el concreto reciclado es aquel que se compone de agregados provenientes, en forma parcial o total, de granulados de concreto, gravas o arcillas producto de reciclaje.

El concreto presenta propiedades únicas y su recuperación suele ubicarse en medio de las definiciones estándar de reutilización y reciclaje. No es frecuente que el concreto pueda ser "reutilizado" en el sentido en que sea reutilizado en su forma original. Tampoco puede ser "reciclado" de regreso a sus componentes originales, En su lugar, el concreto puede ser fragmentado en bloques más pequeños o agregado para darle nueva vida. (WBCSD, 2009)

El reciclaje de concreto es una industria bien establecida en muchos países y la mayoría del concreto puede ser triturado y reutilizado como agregado. La tecnología existente para el reciclaje por medio de la trituración mecánica ya está disponible y es relativamente económica. Puede implementarse tanto en países desarrollados como en vía de desarrollo. Con más investigación y desarrollo el alcance de las aplicaciones de agregados reciclados puede ampliarse. Aun así, incluso con la tecnología existente, es posible lograr considerables incrementos en las tasas de recuperación en algunos países con mayor apoyo del público a los agregados reciclados y una reducción en las ideas equivocadas e ignorancia sobre sus posibles usos. (WBCSD, 2009)

Algunos beneficios clave del concreto reciclado incluyen:

- Reducción de desechos en vertederos de basura y degradación asociada de la tierra
- Sustitución de recursos vírgenes y reducción de los costos ambientales asociados a la explotación de recursos naturales
- Reducción de los costos de transporte: a menudo, el concreto puede ser reciclado en los sitios de construcción y demolición, o cerca a las áreas urbanas donde será reutilizado
- Reducción del pago de tarifas e impuestos asociados al vertimiento de desechos
- Buen desempeño en algunas aplicaciones debido a su buena compactación y propiedades de densidad (por ejemplo, como subbase vial)
- En algunos casos, generación de empleos en la industria del reciclaje de concreto que de otro modo no existirían en otros sectores.
- Reducción de desechos en vertederos de basura y degradación asociada de la tierra (WBCSD, 2009

Usos del concreto reciclado

- **Uso como agregado:** la mayoría del concreto reciclado se utiliza como agregado para subbases viables, normalmente en su forma granulada. La calidad del agregado producido depende de la calidad del material original y del grado de procesamiento y separación. La contaminación con otros materiales también afecta la calidad. Aunque los agregados más refinados pueden producir un producto de mayor valor, su producción también puede tener un mayor impacto sobre el medio ambiente. Una vez bien limpio, la calidad del concreto reciclado generalmente es comparable con aquella de los agregados vírgenes y sus posibilidades de uso son equiparables, aunque pueden existir algunas limitaciones respecto a su resistencia. El material con contenido de cartón y yeso puede estar más limitado en sus aplicaciones (WBCSD, 2009)

  Los agregados reciclados representan entre un 6% y un 8% del total de agregados utilizados en Europa, con diferencias significativas entre países. Los principales usuarios son el Reino Unido, Holanda, Bélgica, Suiza y Alemania. Se estima que en el año 2000 un 5% de los agregados utilizados en Estados Unidos fueron agregados reciclados (WBCSD, 2009)

  a) Como agregado grueso

  Las aplicaciones más comunes son base vial, pavimento y subbase. En Estados Unidos su uso y aceptación ha sido promovida por la Administración Federal de Autopistas (FHWA), la cual ha adoptado una política pro uso y emprendido investigaciones en esta área. Investigaciones finlandesas han encontrado que el concreto reciclado con características acordadas específicas de calidad y composición en las capas de base y subbase pueden permitir la reducción del grosor y de estas capas debido a las buenas propiedades de capacidad de soporte del material. Se ha encontrado que, cuando se utiliza como base y subbase, el material cementoso granulado en agregados reciclados presenta una cohesión superior a la de los agregados vírgenes finos. De manera que se mejora la fuerza brindando una muy buena base de construcción para nuevo pavimento. También se pueden utilizar en mezclas de asfaltos. Varios proyectos de ingeniería civil también pueden emplear agregados gruesos (WBCSD, 2009)

Una percepción equivocada muy común es que los agregados a partir de concreto reciclado no deberían ser utilizados en concreto estructural. Los lineamientos y regulaciones a menudo consideran las limitaciones físicas de los agregados a partir de concreto reciclado, pero idealmente deberían promover su uso. Un estudio realizado por la National Ready Mixed Concrete Association (NRMCA) en los Estados Unidos concluyó que los agregados de concreto reciclado son sustitutos aptos en reemplazo de materiales vírgenes hasta en un 10% para la mayoría de aplicaciones del concreto, incluso concreto estructural. Investigaciones en el Reino Unido indican que se puede utilizar hasta un 20% de agregados de concreto reciclado en la mayoría de aplicaciones (también concreto estructural). Los lineamientos del gobierno Austriaco indican que se puede utilizar hasta un 30% de agregados reciclados en concreto estructural sin que esto implique algún detrimento en su fuerza y maleabilidad en comparación con los agregados vírgenes. Los lineamientos en Alemania permiten que bajo ciertas circunstancias los agregados de concreto reciclado sean hasta el 45% del total de los agregados utilizados dependiendo del tipo de exposición del concreto. Como el concreto reciclado contiene cemento, cuando se reutiliza en concreto tiende a absorver más agua y ser menos fuerte que los agregados vírgenes. En algunos casos se necesita agregar más cemento (WBCSD, 2009)

Aún queda un significativo potencial para aumentar del uso de agregado grueso reciclado en concreto. En algunos países, especialmente Alemania, Suiza y Australia el concreto con agregados reciclados está siendo comercializado. Por ejemplo, el concreto "verde" Boral es concreto premezclado que utiliza agregados reciclados y ha sido empleado en una serie de proyectos de construcción en Australia, incluyendo el edificio verde líder a nivel mundial, Council House 2, con un bloque de oficinas de diez pisos en Melbourne. Un ejemplo notable en Alemania es el complejo Waldspirale conformado por 105 residencias y diseñado por Friedensreich Hundertwasser en Darmstadt. Terminada en el año 2000, la edificación hace uso de agregados reciclados en el concreto (WBCSD, 2009)

La escuela más grande de Zúrich en Birch ha liderado el camino en la utilización de agregados reciclados en Suiza. En España, Horcimex utilizó agregados reciclados en el concreto estructural de un proyecto de vivienda en Madrid (WBCSD, 2009)

