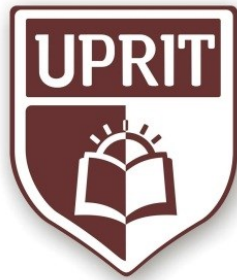


UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO
RECICLADO USANDO COMO AGREGADO EL CONCRETO DE
DEMOLICIÓN EN LA CIUDAD DE TRUJILLO - 2020”**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTORES:

Bach. EDER JHONATAN INFANTES DÍAZ

Bach. CARLOS ALONSO CASTRO GORDILLO

ASESOR:

Ing. GUIDO ROBERT MARIN CUBAS

**TRUJILLO – PERÚ
2020**

HOJA DE FIRMAS

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO RECICLADO USANDO COMO AGREGADO EL CONCRETO DE DEMOLICIÓN EN LA CIUDAD DE TRUJILLO - 2020

Autores:

Bach. Eder Jhonatan Infantes Díaz

Bach. Carlos Alonso Castro Gordillo

Ing. Enrique Durand Bazán
PRESIDENTE

Ing. Guido Marín Cubas
SECRETARIO

Ing. Javier Galarreta Malaver
VOCAL

DEDICATORIA

A mis padres:

Hermes Infantes y Elizabeth Díaz, por su constante apoyo,
dedicación y tiempo que me ha hecho ser una persona
perseverante en la lucha por sus sueños.

A mis hermanos:

Kareen, Thirsa, Jaqueline y Maico, por su ejemplo de
superación y sus consejos, y de no dejarme caer en los
malos momentos.

A mis sobrinos:

Piero, Amir, Isaí, Jazmín, Adrián e Iriel, por sus alegrías y
travesuras en los momentos indicados.

A mi tía:

Gloria Infantes, que desde el cielo sigues guiando mis
pasos. Siempre te recordaré.

Bach. Eder Jhonatan Infantes Díaz

DEDICATORIA

A mis padres y Hermano:

Carlos Alberto Castro Moreno, Edita Isabel Gordillo Leyton y José Carlos Castro

Gordillo Por su apoyo incondicional y comprensión a lo largo de mi vida

A mi esposa e hijo:

Elsa Alexandra Mercado Veramendi y Anderson Alonso Castro Mercado porque me apoyaron en los momentos más difíciles y la alegría que me dieron cuando llegaron a mi

vida

A mi Abuelo:

José Alipio Castro Rodríguez por los consejos que me brindo y el cariño que me dio a lo

largo de su vida. Siempre te llevare en mi corazón

Bach. Castro Gordillo Carlos Alonso Jesús

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, queremos agradecer a Dios por mantenernos con salud y por ayudarnos a sobrellevar estos momentos difíciles, por darnos las fuerzas necesarias para continuar y nunca perder la fe.

Agradecer a nuestro asesor de investigación Ing. Marín Cubas Guido Robert por su apoyo y guía en el transcurso de la elaboración de la presente tesis.

Agradecer a nuestra alma mater la Universidad Privada de Trujillo por acogernos en sus aulas y permitir nuestra formación profesional, de igual manera a nuestros docentes que con su conocimiento y experiencia nos ayudaron a alcanzar nuestra ansiada meta.

Por último, agradecer a nuestros amigos y futuros colegas por todos los momentos vividos en las aulas a lo largo de estos 5 años de estudio.

ÍNDICE DE CONTENIDO

HOJA DE FIRMAS	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Realidad Problemática	1
1.2. Formulación del Problema	4
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos	5
1.4.1. Objetivo General	5
1.4.2. Objetivos Específicos.....	5
1.5. Antecedentes	5
1.6. Bases Teóricas	8
1.6.1. Residuos Sólidos de Construcción y Demolición (RCD)	8

1.6.2.	Agregados	9
1.6.3.	Cemento.....	13
1.6.4.	Agua	13
1.6.5.	Concreto	14
1.6.6.	Propiedades Físicas del Agregado	16
1.6.7.	Diseño de Mezcla.....	24
1.6.8.	Ensayo de Asentamiento	29
1.6.9.	Conformado de Probetas	30
1.6.10.	Ensayo de Resistencia a la Compresión	31
1.7.	Definición de Términos Básicos	31
1.8.	Formulación de la Hipótesis.....	33
1.9.	Propuesta de Aplicación Profesional	33
II.	MATERIAL Y MÉTODOS	34
2.1.	Materiales.....	34
2.1.1.	Concreto de Demolición.....	34
2.1.2.	Agregados	35
2.1.3.	Cemento.....	36
2.1.4.	Agua	36
2.2.	Material de Estudio.....	36
2.2.1.	Población	36

2.2.2.	Muestra	36
2.3.	Técnicas, Procedimientos e Instrumentos	37
2.3.1.	Recolección de Datos	37
2.3.2.	Procesamiento de Datos	38
2.5.2.	Normatividad de Ensayos para Agregados y Concreto.....	42
2.5.3.	Ensayos de los Agregados	43
2.5.4.	Diseño de Mezclas	50
2.5.5.	Elaboración del Concreto Reciclado	53
2.5.6.	Ensayo del Concreto en Estado Fresco	55
2.5.7.	Conformado de las Probetas	57
2.5.8.	Ensayo del Concreto en Estado Endurecido.....	59
III.	RESULTADOS	60
3.1.	Propiedades Físicas del Agregado.....	60
3.1.1.	Análisis Granulométrico.....	60
3.1.2.	Densidad de Masa	61
3.1.3.	Contenido de Humedad	62
3.1.4.	Densidad Relativa y Absorción	63
3.2.	Diseño de Mezclas.....	64
3.2.1.	Mezcla 0%	64
3.2.2.	Mezcla 25%	65

3.2.3. Mezcla 50%	67
3.2.4. Mezcla 75%	68
3.3. Ensayo de Asentamiento del Concreto	69
3.4. Ensayo de Resistencia del Concreto	70
IV. DISCUSIÓN.....	73
V. CONCLUSIONES.....	75
VI. RECOMENDACIONES	77
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
ANEXOS.....	83
Anexo 1: Ficha de Ensayo Granulométrico de los Agregados	83
Anexo 2: Ficha de Ensayo de Asentamiento	85
Anexo 3: Ficha de Ensayo de Resistencia a la Compresión	86
Anexo 4: Hojas de Cálculo de Diseño de Mezclas	88
Anexo 5: Especificaciones Técnicas del Cemento.....	94
Anexo 6: Certificado de Curso de Diseño de Mezclas.....	95
PANEL FOTOGRÁFICO	96

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Granulometría del Agregado Fino</i>	<i>11</i>
<i>Tabla 2: Requisitos Granulométricos del Agregado Grueso</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 3: Cantidad mínima de la muestra de Agregado Grueso</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 4: Capacidad del Recipiente para la Densidad de Masa</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 5: Tamaño de la muestra de Agregado para el Contenido de Humedad</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 6: Masa mínima de muestra para ensayo de Peso Específico</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 7: Resistencia a la Compresión Promedio</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 8: Consistencia y Asentamiento de la Mezcla.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 9: Volumen Unitario de Agua.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 10: Contenido de Aire Atrapado.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 11: Relación Agua/Cemento por Resistencia</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 12: Volumen del Agregado Grueso por Unidad de Volumen de Concreto</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 13: Tolerancia de Tiempo.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 14: Operacionalización de Variables.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 15: Normas para Ensayos de Agregados y Concreto</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 16: Datos para la Interpolación</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 17: Análisis Granulométrico del Agregado Fino.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 18: Análisis Granulométrico del Agregado Grueso.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 19: Datos para la Densidad de Masa</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 20: Datos para el Contenido de Humedad.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 21: Datos para la Densidad Relativa y Absorción</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 22: Análisis de Precios Unitarios</i>	<i>72</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Residuos de Construcción en la vía pública	3
Figura 2: Formas de Asentamiento	30
Figura 3: Terreno usado como botadero.....	34
Figura 4: Ubicación de Botadero	34
Figura 5: Cantera Carboncillo	35
Figura 6: Ubicación Cantera.....	35
Figura 7: Recolección de Residuos de Construcción	41
Figura 8: Trituración de los Residuos de Construcción	41
Figura 9: Equipos para el análisis granulométrico.....	43
Figura 10: Muestras de agregados después de tamizado.....	44
Figura 11: Equipos para la densidad de masa.....	44
Figura 12: Muestras para el ensayo de densidad de masa	45
Figura 13: Equipos para el contenido de humedad	46
Figura 14: Muestras para el contenido de humedad.....	46
Figura 15: Equipos para la densidad relativa del agregado grueso.	47
Figura 16: Agregado grueso en el ensayo de densidad relativa.	48
Figura 17: Equipos para la densidad relativa del agregado fino	49
Figura 18: Agregado fino en el ensayo de la densidad relativa.	49
Figura 19: Muestra en condición saturada superficialmente seca.....	50
Figura 20: Elaboración de Concreto Reciclado.	54
Figura 21: Equipos para el asentamiento de concreto.....	55
Figura 22: Medición del asentamiento.	56
Figura 23: Temperatura de concreto.	57
Figura 24: Equipos para el conformado de probetas.....	57