Los agregados de concreto reciclado tienden a ser utilizados en concreto premezclado cuando se utilizan en concreto (WBCSD, 2009)

b) Como agregado fino

Los agregados finos pueden ser utilizados en lugar de arena natural. No obstante, el contenido de mortero puede afectar la plasticidad, fuerza y contracción debido a la alta absorción de agua, lo que podría incrementar el riesgo de asentamiento y fracturas por contracción durante el secado. Adicionalmente. Los agregados finos suelen contener yeso de residuos de construcción y demolición, y es más costoso tanto económica como ambientalmente, limpiar el material. Los agregados finos pueden ser un buen relleno para correcciones en la subrasante, ya que actúan como agente secante cuando se mezclas con la tierra en la subbase. Dado el impacto de la extracción de arena de ríos y mares, las fuentes alternativas son de creciente importancia y su uso puede aumentar como resultado de esto (WBCSD, 2009)

- **Reutilización en su forma original**

La reutilización de bloques, en su forma original o cortados en bloques más pequeños, acarrea un menor impacto ambiental pero el mercado existente es limitado. Mejores diseños de edificaciones que permitan la reutilización de losas y la transformación de la construcción sin necesidad de demoliciones podrían aumentar este uso en particular. Las losas huecas de concreto son fáciles de desmontar y sus medidas por lo general son estándar, por lo que son ideales para la reutilización. (WBCSD, 2009)

Algunos ejemplos de usos variados son:

- En la bahía de Chesapeake, en Estados Unidos, se ha descubierto que el concreto reciclado de construcciones y escombros de vías constituye un buen

material para arrecifes artificiales, útiles para los programas de restauración de ostras. Las superficies irregulares y porosas proporcionan buena protección a las pequeñas ostras de sus predadores. Los arrecifes artificiales de pesca sobre la costa este de los Estados Unidos también utilizan con frecuencia concreto de desecho (WBCSD, 2009)

- St Lawrence Cement (Holcim) trituró 450, 000 toneladas de escombros de concreto para su reutilización como base vil para nuevas plataformas en el aeropuerto de Toronto (WBCSD, 2009)
- En Tailandia se utiliza el concreto de desecho para hacer bloques para pavimentar, macetas y bancas de uso público
- El proyecto del aeropuerto Gardemoen en Oslo permitió la reutilización de más del 90% de los materiales recuperados del lugar de demolición (WBCSD, 2009)

2.2.6. Agregado de concreto reciclado

Es aquel agregado procedente del tratamiento de materiales inorgánicos usados en la construcción. (Norma Técnica Peruana 400.011, 2008). Asimismo, este tipo de agregado tiene una mayor absorción que el de un agregado tradicional, es por esta razón que para trabajar con este material se debe pre-humedecer para evitar que absorba agua durante o después del mezclado.

Los agregados reciclados representan entre un 6% y 8% del total de agregados utilizados en Europa, con diferencias significativas entre países. (Estadísticas de la UEPG, 2008)

Los principales usuarios son el Reino Unido, Holanda, Bélgica, Suiza y Alemania. Se estima que en el año 2000 un ~5% de los agregados utilizados en Estados Unidos fueron agregados reciclados. (USGS, 2000)

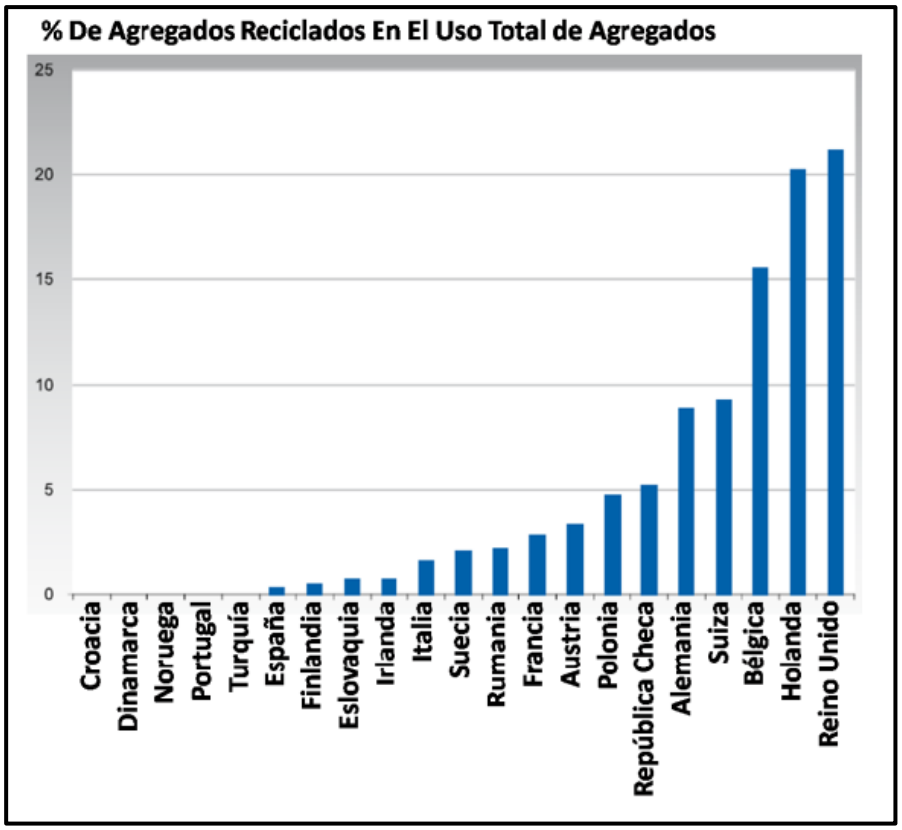

Figura N°01: Estadísticas de porcentaje de agregados reciclados. (Estadísticas de la UEPG, 2008)

2.2.7. Propiedades del concreto

Es importante recordar que, respecto al análisis de las propiedades del concreto, éstas se encuentran asociadas íntimamente con las proporciones de los elementos integrantes y sus características. Es decir, en las propiedades del concreto, la cantidad, calidad y densidad de la pasta cementicia y la relación agua – cemento, es determinante.