Figura 25: Elaboración de probetas.....	58
Figura 26: Desmoldado y curado de probetas.....	58
Figura 27: Ensayo de resistencia a la compresión.	59

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Resultado de Ensayo a la Compresión – 7 días.....	70
Gráfico 2: Resultados de Ensayo a la Compresión – 14 días	71
Gráfico 3: Resultado de Ensayo a la Compresión – 28 días.....	71

RESUMEN

El crecimiento del sector construcción en el país, y generalmente en la ciudad de Trujillo, ha hecho que la ciudad crezca tanto de forma horizontal como vertical. De este último tipo de crecimiento es que se genera la mayor cantidad de desechos de construcción, generando grandes focos de contaminación, ya que no existe en nuestra ciudad lugares autorizados para utilizarlos como botaderos.

El objetivo de este proyecto de investigación es utilizar el concreto de demoliciones como agregado, para volver a reutilizarlo en la generación de un nuevo concreto, y así, disminuir la cantidad de desechos que pueden ser arrojados en la vía pública, además de disminuir el costo de elaboración del concreto comparado con un concreto convencional. Este nuevo concreto seguirá lo establecido por la Norma Técnica Peruana y la ASTM.

Para los ensayos se elaboraron 36 probetas de concreto de 15cm x 30 cm con diferentes porcentajes (0%, 25%, 50% y 75%) de concreto de demolición que reemplazaran al agregado grueso. Posteriormente las probetas fueron sometidas a pruebas de resistencia a la compresión en diferentes edades (7, 14 y 28 días) para alcanzar una resistencia promedio de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Los resultados obtenidos a los 28 días fueron: Mezcla 0% = 215.21 kg/cm^2 , Mezcla 25% = 137.92 kg/cm^2 , Mezcla 50% = 157.64 kg/cm^2 y Mezcla 75% = 177.61 kg/cm^2 . Podemos concluir que la mezcla de 75% puede ser utilizada en elementos no estructurales con una resistencia menor a 175 kg/cm^2 , además resulta económicamente viable elaborar el concreto reciclado siempre y cuando no se requiera en grandes cantidades de volumen.

Palabras Claves: Concreto, demolición, agregado, reciclaje.

ABSTRACT

The growth of the construction sector in the country, and generally in the city of Trujillo, has made the city grow both horizontally and vertically. This last type of growth is that the largest amount of construction waste is generated, generating large sources of contamination, since there are no authorized places in our city to use them as dumps.

The objective of this research project is to use demolition concrete as an aggregate, to reuse it in the generation of new concrete, and thus, reduce the amount of waste that can be thrown on public roads, in addition to reducing the cost of concrete preparation compared to conventional concrete. This new concrete will follow what is established by the Peruvian Technical Standard and the ASTM.

For the tests, 36 concrete specimens of 15cm x 30 cm were elaborated with different percentages (0%, 25%, 50% and 75%) of demolition concrete to replace the coarse aggregate. Subsequently, the specimens were subjected to compression resistance tests at different ages (7, 14 and 28 days) to achieve an average resistance of $f'_c = 210 \text{ kg / cm}^2$.

The results obtained at 28 days were: Mix 0% = 215.21 kg / cm², Mix 25% = 137.92 kg / cm², Mix 50% = 157.64 kg / cm² and Mix 75% = 177.61 kg / cm². We can conclude that the 75% mixture can be used in non-structural elements with a resistance lower than 175 kg / cm², it is also economically viable to produce recycled concrete as long as it is not required in large quantities of volume.

Keywords: Concrete, demolition, aggregate, recycling.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

El concreto es una mezcla heterogénea, compuesta principalmente de cemento portland, agregados fino (arena) y grueso (grava), y agua. Siendo, el cemento, el material de construcción más utilizado, por lo cual también se emite gran cantidad de CO₂ al momento de la fabricación del cemento, además la extracción masiva de los recursos naturales (arena y grava) de canteras utilizados como agregados, y la generación de escombros producidos por la demolición de edificaciones genera un impacto ambiental negativo en nuestro planeta.

En el mundo se producen miles de millones de escombros, solo en Estados Unidos se considera que estos llegan a bordear los 140 millones de toneladas al año, mientras que según la Oficina Europea de Estadísticas (Eurostat) calcula que en total para Europa está alrededor de los 970 millones de toneladas al año de escombros producidos por el sector construcción, lo que representa casi dos toneladas por persona. Estos datos por elevados que sean pueden considerarse estimaciones bajas, debido a que cierta cantidad de los residuos son arrojados ilegalmente haciendo dificultoso la recolección de información en los diferentes países de Europa. En ciudades como Bogotá, Cali y Medellín se estimaron en conjunto, una cantidad de Residuos de Construcción y Demolición de 21,5 millones de toneladas/año para el año 2012. Los residuos de construcción y demolición, llamados también escombros, ocasionan un grave problema ambiental generando impactos negativos, como: la contaminación del suelo, acuíferos y deterioro del paisaje urbanístico. (Guacaneme, 2015, p.2).

En países desarrollados ya se cuenta con tecnologías que permiten reciclar los residuos de construcción, Estados Unidos, Japón y algunos países europeos no solo tienen avanzadas conquistas en la reutilización de materiales, sino que han creado industrias completas para el manejo y transformación de los residuos de construcción. España es

uno de los primeros en aprobar la reutilización en porcentajes importantes de agregados reciclados. En países como Bélgica y Holanda la tasa de reciclados alcanza el 95%, y en esta última, la localidad de Steenkorrel tiene la mayor planta de reciclaje de escombros y de concreto de toda Europa con una capacidad de 700 t/h. (Bojacá, 2013, p.16)

Teniendo en consideración principal el cuidado de nuestro medio ambiente, el reciclaje de escombros (materiales de construcción) resulta atrayente porque evita degradar los recursos naturales no renovables como: la arena y la grava, y reduce el impacto negativo en el ecosistema, además de esto acrecienta la vida útil de rellenos sanitarios y botaderos; pero, desde el punto de vista económico, el concreto reciclado de demoliciones resulta atractivo cuando el producto es comparado con otros materiales en relación a su costo y calidad. La facilidad de utilizar agregados reciclados en lugares poco accesible con dificultad de transporte, donde además no se cuente con canteras para la extracción de materias primas para la construcción o zonas que cuenten con canteras alejadas de la ciudad, generaría un gran ahorro de tiempo y dinero para todos aquellos que estén involucrado directa o indirectamente en el sector construcción. Esto se puede presenciar en las áreas urbanas o en los proyectos de construcción donde se pueden reunir la demolición y la nueva obra, también donde es factible reciclar una gran cantidad de escombros en el mismo lugar de trabajo o en las cercanías para su posterior proceso de demolición. (Bedoya, 2003, p.27).