Densidad

Conocida también en la construcción como peso específico y se define como la relación que existe entre el peso y el volumen de una masa determinada. La densidad del concreto cambia dependiendo de la cantidad y la densidad del agregado, la

cantidad de aire atrapado, de cemento y de agua que se utilizara para realizar dicha mezcla. Por otro lado, al reducirse la cantidad de pasta se aumenta la densidad del concreto. (Notas de concretos, 2011)

Absorción

Es una de las propiedades más importantes en el concreto ya que influye de manera muy directa en la resistencia de este, la absorción es la retención o concentración en la superficie del concreto de sustancias disueltas o dispersas de un fluido. Todas las mezclas de concreto absorben cierto porcentaje de agua y son permeables a hasta cierto punto. (Ingeniera Civil, 2012)

Resistencia a la compresión

Es la característica principal del concreto y se define como la capacidad máxima que puede soportar un material baja una carga axial y se expresa generalmente en kg/cm2, MPa y Psi. Este ensayo se realiza mediante probetas cilíndricas de 4x8 pulgadas y se medirá dicha resistencia en el plazo de 28 días, edad ideal en la cual el concreto alcanza su máxima resistencia. (Osorio, 2013)

Las estructuras de concreto son diseñadas generalmente bajo la premisa que resistirán esfuerzos de compresión, por lo tanto, el criterio de calidad se basará en la resistencia a la compresión. (Sánchez de Guzmán, 1996)

Determinantes de la resistencia: La resistencia del concreto, bajo condiciones normales, se encuentra determinada por composición química y tipo de cemento, características del agregado, relación agua – cemento, fraguado, el curado, edad del concreto, condiciones del proceso de puesta en obra, etc. (Rivva, 2000)

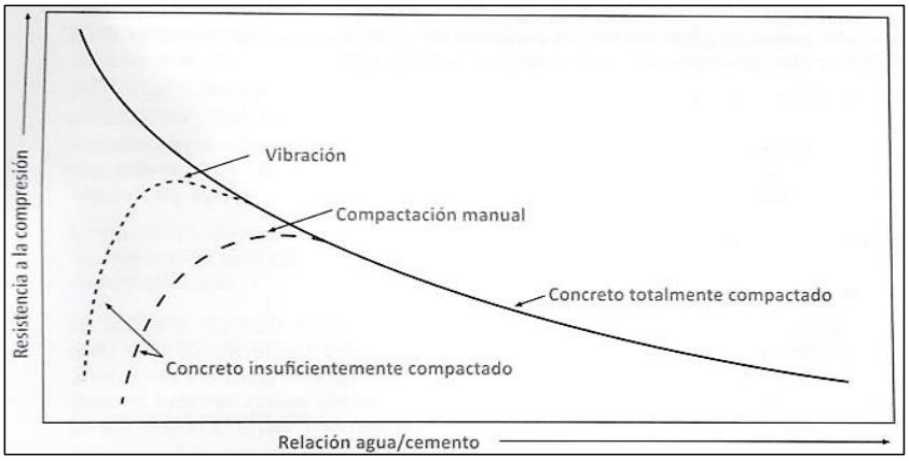

Fig. N°02: Resistencia a la compresión en función de la relación agua - cemento. Tecnología del concreto. Niño, Jairo, 2010.

Trabajabilidad

Es la característica del concreto que le permite ser colocado y compactado adecuadamente sin presentar segregación. A esta propiedad también se le conoce como "manejabilidad" y se encuentra influenciada por el contenido de agua en la mezcla y las características de los agregados.

La trabajabilidad del concreto depende también del tiempo, es decir, a mayor tiempo luego de realizado el mezclado, el concreto presentará menor trabajabilidad. (Niño, 2010)

2.3. Formulación de hipótesis

La influencia del reemplazo de agregado grueso por concreto reciclado mejorará significativamente las propiedades de un concreto endurecido f'c 175 Kg/cm^2

2.4. Variables

Variable independiente:

Reemplazo de agregado grueso por concreto reciclado

Variable dependiente:

Propiedades de un concreto endurecido f'c 175 kg/cm^2

Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable Independiente	Concreto de desecho que luego de ser molido se adicionará a un concreto nuevo reemplazando total o parcialmente al agregado grueso	Se triturará al concreto desechado (desmonte) y luego de esto se procederá a tamizar para obtener pedazos con tamaño nominal de ½", este será usado como agregado grueso, reemplazándolo en porcentajes de 25, 50, 75 y 100% en volumen, con esto se procederá a elaborar las probetas	Cantidad de concreto reciclado en forma de agregado grueso	Porcentaje de concreto reciclado
Reemplazo de agregado grueso por concreto reciclado				
Variable Dependiente	Propiedades que caracterizan al concreto para que estos puedan tener un excelente comportamiento estructural	Luego de elaborar las probetas, se procederá a medir las propiedades del concreto cumpliendo las NTP	Densidad	g/cm^3
Propiedades de un concreto endurecido f'c 175 kg/cm^2			Absorción	%w
			Resistencia a la compresión	Kg/cm^2

Tabla N°04: Operacionalización de variables (Elaboración propia, 2019)

CAPÍTULO III
MÉTODODOLOGIA

3.1. Diseño de investigación

La investigación realizada fue experimental ya que se manipuló intencionalmente en el laboratorio una de las variables para poder ver su influencia sobre la otra

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Estará conformada por el total de 25 probetas cilíndricas de concreto de 4x8 pulgadas, elaborándose 5 probetas por cada porcentaje a evaluar

3.2.2. Muestra

Estará constituida por las probetas de concreto conteniendo agregado reciclado de la siguiente manera:

- 0% de agregado reciclado (5 probetas)
- 25% de agregado reciclado (5 probetas)
- 50% de agregado reciclado (5 probetas)
- 75% de agregado reciclado (5 probetas)
- 100% de agregado reciclado (5 probetas)

Con esto se hace un total de 25 probetas, las cuales servirán para realizar todos los ensayos previstos

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica usada en esta investigación fue la observación directa, mediante esta técnica obtuvimos datos y los anotamos directamente de los equipos e instrumentos usados, estos datos fueron anotados en tablas para su posterior procesamiento

3.4.Métodos y técnicas de recolección de datos

En esta investigación se observó cómo influye el concreto al adicionar ciertos porcentajes de agregado grueso reciclado con el propósito evaluar sus propiedades como la densidad, absorción y resistencia a la compresión en el cual se reaprovechó este material de desecho con el fin de mejorar las propiedades antes mencionadas. Asimismo, se analizó cada uno de estos resultados de acuerdo a las diferentes normas establecidas.

Se elaboraron 25 probetas, para esto se utilizó moldes de 4 pulgadas de diámetro con una altura de 8 pulgadas, se hicieron cinco muestras con cada uno de estos porcentajes, 0% 25%, 50%, 75% y 100% de agregado reciclado, los cuales fueron ensayados a los 28 días de curado según la Norma Técnica Peruana 339.034.

El agregado reciclado que se utilizó fue de ½," para lograr obtener esta medida se tuvo que triturar y tamizar dicho material, además para la elaboración de la mezcla se realizó un diseño de mezcla para determinar la proporción de los materiales de acuerdo a las densidades de estos (cemento, arena, grava) y en el caso de agua se tuvo en cuenta la relación agua cemento de 0.65.