Lima y otras ciudades de la costa del Perú están en el desierto. Es difícil conseguir terrenos habitables: por consiguiente, para construir hay que tumbar algo existente. De allí viene el desmonte, que ha generado una industria altamente informal que paga cupos a varias municipalidades y a veces a sus funcionarios para depositar material que de otra manera no tendría salida, solo en Lima se producen alrededor de 30000 m³ de desmonte, es decir, unas 19000 toneladas de material de escombros por año. De estas solo el 30% va a puntos autorizados por los municipios para recibir residuos sólidos (Lurín, Cañete, Ate

y tres en el Callao, pero ninguno exclusivamente para desmonte de construcciones), mientras que el 70% restante va al mar y a los ríos, generando en este último que disminuya la profundidad del cauce y se origine un desborde, que afectaría a la población. (León, J. (26/8/2017). En Lima se generan 19 mil toneladas de desmonte al día y el 70% va al mar o ríos. El Comercio. Recuperado de <https://elcomercio.pe/>).

En opinión de los investigadores, la realidad en la ciudad de Trujillo sobre el tema de generación y recolección de residuos de construcción, comparada con las otras ciudades del país, es la misma e inclusive peor, esto debido al descuido de la autoridad local de no fiscalizar las obras menores y hacer prevalecer la Ordenanza Municipal N° 025-2016-MPT que trata de la actualización del Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS) que hasta la fecha no tiene un impacto positivo en la ciudad, ya que al no contar con botaderos autorizados para la recolección de desechos de demolición, estos son arrojados a la vía pública (ver Figura 1), terrenos vacíos o en las zonas periféricas de la ciudad (sector Los Patos, Villa de Contadores, San Isidro, entre otros) generando daños al ornato de la ciudad y malestar entre las personas que viven cerca a estos puntos de recolección informal. Por este motivo, la recolección de residuos de construcción y demolición para reciclarlos y posteriormente reutilizarlo como agregado grueso en la elaboración de un concreto nuevo para la construcción de edificaciones, sería una alternativa más económica para la población y ambientalista para nuestra ciudad.



Figura 1: Residuos de Construcción en la vía pública

1.2. Formulación del Problema

¿De qué manera evaluamos las propiedades del concreto reciclado usando como agregado el concreto de demolición en la ciudad de Trujillo para el año 2020?

1.3. Justificación

La cantidad de desechos que son producidos (en demoliciones, reparaciones, ampliaciones) por el sector construcción formal e informal, y la falta de botaderos autorizados en nuestra ciudad, hacen que estos sean arrojados negligentemente en la vía pública. Por eso la finalidad de esta investigación, aparte de evaluar las propiedades de un concreto nuevo utilizando como agregado el concreto de demolición, es reducir significativamente la cantidad de residuos de construcción y demolición que se observan por las diferentes calles de Trujillo, beneficiando así a la población que vive cerca a estos centros de acopio, con esto ayudaremos a mejorar el ornato de la ciudad y la calidad de vida de las personas que están haciendo afectadas con los cúmulos de residuos de demolición cerca a sus hogares.

La elaboración de un nuevo concreto, reemplazando el agregado grueso con concreto de demolición, con las mismas propiedades físicas y mecánicas, reduciría el costo (al emplear menor cantidad de agregado grueso) en su elaboración y beneficiaría a un gran número de personas de bajos recursos económicos que deseen construir sus viviendas con las mismas propiedades físicas y mecánicas que la de un concreto convencional.

Consideramos esta investigación viable, ya que la Municipalidad Provincial de Trujillo cuenta con un Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS) establecido en una ordenanza municipal; siendo una de sus metas garantizar la adecuada disposición final de los residuos, esto implica que se dispondría de un lugar autorizado para la recolección de residuos de construcción y demolición, siendo más

factible la selección de estos residuos para su posterior proceso de trituración y clasificación.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Evaluar las Propiedades del Concreto Reciclado usando como Agregado el Concreto de Demolición en la ciudad de Trujillo para el año 2020.

1.4.2. Objetivos Específicos

1. Seleccionar el concreto de demoliciones para su reutilización.
2. Elaborar el Diseño de Mezclas de Concreto $f'_c=210 \text{ Kg/cm}^2$ con utilización de concreto de demoliciones en reemplazo del 25%, 50% y 75% del agregado grueso.
3. Analizar las propiedades del concreto elaborado con agregado de concreto de demoliciones en estado fresco y endurecido.
4. Comparar los costos y beneficios del reusó del concreto de demoliciones como agregado.

1.5. Antecedentes

Erazo (2018), para optar el título profesional de Ingeniero Civil presenta su tesis bajo el título *“Evaluación del diseño de concreto $f'_c= 175 \text{ kg/cm}^2$ utilizando agregados naturales y reciclado para su aplicación en elementos no estructurales.”*, teniendo como objetivo evaluar el diseño de la mezcla de concreto elaborado con agregados reciclados y naturales para la aplicación en elementos no estructurales (sardineles, topellantas, veredas, etc.). Siguiendo lo estipulado en la NTP, los materiales se llevaron a laboratorio obteniendo para el “Agregado fino combinado” una mezcla de 65% de agregado fino

natural + 35% de agregado fino reciclado y el agregado grueso será 100% material reciclado. Se obtuvo como resultado después del ensayo a la compresión que la resistencia alcanza un 39% más que la resistencia de diseño de 175 kg/cm^2 , llegando a la conclusión de que el empleo de agregado reciclado es rentable en costos. Nos permitirá esta investigación comparar resultados del concreto con agregado reciclado, costos con el concreto convencional y además de establecer un uso de aplicación para los diferentes elementos de la edificación.

Mendoza y Chávez (2017, P. 9-14), según su artículo publicado en la Revista de Ingeniería Civil: *“Residuos de Construcción y Demolición como agregado de Concreto Hidráulico nuevo”*, su objetivo principal fue demostrar la factibilidad de reusar los desechos de construcción y demolición, para la elaboración de un nuevo concreto, rigiéndose a las normas ASTM Internacional y NMX vigentes, todo esto para ser aplicado en obras de construcción con concretos de menor resistencia ($f'c=150 \text{ kg/cm}^2$) y reducir el impacto sobre el medio ambiente que se genera por el irregular manejo de los desechos de construcción. Se realizaron los ensayos de las probetas de acuerdo a las normas antes mencionadas, con lo cual se mostrará lo factible de la investigación. Los resultados revelaron que los agregados reciclados del concreto premezclado, producen concretos de clase dos, utilizadas en obras de menor envergadura como: banquetas, guarniciones, plantillas de concreto pobre, pisos de casa habitación, canchas deportivas y otros usos que se le pueden asociar a obras con concreto de baja resistencia menores a $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$. Este artículo de investigación nos brinda datos de los usos del concreto reciclado permisibles dependiendo de su resistencia a la compresión que nos servirán en la investigación para la discusión y comparación de resultados.

Bedoya y Dzul (2015, P. 99-108), en su artículo publicado en la Revista Ingeniería de Construcción: *“El Concreto con Agregados Reciclados como Proyecto de Sostenibilidad Urbana”*, tiene como objetivo elaborar un concreto usando agregados reciclados obtenidos de la valorización de escombros de concreto y mampostería. La investigación seguirá lo normado en la NTC 1377 y la ASTM C192M, según esto, para determinar la resistencia al esfuerzo de compresión se elaborarán 30 muestras de concreto de diferentes edades (3, 7, 14, 28, 56 y 91 días). Los resultados obtenidos con sustituciones de agregados naturales por agregados reciclados gruesos y finos en porcentajes del 25%, 50%, 100%, permiten concluir que se pueden elaborar concretos estructurales y no estructurales para uso en la construcción. Esta investigación nos servirá para comparar resultados de acuerdo a los porcentajes y edades del concreto, con los datos de nuestro concreto con agregado reciclado.

Carizaile y Anquise (2015), en su tesis presentada para optar el título profesional de Ingeniero Civil denominada: *“Viabilidad del Uso de Concreto Reciclado para la Construcción de Viviendas en la Ciudad de Tacna”*, el objetivo principal que plantea este trabajo de investigación es estudiar las propiedades del concreto fabricado con agregado reciclado, dar a conocer si su uso es viable para construcción de viviendas en la ciudad de Tacna y comparar su costo de fabricación con un concreto convencional. Para la investigación se tuvieron que realizar 16 diseños de mezclas que servirán para la fabricación de concreto reciclado, considerando porcentajes de sustitución de 0%, 20%, 50%, y 100%, para resistencias a la compresión de 210 kg/cm² a 280 kg/cm² con la inclusión de aditivos, todo ello siguiendo las Normas NTP y la ASTM International. Con la investigación obtienen que el concreto reciclado posee las mismas propiedades que un concreto convencional, sin embargo, su costo de producción es más elevado a comparación de un concreto convencional. Tomaremos en cuenta de este proyecto de

investigación los diseños de mezcla propuestos, para relacionarlos con los que se realizarán en esta investigación y comparar los resultados obtenidos.