Al momento de vaciar la mezcla en el molde, previamente se verificó que esté limpio y que no contenga partículas extrañas, luego de ello con la ayuda de una esponja se cubrió todo el interior del molde con aceite quemado, se llenaron las probetas en tres capas chuseadas con 25 golpes verticales con una varilla, para el vibrado se dieron golpes con un martillo para eliminar vacíos dentro de las probetas. Las probetas de concreto fueron retiradas de los moldes a las 24 horas siendo identificados en su cara superior con su nombre y día de elaboración, luego de esto se colocaron en la posa de curado, en donde permanecerán 28 días, el agua de curado tendrá 3 gramos de cal por litro de agua en la posa

Cada uno de los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Materiales y Operaciones de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI, para estas pruebas, se utilizó

una máquina de compresión donde nos dió la resistencia de dichas muestras para posteriormente ser comparadas con la Norma Técnica Peruana 339.034; asimismo el ensayo de densidad y absorción se realizó de acuerdo las especificaciones de la Norma Técnica Peruana 339.187. para la densidad se usó una balanza de 30 kg y un vernier digital, con esto se logró obtener la masa y las medidas de las probetas (para su posterior obtención de volumen) y se dividió la masa sobre el volumen, en el caso de la absorción se utilizó una estufa, en esta se introdujeron trozos de las probetas (masa mayor a 50g) a un temperatura 110°C por un periodo de 24 horas, luego de esto se tomó su peso seco y estas mismas muestras se introdujeron en agua por un periodo de 24 horas y se tomó su peso saturado y mediante una fórmula normada se obtuvo el porcentaje de absorción de las muestras.

3.5. Procesamiento de datos

Los datos se procesaron con ayuda del software Ms Excel, el cual nos permitió almacenar los datos en hojas de cálculo, luego de esto se obtuvo los promedios de los datos y con estos se elaboraron cuadros y gráficas que nos permitieron un mejor entendimiento de los resultados y su posterior análisis

3.6. Validación de hipótesis

Se realizó la validación de hipótesis mediante el análisis de cuadros y gráficos, igualmente se utilizó la estadística para obtener promedios e interrelacionarlos entre si

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.Caracterización física del agregado fino, grueso y reciclado

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS			
	AGREGADO FINO	**AGREGADO GRUESO**	**AGREGADO RECICLADO**
DENSIDAD (g/cm^3)	2.75	2.61	1.8
TAMAÑO NOMINAL	1.19 mm (N°16)	1/2"	1/2"

Tabla N°05: Propiedades físicas de los agregados (Elaboración propia, 2019)

La tabla N°05, nos permite observar las propiedades físicas de los agregados obtenidos en el laboratorio, aquí se puede ver que el agregado reciclado (grueso), tiene menor densidad que el agregado grueso natural, esto se puede deber a la porosidad presentada por el cemento en estado endurecido, a la vez se observa los tamaños nominales de los agregados, en el caso del agregado reciclado, tuvo que ser triturado y posteriormente tamizado para poder trabajar con ese tamaño nominal

DISCUSIÓN: Los resultados obtenidos en el caso de la densidad del agregado grueso reciclado, concuerdan con los obtenidos por Asencio (2014) quien también obtuvo una densidad menor a 2 g/cm^3, del mismo modo, Tafur (2015) obtuvo una densidad menor a la del agregado natural, aunque no con valores tan bajos como Asencio, Rodríguez (2018) obtiene resultados muy parecidos a los obtenidos por Tafur, cabe la pena resaltar que estos dos realizaron sus investigaciones en la ciudad de Cajamarca, con esto podemos inferir que en primer lugar los resultados están afectados por la ciudad donde se realizan los ensayos o de donde proviene la muestra a ensayar, en segundo lugar se puede observar que en todas las investigaciones el agregado reciclado posee menor densidad, es decir es más liviano que el agregado natural, con esto se podrían elaborar concretos de buena resistencia pero de menor

peso, dos factores muy importantes en el mejoramiento de las propiedades del concreto

En el caso de los tamaños nominales, los antecedentes usan diferentes tamaños nominales, esto se debe a que sus probetas poseen tamaños diferentes a las usadas en la presente investigación

4.2.Diseño de mezcla en base a la proporción usada para un concreto f'c 175 Kg/cm^2

PROPORCIÓN 1:2:3			
	Masa (g)	**Agregado reciclado (g)**	
Cemento	276.5	**25%**	373.275
Agregado fino	553	**50%**	746.55
Agregado grueso	829.5	**75%**	1119.825
Agua (a/c = 0.65)	559	**100%**	1493.1

Tabla N°06: Diseño de mezcla para un concreto f'c 175 kg/cm^2 (Elaboración propia, 2019)

En la tabla N°06 se puede apreciar las cantidades en peso de cada elemento constitutivo del concreto de resistencia 175 kg/cm^2, no está de más decir que este diseño de mezcla está basado en la proporción empírica usada por los maestros de obra, no se hizo un diseño de mezcla por ningún método conocido (ACI, Walker, etc) y se prefirió el conocimiento empírico debido a que al ser una casa con agregado reciclado, es mejor que se use para casas de 1 o 2 pisos máximo, o para casas de fondos sociales como Mi Vivienda, casas de construcción masiva, que no están expuestas a cargas estructurales muy pesadas, por esta razón se escogió la resistencia de 175 kg/cm^2 y el diseño de mezcla empírico

DISCUSIÓN: Según el Manual de Construcción para Maestros de Obra (Corporación Aceros Arequipa S.A.) menciona que la resistencia que debe tener mínimo un concreto estructural, debe ser de 175 kg/cm^2, y habla de una proporción de 1:2:3, es decir 1 de cemento, 2 de arena y 3 de grava, estos medidos en volumen;

por otro lado Pasquel (1999) menciona que un concreto estructural (columnas y vigas) debe tener como mínimo una resistencia a la compresión de 210 kg/cm^2, como se mencionó en la descripción del resultado, se optó por la resistencia 175 kg/cm^2 ya que es la más usada para obras de construcción masiva, casas de 1 o máximo 2 pisos por fondos del gobierno y residenciales elaboradas por empresas, casas que no tienen una tecnología constructiva como las normales, sino que usan la llamada ductilidad limitada, y al ser de construcción masiva, el uso de agregado reciclado sería mayor, de esta manera se reduciría más rápido el desmonte existente en toda la ciudad

Jordan y Viera (2014) usó el mismo método para su diseño de mezcla (empírico por volumen) dando con esto validez a nuestra propuesta de no realizar un método más analítico como sería el de ACI, Finura, etc.