Asencio (2014), en su tesis presentada para optar el título profesional de Ingeniero Civil denominada “*Efecto de los agregados de Concreto Reciclado en la Resistencia a la Compresión sobre el Concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$* ”, tuvo como objetivo determinar el efecto que causa el agregado de concreto reciclado cuando es sometido a un ensayo de resistencia a la compresión de un concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$. Los ensayos se realizaron a partir de la elaboración de especímenes estándar según norma NTP 339.183:2013 o ASTM C192, con agregados de concreto reciclado y agregados naturales para un $F'c=210\text{kg/cm}^2$ de diseño a los 28 días de edad. Los resultados experimentales mostraron que la resistencia a la compresión del concreto de $F'c=210\text{kg/cm}^2$ elaborado con agregados de concreto reciclado es de 15.49% menor que el concreto de $F'c=210\text{kg/cm}^2$ elaborado con agregados naturales. Esta investigación nos permitirá comparar los resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto con diferentes porcentajes de agregado de concreto de demolición en sus diferentes edades.

1.6. Bases Teóricas

1.6.1. Residuos Sólidos de Construcción y Demolición (RCD)

Son aquellos residuos generados en las actividades y procesos de construcción, el cual comprende las obras nuevas, cercado, obras menores, ampliación, rehabilitación, restauración y demolición de edificaciones e infraestructura.

(Artículo 6 del Decreto Supremo N° 019-2016-VIVIENDA)

Estos residuos se generan de diversas maneras y en los diferentes procesos constructivos que conforman la obra en su totalidad.

Debemos tener en cuenta que los RCD, de acuerdo con el Artículo 7 del Decreto Supremo N° 019-2016-VIVIENDA se dividen en:

Residuos Sólidos de la Construcción y demolición peligrosos, comprende residuos como:

- Restos de madera tratada, contrachapados de madera.
- Envases de removedores de pinturas, aerosoles, solventes, lubricantes, removedores de grasa, adhesivos, pesticidas, filtros de aceite, colas, lacas.
- Restos de tubos fluorescentes, transformadores, condensadores, etc.
- Restos de PVC (sometidos a temperaturas mayores a 40°C).
- Restos de planchas de fibrocemento con asbesto, pisos de vinilo o asbestos.
- Restos de cerámicos, baterías.

Residuos no peligrosos (reutilizables, reciclables), incluye a los residuos como:

- Desmonte limpio.
- Instalaciones (mobiliario fijo de cocina y cuartos de baño).
- Cubiertas (tejas, tragaluces y claraboyas, soleras prefabricadas, tableros).
- Fachadas (puertas, ventanas, revestimiento de piedra, elementos prefabricados de hormigón).
- Particiones interiores (mamparas, tabiquerías móviles y fijas, barandillas, puertas y ventanas).
- Acabados interiores (cielo raso, pavimentos flotantes, alicatados, elementos de decoración).
- Estructura (vigas y pilares, elementos prefabricados de hormigón).

1.6.2. Agregados

Se denomina agregado al conjunto de partículas de diversos tamaños que se pueden encontrar en la naturaleza (finos, arenas y gravas). Debido a la acción de

diversos agentes naturales la roca se desintegra formando así el agregado natural, cuando esta acción es provocada por la mano del hombre se le denomina agregado de trituración, siendo este método el más usado, ya que nos permite obtener el tamaño adecuado. (Constructor Civil, 2010).

La finalidad de los agregados es abaratar los costos de la mezcla y dotarla de ciertas características favorables dependiendo de la obra que se quiera ejecutar. Constituye entre un 70% y 85% del peso total de la mezcla. (Gonzales,2019).

Dependiendo de sus características y dimensiones la Norma Técnica Peruana clasifica y denomina a los agregados en:

Agregado Fino (NTP 400.037, ASTM C33): según Polanco (2014): “Los agregados finos consisten en arena natural o piedra triturada siendo la mayoría de sus partículas menores que 5mm” (p.11), es el material que pasa el tamiz de 3/8” y queda retenido en el tamiz N°100.

El agregado fino o arena se usa como llenante, además actúa como lubricante sobre los que ruedan los agregados gruesos dándole manejabilidad al concreto. (El Agregado fino del Concreto. Recuperado de <http://elconcreto.blogspot.com/2009/04/el-agregado-fino-del-concreto.html>).

La Tabla 1 muestra los límites de gradación que deberá tener el agregado fino al pasar por los tamices.

Tabla 1
Granulometría del Agregado Fino

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

Fuente: Tomada de NTP 400.037: AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto.

Agregado Grueso (NTP 400.037, ASTM C33): consisten en una grava o una combinación de gravas o agregado triturado cuyas partículas sean predominantemente mayores que 5mm y generalmente entre 9.5mm y 38mm (aquellas que pasan el tamiz N°4), las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables para la elaboración de una mezcla. (Polanco,2014).

Carrillo (2013) afirma: “Que la piedra chancada mejora las propiedades más importantes del concreto, como: resistencia a la compresión y la adherencia” (p.15).

El agregado grueso deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 2 según los husos especificados.

Tabla 2
Requisitos Granulométricos del Agregado Grueso

HUSO	T.M.N.	Porcentaje que pasa por las Tamices Normalizadas													
		100 mm 4 "	90 mm 3 1/2"	75 mm 3 "	63 mm 2 1/2"	50 mm 2 "	37,5 mm 1 1/2"	25 mm 1 "	19 mm 3/4 "	12,5 mm 1/2 "	9,5 mm 3/8 "	4,75 mm N° 4	2,36 mm N° 8	1,18 mm N° 16	300 mm N° 50
1	90mm a 37,5mm	3 1/2" a 1 1/2"	100	90 a 100	-	25 a 60	-	0 a 15	-	0 a 15	-	-	-	-	-
2	63mm a 37,5mm	3 1/2" a 1 1/2"	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-
3	50mm a 25mm	2" a 1"	-	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 15	-	-	-	-
357	50mm a 4,75mm	2" a N°4	-	-	-	100	90 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	-	0 a 5	-	-
4	37,5mm a 19mm	1 1/2" a 1/4"	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	-	0 a 5	-	-	-	-
467	37,5mm a 4,75mm	1 1/2" a N°4	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	0 a 5	-	-	-
5	25mm a 9,5mm	1" a 1/2"	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-	-
56	25mm a 9,5mm	1" a 3/8"	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-	-
57	25mm a 4,75mm	1" a N°4	-	-	-	-	100	90 a 100	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-	-
6	19mm a 9,5mm	3/4" a 3/8"	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-	-	-
67	19mm a 4,75mm	3/4" a N°4	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-
7	12,5mm a 4,75mm	1/2" a N°4	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-	-
8	9,5mm a 2,36mm	3/8" a N°8	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	-
89	9,5mm a 1,18mm	3/8" a N°16	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	25 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4,75mm a 1,18mm	N° 4 a N° 16	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente: Tomada de NTP 400.037: AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto.

1.6.3. Cemento

El cemento es una sustancia conglomerante formado a partir de la caliza y arcilla calcinadas, hasta este punto de la molienda entre estas rocas es llamada Clinker, esta se convierte en cemento cuando se le agrega yeso. Mezclado con agregados pétreos (agregado grueso y fino) y agua, crea una mezcla uniforme, maleable y plástica; denominada concreto. (Zamora, 2014).

Cemento Portland (NTP 334.009, ASTM C150): según la norma NTP 334.009, lo define como: “cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente sulfato de calcio y eventualmente caliza como adición durante la molienda” (p.4).

Los tipos de cemento Portland, están clasificados de acuerdo a sus propiedades específicas:

- **Tipo I:** para uso general que no requiera propiedades especiales de cualquier otro tipo.
- **Tipo II:** para uso general, y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.
- **Tipo III:** para ser utilizado cuando se requiere altas resistencias iniciales.
- **Tipo IV:** para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación.
- **Tipo V:** cuando se requiera alta resistencia a los sulfatos.

1.6.4. Agua

Para la fabricación del concreto el agua cumple dos funciones importantes, como agua de mezclado y como agua de curado. Para la primera, casi cualquier

agua natural, que no tenga sabor, olor y ningún otro contaminante, este elemento ocupa entre el 10 y 25 por ciento de cada metro cubico producido. (USAT, 2014).

La cantidad de agua a utilizarse en las mezclas de concreto es muy importante. Cuando la mezcla no es manejable y se incrementa la cantidad de agua, se pierden propiedades importantes del concreto. (Manual del Maestro Constructor. Recuperado de <http://www.acerosarequipa.com>).

1.6.5. Concreto

El concreto es una mezcla de arena, piedra, aire, agua y cemento hidráulico, y en algunas ocasiones aditivos; que inicialmente tiene características de plasticidad y moldeabilidad, compuestos en un medio adherente, para posteriormente endurecer y adquirir propiedades resistentes permanentes, haciéndolo ideal como material de construcción. (Sika. Recuperado de <https://per.sika.com>).

Las propiedades del concreto se presentan en dos estados:

Estado Fresco o Plástico: el concreto en estado fresco es desde que se mezcla el concreto hasta que fragua el cemento. (Rivera,2014). El comportamiento del concreto fresco depende de:

- **Trabajabilidad:** es la facilidad que tiene el concreto para ser mezclado, transportado, manipulado y puesto en obra. El concreto debe ser trabajable pero no se debe segregar ni sangrar excesivamente. (Kosmatka et al, 2004).
- **Segregación:** ocurre cuando los agregados gruesos, que son más pesados, como la piedra chancada, se separan de los demás materiales del concreto. Es importante controlar el exceso de segregación para evitar mezclas de mala calidad, es decir evitar que el agregado grueso se asiente en la mezcla de concreto. (Manual del Maestro Constructor. Recuperado de <http://www.acerosarequipa.com>).

- **Exudación:** es un fenómeno que se produce por el ascenso del agua de amasado de una mezcla de concreto durante el tiempo que dura su fraguado. La pérdida de agua por exudación tiene una parte positiva que es la de reducir la relación agua/cemento del concreto con una repercusión favorable sobre las resistencias. (Exudación del Hormigón. Recuperado de <http://www.ingeniero-de-caminos.com>).
- **Contracción:** debido a la pérdida de agua por evaporación se produce cambios de volumen en el concreto, causada por las variaciones de humedad y temperatura del medio ambiente. El no poder controlar la contracción produce problemas de fisuración, una medida para reducir este problema es cumplir con el curado adecuado del concreto. (Manual del Maestro Constructor. Recuperado de <http://www.acerosarequipa.com>).

Estado Endurecido: en este proceso el concreto pasa de su estado fresco a un estado más rígido. Después de que el concreto ha fraguado empieza a ganar resistencia y se endurece. Las propiedades en el estado endurecido son:

- **Curado:** se refiere al proceso donde se mantiene a una temperatura y humedad adecuada después del vaciado, con el objetivo de desarrollar la resistencia y durabilidad esperada. Cuando el cemento se mezcla con el agua reacciona químicamente dando lugar a la hidratación y por ende al endurecimiento del concreto. (Técnicas para el buen curado del concreto. Recuperado de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/tecnicas-para-el-buen-curado-del-concreto>).
- **Resistencia:** es la capacidad del concreto para soportar las cargas y esfuerzos que se le apliquen, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento. Algunos factores afectan la resistencia como: la relación

agua/cemento, el contenido de cemento y las condiciones de curado.

(Concreto Endurecido. Recuperado de

<https://prezi.com/xwrykdmbzfin/concreto-endurecido/>).

- **Durabilidad:** es la capacidad del concreto, una vez endurecido, de mantener sus propiedades a través del tiempo, aún en aquellas condiciones de exposición que normalmente podrían disminuir o hacerle perder su capacidad estructural. (Oré, 2014).
- **Impermeabilidad:** es la capacidad que tiene el concreto en su estado endurecido de no absorber, ni dejar pasar fluidos a través de su estructura.

1.6.6. Propiedades Físicas del Agregado

El agregado influye en la resistencia, endurecimiento y durabilidad del concreto, por esto las principales propiedades que debe cumplir el agregado son:

Análisis Granulométrico (NTP 400.012, ASTM C136): es el procedimiento manual o mecánico por medio del cual se pueda separar las partículas constitutivas del agregado según tamaños, de tal manera que se puedan conocer las cantidades en peso de cada tamaño que aporta el peso total. (Universidad Centro Americana [UCA], 2017).

La NTP 400.012 nos señala los tamices utilizados para el ensayo para cada tipo de agregado:

Los tamices correspondientes para el agregado fino son de 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y un recipiente de fondo para los materiales de más finos.

Los tamices correspondientes para el agregado grueso son de 3", 2½", 2", 1½", 1", ¾", ½", 3/8", N°4 y un fondo para los materiales de menor tamaño.

El Muestreo según nos indica la norma NTP 400.012 para el ensayo del agregado fino, será de 300 g como mínimo. Para el agregado grueso, la cantidad mínima de muestra se indica en la Tabla 3.

Tabla 3

Cantidad mínima de la muestra de Agregado Grueso

T.M.N.	Peso mínimo de Ensayo (kg)
3/8"	1
1/2"	2
3/4"	5
1"	10
1 1/2"	15
2"	20
2 1/2"	35

Fuente: Adaptada de NTP 400.012: AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

Módulo de Finura (NTP 400.012, ASTM C136): según Rivera (2011) nos dice que: “El módulo de finura es un factor empírico que permite estimar que tan fino o grueso es un material” (p.60).

Para el caso del agregado fino, se calcula a partir del análisis granulométrico sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100; y dividiendo dicha suma entre 100. (Zamora, 2014).

$$M.F = \frac{\% \text{ Ret. Acum. Tamices (N}^{\circ}4, \text{N}^{\circ}8, \text{N}^{\circ}16, \text{N}^{\circ}30, \text{N}^{\circ}50, \text{N}^{\circ}100)}{100} \quad (1)$$

Para el caso del agregado grueso, se calcula a partir del análisis granulométrico sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices 1", 3/4", 3/8", N°4, más el valor de 500; y dividiendo dicha suma entre 100. (Zamora, 2014).

$$M.G = \frac{\% \text{ Ret. Acum. Tamices } (1", 3/4", 3/8", N^{\circ}4) + 500}{100} \quad (2)$$

Tamaño Máximo: para Arrieta y Torre (2017) el tamaño máximo es: “El menor tamiz por el que pasa toda la muestra” (p. 23). De manera práctica representa el tamaño de la partícula más grande que tiene el material.

Tamaño Máximo Nominal (TMN): para Arrieta y Torre (2017) el tamaño máximo nominal es: “El menor tamiz que produce el primer peso retenido” (p. 23). Indica de mejor manera el promedio de la fracción gruesa.

Densidad de Masa (NTP 400.017, ASTM C29): conocido también por “Peso Unitario”, es la masa de una unidad de volumen de la masa material del agregado; es decir, es el peso que alcanza un determinado volumen unitario, expresado en unidades de kg/m³. (Gonzales, 2019).

Para realizar el ensayo la NTP 400.017 nos indica los límites de capacidad del recipiente de acuerdo al tamaño del agregado establecidos en la Tabla 4.

Tabla 4
Capacidad del Recipiente para la Densidad de Masa

TMN, pulg (mm)	Capacidad del Recipiente (pie ³)
1/2 (12.5)	1/10
1 (25)	1/3
1 1/2 (37.5)	1/2
3 (75)	1

Fuente: Adaptada de NTP 400.017: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados.

Para determinar la densidad de la masa la norma NTP 400.017 nos explica los siguientes métodos de ensayo:

- **Procedimiento de Apisonado:** también conocido como Peso Unitario Compactado (PUc), este método se aplicará para agregados de tamaño máximo nominal de 37.5 mm o menos. (Arrieta & Torre, 2017).