4.3. Porcentaje de agregado grueso reciclado ideal para mejorar las propiedades del concreto

RESULTADOS OBTENIDOS A LOS 28 DÍAS			
Muestra	**f'cp (kg/cm^2)**	**Abs (%)**	**Densidad (g/cm^3)**
GC	320	6.05	2.57
25/75	299.8	9.17	2.59
50/50	308.8	7.82	2.43
75/25	291.8	23.44	3.09
100/0	293.6	8.83	2.48

Tabla N°07: Resultados obtenidos a los 28 días de curado (Elaboración propia, 2019)

Como se puede observar en la tabla N°07, si bien se quería obtener un concreto de resistencia 175 kg/cm^2, se obtuvo uno de resistencia aproximada 300 kg/cm^2, esto se puede deber al uso de un relativamente nuevo cemento en el mercado (Qhuna), el cual nos explicaron los representantes de la mencionada empresa, tiene una elevada resistencia a los pocos días de ser mezclado, es por esta razón que al final del tiempo de curado obtiene una resistencia mucho mayor de la planteada inicialmente.

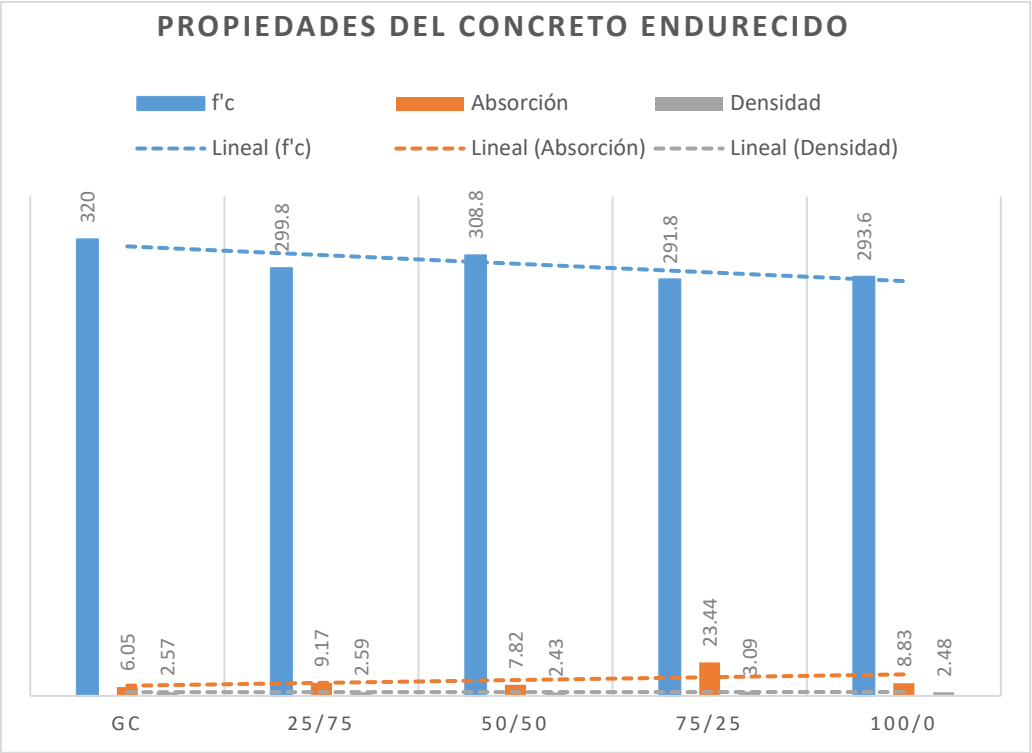

Fig. N°03: Propiedades del concreto endurecido (Elaboración propia, 2019)

Por otro lado, podemos observar en la Figura N°03, que las resistencias a la compresión de los concretos con agregado reciclado son menores que la del grupo control (agregado natural 100%), sin embargo, en el caso de la mezcla 50/50 (50% agregado reciclado, 50% agregado natural) presenta la resistencia a la compresión más elevada con relación a las otras mezclas

En la misma figura se puede observar también que la absorción de las diferentes mezclas son mayores a la del grupo control, siendo también la de la mezcla 50/50 la que menor absorción presenta y la mezcla 75/25 la de la mayor absorción en las mezclas, superando incluso en más del 300% a la del grupo control. En el caso de la densidad, las densidades son menores que las del grupo control, salvo la de la mezcla 75/25, la cual es mucho mayor que lo esperado, sin embargo, nuevamente es la mezcla 50/50 la que mejores propiedades (densidad) tiene en comparación con las otras mezclas

DISCUSIÓN: Jordan y Viera (2014), así como Rodríguez (2018) realizaron ensayos para concreto de resistencia 175 kg/cm^2, obteniendo que la mezcla 50/50 es la que mejores resultados presenta, con lo cual se corrobora lo obtenido en la actual investigación, claro, en el caso de los mencionados, sólo hicieron ensayos de compresión, mientras que en nuestro caso se realizaron además ensayos de absorción y densidad del concreto obteniendo para estos también lo mismo, la mezcla 50/50 es la que mejores resultados presenta

4.4. Influencia del reemplazo de agregado grueso por concreto reciclado sobre las propiedades de un concreto endurecido f'c 175 Kg/cm^2

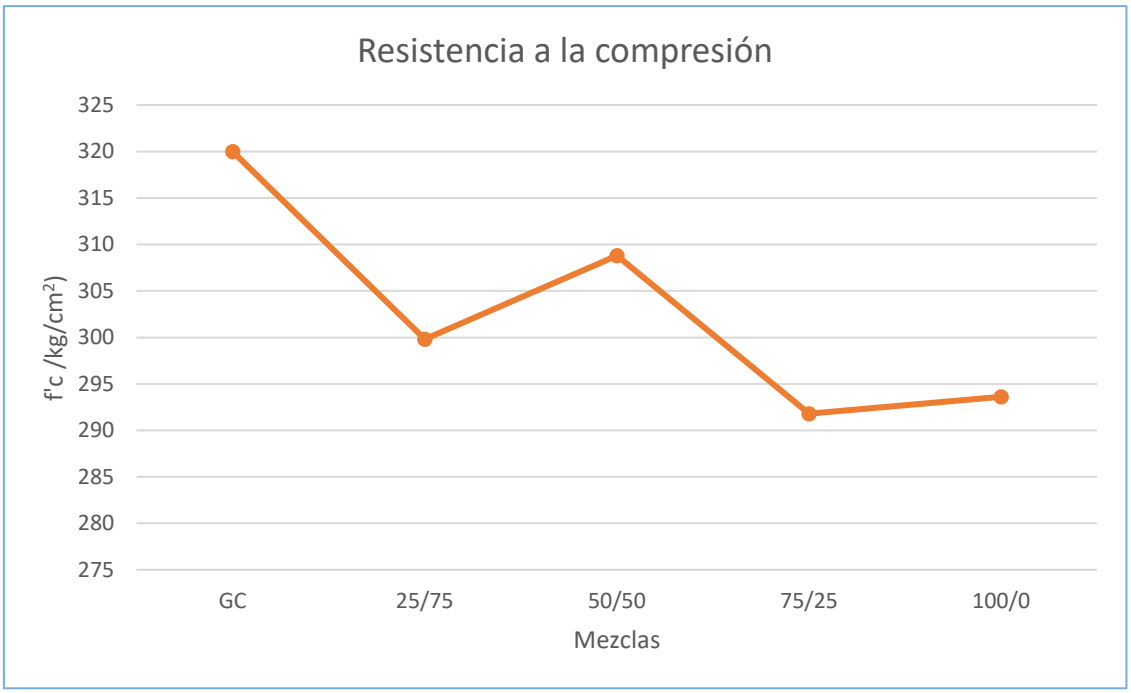

Fig. N°04: Resistencia a la compresión del concreto (Elaboración propia, 2019)

En la figura N°04 se puede observar la resistencia a la compresión de las probetas elaboradas, esta resistencia se ve que va decreciendo con respecto al grupo control conforme aumenta la cantidad de agregado reciclado, sin embargo existe un pico en el caso de la mezcla 50/50 en el cual se obtiene la mayor resistencia a la compresión

de las probetas que contienen agregado reciclado. Hay que decir también que a pesar que las resistencias a la compresión decrecen, aún son significativamente elevadas con respecto a la resistencia de diseño requerida.

Fig. N°05: Absorción del concreto endurecido (Elaboración propia, 2019)

En la figura N°05 se observa la absorción que tienen cada mezcla realizada, la absorción se expresa como porcentaje de agua absorbido, se podría decir que también es sinónimo de porosidad del concreto, es decir es inversamente proporcional a la resistencia del concreto, en otras palabras, a mayor absorción (porosidad) su resistencia a la compresión decrece, esto se puede corroborar al observa la figura N°05 y la figura N°04

Lo que más llama la atención de esta propiedad es la mezcla 75/25 donde se observa un aumento descontrolado de la absorción (23%) en comparación con los demás, y en el caso de la mezcla 50/50 se puede ver que, si bien la absorción es mayor que la del grupo control, es baja comparada con la de las demás mezclas

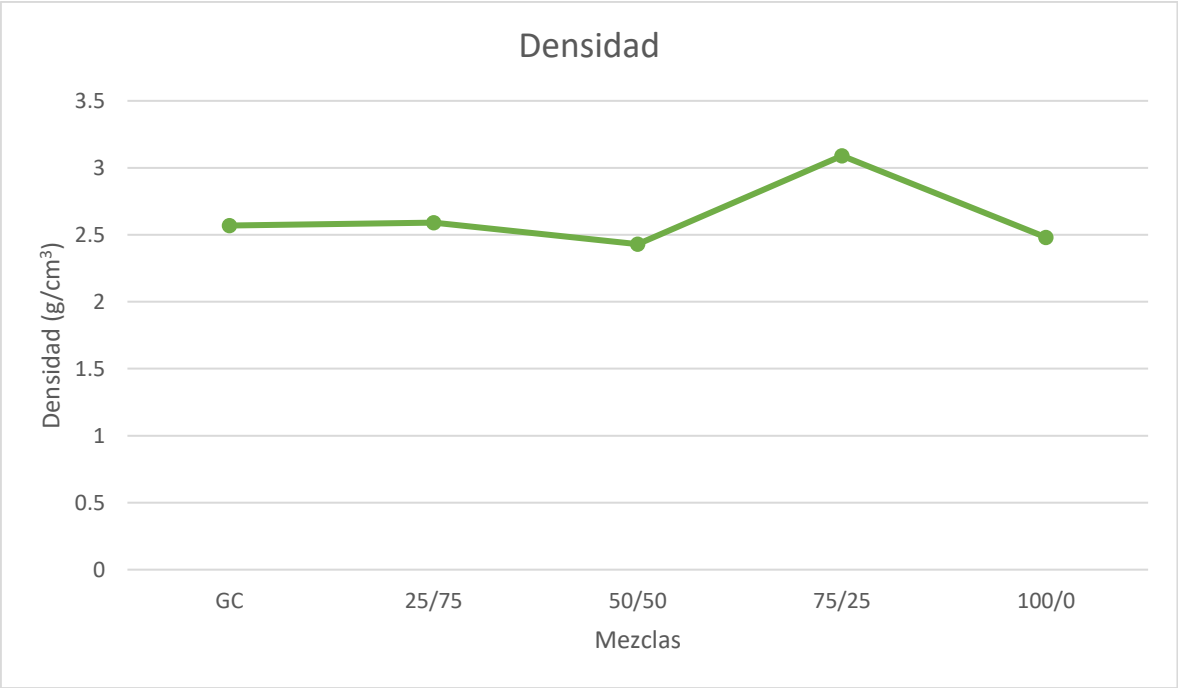

Fig. N°06: Densidad del concreto endurecido (Elaboración propia, 2019)

En la figura N°06 podemos ver el desarrollo de la densidad conforme aumenta la cantidad de agregado reciclado usado en las mezclas de concreto, se puede observar que la densidad de todas las mezclas baja con respecto al grupo control, siendo nuevamente la de la mezcla 50/50 la que posee menor densidad que todas las demás mezclas

DISCUSIÓN: los resultados obtenidos podemos contrastarlos con los obtenidos en las investigaciones de Jordan y Viera (2014), así como Rodríguez (2018) ya que ellos realizaron ensayos para concreto de resistencia 175 kg/cm^2, la limitante es que estos autores se basaron solamente en una propiedad, que es la resistencia a la compresión. Para esto la influencia observada es que conforme aumenta la cantidad de agregado grueso reciclado adicionado, la resistencia a la compresión va disminuyendo; obteniendo de igual manera que la mezcla 50/50 es la que presenta la mejor resistencia a la compresión de las mezclas con agregado reciclado

Por otro lado se puede ver que la disminución de la densidad se debe a que el agregado reciclado también posee menor densidad que el agregado natural, es por esta razón que al aumenta la cantidad de agregado reciclado adicionado, la densidad del concreto va disminuyendo

CAPITULO V
CONCLUCIONES

- Los porcentajes que se manejaron esta investigación son de 25%, 50%, 75% y 100% de agregado grueso reciclado, así como también un grupo control. Estos porcentajes influyeron mucho en las propiedades del concreto ya que por cada porcentaje se obtuvieron distintos resultados, podemos mencionar el caso del 50% de AR que fue el que tuvo mayor resistencia de los concretos con agregado reciclado, menor densidad y menor absorción que todos los demás

- El concreto tradicional posee una buena resistencia a la compresión, pero el concreto con agregado grueso reciclado también cuenta con una buena resistencia ya que solo disminuye un 5% a 10% de esta, siendo muy favorable trabajar con este nuevo material ya que desde el punto de vista ambiental evita la degradación de los recursos naturales no renovables y económicamente también es bueno ya que al ser reciclado el costo es menor que el de un agregado natural virgen.