Para el cálculo del PUc, se hará mediante la siguiente fórmula:

$$PUc = \frac{Pc - Pr}{Vr} \quad (3)$$

Donde:

PUc	=	Peso Unitario Compactado, kg/cm ³ .
Pc	=	Peso agregado compactado, kg.
Pr	=	Peso de recipiente, kg.
Vr	=	Volumen de recipiente, m ³ .

- **Procedimiento para Peso Suelto:** también llamado Peso Unitario Suelto (PUs), en este ensayo se establece la relación peso/volumen dejando caer el agregado libremente desde cierta altura, en un recipiente de volumen conocido. (Zamora, 2014).

Para el cálculo del PUs, se hará mediante la siguiente fórmula:

$$PUs = \frac{Ps - Pr}{Vr} \quad (4)$$

Donde:

Pus	=	Peso Unitario Seco, kg/cm ³ .
Ps	=	Peso agregado suelto, kg.
Pr	=	Peso de recipiente, kg.
Vr	=	Volumen de recipiente, m ³ .

Contenido de Humedad (NTP 339.185, ASTM C566): es el total de agua que contiene el agregado en un momento dado. Si se expresa como porcentaje de la muestra seca, se le denomina Porcentaje de Humedad, pudiendo ser mayor o menor que el porcentaje de absorción. (Zamora, 2014)

La norma NTP 339.185 indica que la muestra deberá protegerse contra la pérdida de humedad antes de determinar su masa, la cantidad mínima de masa que se evaluará para este ensayo se señala en la Tabla 5.

Tabla 5

Tamaño de la muestra de Agregado para el Contenido de Humedad

TMN, pulg (mm)	Masa mínima de la muestra (kg)
Nº 4 (4.8)	0.5
3/8 (9.5)	1.5
1/2 (12.5)	2.0
3/4 (19)	3.0
1 (25)	4.0
1 1/2 (37.5)	6.0

Fuente: Adaptada de NTP 339.185: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.

La siguiente fórmula se aplicará para encontrar el valor del contenido de humedad:

$$H = \frac{(W_h - W_s)}{W_s} \times 100 \quad (5)$$

Donde:

H = Porcentaje de Humedad, %.

W_h = Peso del agregado en estado húmedo, g.

W_s = Peso del agregado en estado seco, g.

Densidad Relativa y Absorción (NTP 400.021, ASTM C127 / NTP 400.022, ASTM C128): la densidad relativa o peso específico es la característica que se utiliza para determinar el volumen ocupado por el agregado en la mezcla del concreto (factor importante en el diseño de mezclas) y se define por la relación entre el peso y el volumen de una masa determinada, expresada en kg/m^3 . (Huaycani & Huaycani, 2018).

Para determinar el peso específico se desarrollarán diferentes ensayos, los cuales se explican a continuación:

Peso Específico de Masa (Pe.M): es la masa de las partículas de agregado secado al horno por unidad de volumen de partículas de agregado, incluyendo el volumen de poros permeable e impermeables dentro de las partículas, pero sin incluir los espacios vacíos entre las partículas. (NTP 400.021, 2018).

Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente Seca (Pe.SSS): de similar concepto que el peso específico de masa, sino que, en este caso la masa del agregado se encuentra en estado saturado superficialmente seca. (NTP. 400.022, 2013).

Peso Específico Aparente (Pe.A): la norma NTP 400.021 nos dice que: “es la masa por unidad de volumen de la porción impermeable de las partículas del agregado”. (p.6).

Absorción (% Abs): Zamora (2014) lo define como: “La capacidad que tienen los agregados para llenar de agua los vacíos permeables de su estructura interna, al ser sumergidos en agua por un periodo de 24 horas”. (p.24).

Para el Agregado Grueso:

La cantidad mínima de muestra de agregado que se utilizara para el ensayo se observa en la Tabla 6.

Tabla 6*Masa mínima de muestra para ensayo de Peso Específico*

TMN, pulg (mm)	Masa mínima de la muestra (kg)
1/2 (12.5)	2.0
3/4 (19)	3.0
1 (25)	4.0
1 1/2 (37.5)	6.0
2 (50)	8.0
2 1/2 (63)	12.0

Fuente: Adaptada de NTP 400.021: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.

Se determinará el peso específico y su porcentaje de absorción siguiendo las fórmulas dadas en la norma NTP 400.021, mostradas a continuación:

$$Pe.M = \frac{A}{B - C} \quad (6)$$

$$Pe.SSS = \frac{B}{B - C} \quad (7)$$

$$Pe.A = \frac{A}{A - C} \quad (8)$$

$$\% Abs = \frac{B - A}{A} \times 100 \quad (9)$$

Donde:

A = Peso de la muestra secada al horno, g.

B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca, g.

C = Peso de la muestra sumergida en agua, g.

Para el Agregado Fino:

Se aplicará el Método del Cono, el cual se realiza para evaluar el nivel de saturación de una muestra de agregado.

Arrieta y Torre (2017) nos dicen que: “Para evaluar el nivel de saturación de la muestra, está en función a la forma adquirida por el montículo de arena”. (p.33).

- Si el montículo no se deforma en lo absoluto respecto a su forma inicial la muestra está completamente saturada y debe dejarse secar nuevamente.
- Si el montículo presenta caída de material por los costados la muestra se encuentra en condición saturada superficialmente seca (SSS).
- Si el montículo se desmorona por completo la muestra se encuentra seca y debe humedecerse nuevamente.

Se muestra a continuación, las fórmulas establecidas por la norma NTP 400.022 para hallar el peso específico y la absorción del agregado fino:

$$Pe.M = \frac{A}{(B + S - C)} \quad (10)$$

$$Pe.SSS = \frac{S}{(B + S - C)} \quad (11)$$

$$Pe.A = \frac{A}{(B + A - C)} \quad (12)$$

$$\% Abs = \frac{S - A}{A} \times 100 \quad (13)$$

Donde:

A	=	Peso de la muestra secada al horno, g.
B	=	Peso del picnómetro llenado de agua, g.
C	=	Peso del picnómetro lleno de la muestra y agua, g.
S	=	Peso de la muestra saturada superficialmente seca, g.

1.6.7. Diseño de Mezcla

Se conoce como diseño de mezcla, al procedimiento mediante el cual se calculan las cantidades necesarias de todos y cada uno de los componentes que intervienen en una mezcla de concreto, para obtener de ese material el comportamiento deseado, tanto durante su estado plástico, como después, en su estado endurecido. (Carrillo & Foglio, citado en Erazo, 2018).

Para el desarrollo de la investigación se aplicará el método del Comité 211 del ACI (Instituto Americano del Concreto), norma que rige los diseños de mezcla de concreto basados en algunas tablas, las mismas que permiten obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cubica del concreto. (García, 2017).

Seguiremos a continuación el proceso para el diseño de mezcla:

Cálculo de la resistencia promedio (f'_{cr}): al no contar con registros de ensayos previos que nos puedan facilitar el dato de la desviación estándar, la norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E.), dice que la resistencia promedio se determinara de acuerdo a los valores de la Tabla 7.

Tabla 7
Resistencia a la Compresión Promedio

Resistencia especificada a la compresión, kg/cm^2	Resistencia promedio requerida a la compresión, kg/cm^2
$f'c < 214.14$	$f'_{cr} = f'c + 71.38$
$214.14 \leq f'c \leq 356.90$	$f'_{cr} = f'c + 86.68$
$f'c > 356.90$	$f'_{cr} = 1.1 f'c + 50.98$

Fuente: Adaptada del RNE - E. 060 CONCRETO ARMADO. Capítulo 5: Calidad del Concreto, Mezclado y Colocación.

Selección del Tamaño Máximo Nominal (TMN): el tamaño máximo nominal del agregado grueso será compatible con las dimensiones y características de la

estructura. La norma E.060 del R.N.E. nos dice que el TMN del agregado grueso no deberá exceder:

- Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados.
- Un tercio del peralte de las losas.
- Tres cuartos del espacio libre mínimo entre las barras de acero.

Selección del Asentamiento (Slump): Rivva (2017) nos dice que: “la consistencia es aquella propiedad del concreto no endurecido que define el grado de humedad de la mezcla”. (p.55). Por lo tanto, podemos seleccionar el asentamiento de acuerdo a la Tabla 8.

Tabla 8
Consistencia y Asentamiento de la Mezcla

Consistencia	Asentamiento	Trabajabilidad
Seca	0" a 2"	Poco trabajable
Plástica	3" a 4"	Trabajable
Húmeda	$\geq 5"$	Muy trabajable

Fuente: Tomada de Zamora (2014). Pág. 39.

Selección del Volumen Unitario de Agua: es la cantidad de agua que se debe agregar a la mezcla, por unidad cúbica de concreto, para lograr una consistencia determinada cuando el agregado está en estado seco, será corregida después en función del porcentaje de absorción y el contenido de humedad. (Rivva, 2017).

La selección del volumen de agua está sujeta a los factores de asentamiento y el TMN, definidos en la Tabla 9.

Tabla 9
Volumen Unitario de Agua

SLUMP	Agua, en l/m ³ , para el TMN del agregado grueso y consistencia				
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"
Concretos sin Aire Acondicionado					
1" a 2"	207	199	190	179	166
3" a 4"	228	216	205	193	181
6" a 7"	243	228	216	202	190
Concretos con Aire Acondicionado					
1" a 2"	181	175	168	160	150
3" a 4"	202	193	184	175	165
6" a 7"	216	205	197	184	174

Fuente: Adaptado de Rivva (2017). Pág. 58.

Selección del Contenido de Aire: Romero & Hernández (2014) mencionan que: “El contenido de aire beneficia la manejabilidad y la cohesión de la mezcla”. (p.37).

La Tabla 10 muestra los valores aproximados del aire atrapado, en mezclas de concreto sin aire incorporado.

Tabla 10
Contenido de Aire Atrapado

TMN	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"
Aire Atrapado	3.00%	2.50%	2.00%	1.50%	1.00%	0.50%

Fuente: Adaptado de Rivva (2017). Pág. 62.

Selección de la Relación Agua Cemento (A/C): este es el factor más importante en el diseño de mezclas, porque con él se pueden determinar los requisitos de resistencia, durabilidad, permeabilidad y acabado. (Romero et al, 2014).

Los valores dados en la Tabla 11 para la relación agua cemento por resistencia, están relacionados con la resistencia promedio, ya sea que se trate de concretos sin o con aire incorporado. (Rivva, 2017).

Tabla 11
Relación Agua/Cemento por Resistencia

f'cr (28 días)	Relación agua/cemento de diseño en peso	
	Concretos sin Aire Incorporado	Concretos con Aire Incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40

Fuente: Adaptado de Rivva (2017). Pág. 66.

Cálculo del Factor Cemento (FC): es el cálculo del cemento por unidad cúbica de concreto, expresada en unidades de kg, se halla mediante la fórmula siguiente:

$$FC = \frac{\text{Volumen Unitario de Agua}}{\text{Relación A/C}} \quad (14)$$

Selección del contenido de Agregado Grueso: se determina mediante la Tabla 12 que está en función del TMN del agregado grueso y del módulo de finura del agregado fino, obteniéndose de esta tabla el coeficiente **b/b₀** expresado en m³.

Tabla 12*Volumen del Agregado Grueso por Unidad de Volumen de Concreto*

N TMN	Módulo de Finura			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72

Fuente: Adaptado de Rivva (2017). Pág. 79.

Para hallar el peso del agregado grueso (P.Ag) utilizaremos el coeficiente **b/b₀** en la siguiente fórmula:

$$P.Ag = b/b_0 \times \text{Peso Seco Compactado} \quad (15)$$

Cálculo de Volúmenes Absolutos (VA): obtenidos los pesos de la mayoría de los componentes del concreto, procedemos a calcular los volúmenes absolutos de acuerdo a las siguientes fórmulas para cada uno de ellos:

$$\text{Cemento} = \frac{\text{Factor Cemento}}{\text{Peso Específico del Cemento}} \quad (16)$$

$$\text{Agua} = \frac{\text{Volumen Unitario de Agua}}{\text{Peso Específico del Agua}} \quad (17)$$

$$\text{Aire} = 1 \times \text{Contenido de Aire} \quad (18)$$

$$\text{Agregado Grueso} = \frac{\text{Peso del Agregado Grueso}}{\text{Peso Específico del Agregado Grueso}} \quad (19)$$

Al final realizamos la suma de todos los volúmenes absolutos conocidos.

$$\Sigma VA = \text{Cemento} + \text{Agua} + \text{Aire} + \text{Agregado Grueso} \quad (20)$$

Cálculo del Contenido de Agregado Fino: obtendremos el volumen absoluto y peso del agregado fino (P. Af) siguiendo las fórmulas respectivamente:

$$VA \text{ Agregado Fino} = 1 - \Sigma VA \quad (21)$$

$$P. Af = VA \text{ Agregado Fino} \times \text{Peso Específico Agregado Fino} \quad (22)$$

Corrección por Humedad del Agregado: una vez obtenido los valores de diseño en proporciones secas, estas deben ser corregidas en función de las condiciones de humedad de los agregados finos y gruesos. (García, 2017).

$$P. Húmedo = \text{Peso del Agregado} \times (1 + \text{Contenido de Humedad}) \quad (23)$$

$$H. Superficial = \text{Contenido de Humedad} - \% \text{Absorción} \quad (24)$$

$$A. Humedad = \text{Peso del Agregado} \times H. Superficial \quad (25)$$

Finalmente, con los valores del Aporte de Humedad de los agregados fino y grueso obtendremos el valor del agua efectiva utilizada en la mezcla, veremos a continuación las fórmulas para hallar dichos valores:

$$AH \text{ de los Agregados} = AH \text{ Ag. Grueso} + AH \text{ Ag. Fino} \quad (26)$$

$$\text{Agua Efectiva} = V. \text{Unitario de Agua} - AH \text{ de los Agregados} \quad (27)$$

Luego de hacer las correcciones pertinentes a los materiales, procedemos a obtener las proporciones correctas para la mezcla de concreto.

1.6.8. Ensayo de Asentamiento

Para Gamero (citado en Morales, 2017) nos dice que: “el método que define la consistencia de la mezcla por el asentamiento es el ensayo del Cono de Abrams”. (p.15). Normados en la NTP 339.035 y ASTM C143.

Se le conoce como asentamiento a la diferencia de alturas que existe entre la parte superior del molde y la parte superior de la mezcla fresca después de retirar el molde, esta medida se expresa en centímetros o pulgadas. (UCA, 2017).

A continuación, explicaremos la forma que adopta la mezcla (ver Figura 2) de acuerdo a la norma NTP 339.035:

Asentamiento Verdadero: se trata de concreto con excelente trabajabilidad, el asentamiento se encuentra entre un rango de 2" a 7".

Asentamiento de Corte: indica que el concreto carece de plasticidad y cohesión.

Asentamiento de Derrumbamiento: indica un concreto pobre, elaborado con agregados gruesos en exceso.

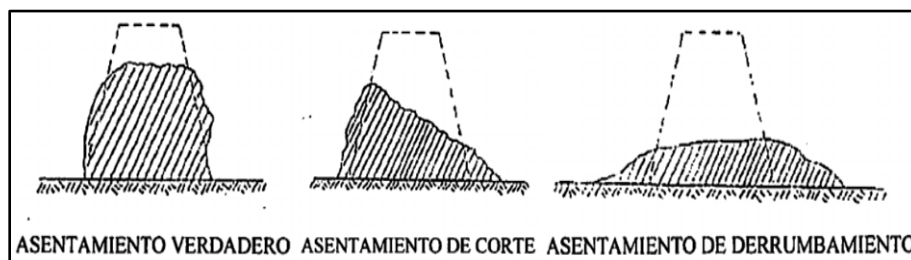


Figura 2: Formas de Asentamiento

Fuente: NTP 339.035

1.6.9. Conformado de Probetas

La elaboración de probetas cilíndricas es muy importante, ya que permitirán después de un tiempo establecido, determinar la resistencia del concreto por compresión. (NTP 339.183, ASTM C192).

Transcurrido un tiempo entre 18 y 24 horas después del llenado de los moldes cilíndricos, se procederá a desmoldar las probetas, luego serán colocadas en una poza con agua para sumergirlas y mantener un adecuado curado. (Gonzales, 2019).