- El porcentaje ideal de agregado grueso reciclado para tener propiedades similares a las de un concreto tradicional es el de 50% ya que en comparación de las otras mezclas, este obtuvo la combinación adecuada de alta resistencia, baja densidad y baja absorción, propiedades muy importantes para un concreto puesto en obra ya que hace un material, valga la redundancia, muy resistente, de bajo peso y al tener menor absorción impide el ingreso de agua y con esto el ingreso de sales u otros agentes dañinos disueltos.

- El concreto con agregado reciclado con las peores propiedades fue la mezcla 75/25, es decir 75% de agregado reciclado y 25% de agregado natural, teniendo una absorción de hasta 23%, haciendo que su resistencia disminuya de manera drástica también

CAPITULO VI
RECOMENDACIONES

- Se recomienda que a la hora de seleccionar el concreto reciclado verificar que no tenga ladrillo, pintura, entre otros materiales que puede afectar la resistencia de dicho ensayo.

- Se recomienda llenar la probeta en tres partes, chuseando 25 veces por cada parte llenada para evitar que nos queden pequeños huecos, más conocidos como cangrejeras.

- Se recomienda pesar correctamente cada uno de los materiales a utilizar en la investigación, de esta manera se cumplirá con el diseño de mezcla elaborado

- Así mismo se recomienda que las probetas llevadas a la estufa, es decir las usadas para determinar la absorción, no deben de pesar menos de 800 g, ya que esto puede afectar los resultados y de esta manera no ser tan confiables

- Por último, se recomienda continuar la presente investigación, usando cemento reciclado, no solo como agregado grueso, sino como cemento en si, es decir reemplazar parte del cemento fresco por cemento reciclado, para esto se deberá verificar una técnica para separar el cemento de la arena, y realizar nuevamente la mezcla 75/25 para poder corroborar los resultados obtenidos, ya que estos resultados contrastan en demasía con los demás obtenidos

CAPITULO VII
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Carbajal, E. P. (1998). *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú* (Vol. II). Lima, Perú: Colegio de Ingenieros del Perú. Recuperado el 01 de 11 de 2017

Ingeniera Civil. (04 de 2012). *Absorción, Adsorción y permeabilidad del hormigón*. Obtenido de ingenierocivilinfo.com: http://www.ingenierocivilinfo.com/2012/04/adsorcion-y-permeabilidad-del-hormigon.html

Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible (2009) . *Reciclando Concreto*. Washington: WBCSD. 66 p.

Norma Técnica Peruana 400.011. (2008). *Agregados. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos)*. Definiciones.

Notas de concretos. (04 de 2011). *Peso unitario (Densidad del concreto)*. Obtenido de http://notasdeconcretos.blogspot.pe/2011/04/peso-unitario-densidad-del- concreto.html

Osorio, J. D. (13 de 06 de 2013). *RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN*. Obtenido de Blog.360gradosenconcreto.com: http://blog.360gradosenconcreto.com/resistencia-mecanica-del-concreto-y- resistencia-a-la-compresión/

Verónica Echeverry. (19 de 11 de 2013). Blog 360° en concreto. Obtenido de blog.360gradosenconcreto.com: http://blog.360gradosenconcreto.com/agregados-reciclados-que-y-para-que/

Pasquel, E. (1999). *Tópicos de tecnología del concreto*. Segunda edición, Lima.

Sánchez de Guzmán, D. (2001) *Tecnología del concreto y del mortero. Diseño de mezclas de concreto*. V edición. Bogotá, Pág. 221

Hewlett, P. (2004) *Chemistry of cement and concrete*, Elsevier Science & Technology Books, Fourth Edition, January 2004

Vásquez, R. (2009). *Cementos Pacasmayo: Cemento y sus aplicaciones*.

Vidaud E. y Vidaud I. (2015) *Agregado de concreto reciclado*. Construcción y Tecnología en concreto. Pág. 22

Niño, J. (2010) *Colección del concreto, Tecnología del concreto – Tomo 1*. Materiales, propiedades y diseños de mezclas. Pag 228

Rivva, E. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto*.1 ed. Perú: Aciperú. 390p

Ryu, J. S. (2002). *An experimental study on the effect of recycled aggregate on concrete properties*. Magazine of Concrete Research, 54(1), 7–12. Obtenido de: http://doi:10.1680/macr.2002.54.1.7

Kenai, S., Debieb, F., & Azzouz, L. (2002). *MECHANICAL PROPERTIES AND DURABILITY OF CONCRETE MADE WITH COARSE AND FINE RECYCLED CONCRETE AGGREGATES*. Challenges of Concrete Construction: Volume 5, Sustainable Concrete Construction, 383–392. Obtenido de: http://doi:10.1680/scc.31777.0039

Rodríguez-Robles, D., García-González, J., Juan-Valdés, A., Morán-del Pozo, J. M., & Guerra-Romero, M. I. (2015). *Effect of mixed recycled aggregates on mechanical properties of recycled concrete*. Magazine of Concrete Research, 67(5), 247–256. Obtenido de: http://doi:10.1680/macr.14.00217

Kumar, R., Gurram, S. C. B., & Minocha, A. K. (2017). *Influence of recycled fine aggregate on microstructure and hardened properties of concrete*. Magazine of Concrete Research, 69(24), 1288–1295. Obtenido de: http://doi:10.1680/jmacr.17.00030

ANEXOS

ANEXO N°01

MATRIZ DE CONSISTENCIA

INFLUENCIA DEL REEMPLAZO DE AGREGADO GRUESO POR CONCRETO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO ENDURECIDO f'c 175 Kg/cm^2						
TIPO DE INVESTIGACIÓN	**HIPÓTESIS**	**VARIABLES**	**DEF. CONCEP.**	**DEF. OPERAC.**	**DIMENSIONES**	**INDICADORES**
Experimental **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA** ¿Cuál es la influencia del reemplazo de agregado grueso por concreto reciclado sobre las propiedades de un concreto endurecido f'c 175 Kg/cm^2? **OBJETIVOS** **OBJETIVO GENERAL** Determinar la influencia del reemplazo de agregado grueso por concreto reciclado sobre las propiedades de un concreto endurecido f'c 175 Kg/cm2 **OBJETIVOS ESPECIFICOS** •Caracterizar físicamente al agregado fino, grueso y reciclado •Determinar el diseño de mezcla en base a la proporción usada para un concreto f'c 175 Kg/cm2 •Determinar el porcentaje de agregado grueso reciclado ideal para mejorar las propiedades del concreto	**H1:** La influencia del reemplazo de agregado grueso por concreto reciclado mejorará significativamente las propiedades de un concreto endurecido f'c 175 Kg/cm^2 **H0:** La influencia del reemplazo de agregado grueso por concreto reciclado no mejorará significativamente las propiedades de un concreto endurecido f'c 175 Kg/cm^2 **JUSTIFICACIÓN** Social, ambiental y económica **POBLACIÓN Y MUESTRA** Estará constituida por 25 probetas de concreto conteniendo agregado reciclado de la siguiente manera: ▪0% de agregado reciclado (5 probetas) ▪25% de agregado reciclado (5 probetas) ▪50% de agregado reciclado (5 probetas) ▪75% de agregado reciclado (5 probetas) ▪100% de agregado reciclado (5 probetas)	**Variable Independiente** Reemplazo de agregado grueso por concreto reciclado	Concreto de desecho que luego de ser molido se adicionará a un concreto nuevo reemplazando total o parcialmente al agregado grueso	Se triturará al concreto desechado (desmonte) y luego de esto se procederá a tamizar para obtener pedazos con tamaño nominal de ½", este será usado como agregado grueso, reemplazándolo en porcentajes de 25, 50, 75 y 100% en volumen, con esto se procederá a elaborar las probetas	Cantidad de concreto reciclado en forma de agregado grueso	Porcentaje de concreto reciclado
		Variable Dependiente Propiedades de un concreto endurecido f'c 175 kg/cm^2	Propiedades que caracterizan al concreto para que estos puedan tener un excelente comportamiento estructural	Luego de elaborar las probetas, se procederá a medir las propiedades del concreto cumpliendo las NTP	Densidad	g/cm^3
					Absorción	%w
					Resistencia a la compresión	Kg/cm^2

ANEXO N°02

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Picnómetro para obtener densidad de agregados

Probetas antes de la rotura

Rotura de probeta

Preparación de mezcla con agregado reciclado

Probetas listas para secado en la estufa

Resultados obtenidos en la prensa de concreto

ANEXO N°03

CÁLCULOS

Probeta: 4x8 pulgadas (10.20 cm x 20.3 cm)

Área de la probeta:

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi (10.20)^2}{4}$$

$$A = 81.71 cm^2$$

V = A x h

V = 81.71cm^2 x 20.3 cm

V = 1658.77 cm^3

Proporción: 1: 2: 3

1. Cemento: 276.5
2. Arena: 553
3. Piedra: 829.5

<u>Densidad de la arena</u>

W m = 500g

W recipiente = 85g

W picnómetro vacío = 425g

W picnómetro, agua = 1449g

W picnómetro, agua, arena = 1764g

Temperatura = 19.4°

ρ agua = 0.99833

k = 1.00012

$$Gs = \frac{\rho}{\rho agua}$$

$$Gs = \frac{Ms}{(M\rho wt - (M\rho wst - Ms))} . K$$

$$Gs = \frac{500}{1449-(1764-1500)} (0.99833)$$

Gs = 2.7

$$\rho = \rho_{H2O} . Gs$$

$$\rho = (0.99833)(2.7)$$

$$\boldsymbol{\rho = 2.725\ g/cm^3}$$

Densidad de la piedra

W m = 500g

W picnómetro vacío = 426g

W picnómetro, agua = 1455g

W picnómetro, agua, piedra = 1764g

Temperatura = 20.3°

ρ agua = 0.99814

k = 0.99994

Gs = $\frac{\rho}{\rho agua}$

Gs = $\frac{Ms}{(M\rho wt-(M\rho wst-Ms))}$. K

Gs = $\frac{500}{1455-(1764-500)}$. (099994)

Gs = 2.62

$\rho = \rho_{H2O}$. Gs

ρ = (0.99814) (2.62)

$\boldsymbol{\rho = 2.61\ g/cm^3}$

Arena: ρ = 2.725 m = ρ x v

v = 553 cm^3 **m = 1506.9g**

Piedra: ρ = 2.61 m = ρ x v

v = 829.5cm^3 **m = 2164.9g**

Cemento: ρ = 3.11 m = ρ x v

v = 276.5cm^3 **m = 859.9g**

Relación: a/c $\frac{a}{c}$ = 0.65

a = 0.65 c

a = 0.65 (859.9)

a = 559

Agregado reciclado: ρ = 1.8g/cm^3

- 25% = (829.5) (1/4) (1.8)
  25% = 373.275g
- 50% = (829.5) (1/2) (1.8)
  50% = 746.55g
- 75% = (829.5) (3/4) (1.8)
  75% = 1119.825g
- 100% = (829.5) (1.8)
  100% =1493.1g

Densidad aparente

Grupo control:

$$\rho_{ap} = \frac{A}{A-D}$$

$$\rho_{ap} = \frac{859}{859 - 525}$$

$$\rho_{ap} = 2.57\ g/cm^2$$

25 AR – 75 AN

$$\rho_{ap} = \frac{A}{A-D}$$

$$\rho_{ap} = \frac{910.5}{910.5 - 558.5}$$

$$\rho_{ap} = 2.59\ g/cm^2$$

50 AR – 50 AN

$$\rho_{ap} = \frac{A}{A-D}$$

$$\rho_{ap} = \frac{1111.5}{1111.5-655}$$

$$\rho_{ap} = 2.43\ g/cm^2$$

75 AR – 25 AN

$$\rho_{ap} = \frac{A}{A-D}$$

$$\rho_{ap} = \frac{770}{770 - 521}$$

$$\rho_{ap} = 3.09\ g/cm^2$$

100 AR

$$\rho_{ap} = \frac{A}{A-D}$$

$$\rho_{ap} = \frac{980}{980 - 585}$$

$$\rho_{ap} = 2.48\ g/cm^2$$

Absorción después de la inmersión

Grupo control

$$Abs = \frac{B-A}{A} x100$$

$$Abs = \frac{911 - 859}{859} x100$$

$$Abs = 6.05$$

25 AR – 75 AN

$$Abs = \frac{B-A}{A} x100$$

$$Abs = \frac{994 - 910.5}{910.5} x100$$

$$Abs = 9.17$$

50 AR – 50 AN

$$Abs = \frac{B-A}{A} x100$$

$$Abs = \frac{1198.5 - 1111.5}{1111.5} x100$$

$$Abs = 7.82$$

75 AR – 25 AN

$$Abs = \frac{B-A}{A} x100$$

$$Abs = \frac{950.5 - 770}{770} x100$$

$$Abs = 23.44$$

100 AR

$$Abs = \frac{B-A}{A} x100$$

$$Abs = \frac{1066.5 - 980}{980} x100$$

$$Abs = 8.83$$