1.6.10. Ensayo de Resistencia a la Compresión

La resistencia a la compresión se mide tronando probetas cilíndricas de concreto, sometidas a una carga axial en una máquina de ensayos de compresión, los requerimientos pueden variar desde 17MPa (173 kg/cm²) para concreto residencial hasta 28MPa (285 kg/cm²) y más para estructuras comerciales. (Civilgeeks.com, 2017. Recuperado de: <https://civilgeeks.com>).

Para la norma NTP 339.034 y la ASTM C39, las probetas deben ensayarse tan pronto como sea posible después de sacarlas del agua, las cuales estarán sujetas a tolerancias de tiempo como muestra la siguiente Tabla 13.

Tabla 13
Tolerancia de Tiempo

Edad de Ensayo	Tolerancia Permisible
24h	± 0.5 h o 2.1 %
3d	± 2 h o 2.8 %
7d	± 6 h o 3.6 %
28d	± 20 h o 3.0 %
90d	± 48 h o 2.2 %

Fuente: Tomada de NTP 339.034: HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.

La resistencia a la compresión (f'_c) es el cociente de dividir la carga aplicada hasta que rompa la probeta entre el área promedio de la probeta, expresado en kg/cm².

1.7. Definición de Términos Básicos

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma G.040 – Definiciones, precisa como:

Construcción: acción que comprende las obras de edificación nueva, de ampliación, reconstrucción, refacción, remodelación, acondicionamiento y/o puesta en valor, así como las obras de ingeniería.

Demolición: es la obra que se ejecuta para eliminar parcial o totalmente una edificación existente.

Edificación: obra de carácter permanente, cuyo destino es albergar actividades humanas. Comprende las instalaciones fijas y complementarias adscritas a ella.

Obra Menor: obra que se ejecuta para modificar excepcionalmente, una edificación existente y que no altera sus elementos estructurales, ni su función.

De acuerdo con el Reglamento para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, Anexo 1 – Definiciones, explica como:

Botadero: acumulación inapropiada de residuos en vías y espacios públicos, así como en áreas urbanas, rurales o baldías que generan riesgos sanitarios o ambientales.

Para efectos del Reglamento para la Gestión y Manejo de Residuos de las Actividades de la Construcción y Demolición, Anexo 1 – Glosario de Términos, se entiende por:

Concreto de demolición: fragmentos de concreto obtenidos por demolición de elementos de concreto simple, armado, excedente de obra y/o el de pavimentos de concreto, provenientes de construcciones civiles.

Concreto reciclado: concreto cuyos agregados provienen parcial o completamente de granulados de concreto, gravas y/o arena de reciclaje.

Para el portal Inforeciclaje, se define como:

Reciclaje: consiste en obtener una nueva materia prima o producto, mediante un proceso fisicoquímico o mecánico, a partir de productos y materiales ya en desuso o

utilizados. De esta forma, conseguimos alargar el ciclo de vida de un producto, ahorrando materiales y beneficiando al medio ambiente al generar menos residuos. El reciclaje surge no sólo para eliminar residuos, sino para hacer frente al agotamiento de los recursos naturales del planeta.

1.8. Formulación de la Hipótesis

El concreto de demolición en reemplazo del 25%, 50% y 75% del agregado grueso para la elaboración de un concreto reciclado, cumple con los requisitos y exigencias mínimas para el análisis, diseño y calidad del mismo.

1.9. Propuesta de Aplicación Profesional

El presente trabajo de investigación sigue los lineamientos establecidos por la Universidad Privada de Trujillo (UPRIT), de acuerdo a su enfoque investigativo, seguimos la línea de investigación: Gestión, Innovación y Tecnología en Infraestructura y Sistemas Constructivos.

Una de las áreas que comprende esta línea de investigación es la Tecnología de la Construcción con materiales tradicionales y nuevos materiales. Nuestra investigación usa como nuevo material el concreto de demolición en reemplazo del agregado grueso, elaborando así un concreto reciclado.

El concreto reciclado puede ser usado en la elaboración de elementos estructurales (zapatas, columnas, vigas y losas) y no estructurales (solados, falso piso, veredas, sardineles), su uso dependerá principalmente de los resultados obtenidos en laboratorio después de realizar los ensayos correspondientes.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Materiales

Para la investigación haremos uso de los siguientes materiales:

2.1.1. Concreto de Demolición

La obtención de los residuos sólidos de construcción se produjo de la demolición de veredas, arrojadas en un terreno vacío usado como botadero.



Figura 3: Terreno usado como botadero

El terreno se encuentra ubicado en la intersección de la Av. Carretera Industrial a Laredo y la Av. Ricardo Palma, distrito de Trujillo, región La Libertad, con coordenadas UTM WGS-84 – Zona 17S: E=720382.73m y N=9102680.14m.



Figura 4: Ubicación de Botadero

Fuente: Google Earth

2.1.2. Agregados

El agregado fino y el agregado grueso (1/2") se extrajeron de la Cantera "Carboncillo", ubicado en la Prolongación Av. Integración s/n, en el distrito de Huanchaco, sector Valdivia Baja, región La Libertad, con coordenadas UTM WGS-84 – Zona 17S: E=710343.57m y N=9110178.46m.



Figura 5: Cantera Carboncillo



Figura 6: Ubicación Cantera

Fuente: Google Earth

2.1.3. Cemento

Se utilizó el Cemento Portland Extraforte Ico, de la marca Pacasmayo, con un peso específico de 3.17 g/cm^3 cumpliendo con los requisitos físicos estipulados en la norma NTP 334.090 y la ASTM C150 (Ver Anexo 5).

2.1.4. Agua

Se usó el agua potable de la Universidad Privada de Trujillo, que proviene de la red pública de SEDALIB S.A.

2.2. Material de Estudio

2.2.1. Población

Para la investigación consideraremos como población a la mezcla de concreto reciclado, que se realizó con el Método del Comité 211 del ACI.

2.2.2. Muestra

Consideraremos como muestra a las 36 probetas de concreto reciclado elaboradas en laboratorio.

De las cuales 9 probetas serán elaboradas con los agregados convencionales (0% concreto de demolición) y servirán para comparar su comportamiento en los ensayos con las demás probetas elaboradas.

De las 27 probetas restantes se dividieron en: 9 probetas con el 25% de concreto de demolición, 9 probetas con el 50% de concreto de demolición y 9 probetas con el 75% de concreto de demolición.

Las muestras deben ser obtenidas al azar, por un método adecuado y sin tener en cuenta la aparente calidad del concreto. Se analizarán tres muestras por mezcla para cada edad de fallado (7, 14 y 28 días).

2.2.2.1 Muestreo

Elegir una muestra dependerá de los objetivos de la investigación, en este caso para nuestra investigación elegiremos un muestreo probabilístico.

Según Otzen & Manterola (2017): “El muestreo probabilístico permite conocer la probabilidad que cada individuo a estudio tiene de ser incluido en la muestra a través de una selección al azar”. (p.228). La técnica de muestreo probabilístico que elegimos para la investigación será:

Aleatorio Simple: todos los individuos de la población tienen la misma oportunidad de ser escogidos para la muestra. Esto significa que la probabilidad de selección de un sujeto a estudio “x” es independiente de la probabilidad que tienen el resto de los sujetos que integran la población. (Otzen & Manterola, 2017.p.228).

2.3. Técnicas, Procedimientos e Instrumentos

2.3.1. Recolección de Datos

La presente tesis es una Investigación Experimental, por lo tanto, la técnica a emplear para recolectar datos en la investigación será la Observación Experimental, porque recolectaremos datos a través de la manipulación de la variable controlada por los investigadores.

2.3.1.1 Instrumentos de Recolección de Datos

El instrumento de investigación se dará mediante fichas de recolección de datos, el cual será formulado por los investigadores. En la cual habrá que identificar las muestras con la información correcta respecto a la fecha, tipo de mezcla, porcentaje de agregado y edad de la muestra.

Los datos serán recolectados en su ficha respectiva de acuerdo al tipo de ensayo a realizarse, las fichas son las siguientes:

- Ficha de Ensayo de Análisis Granulométrico de los Agregados (Anexo 1).
- Ficha de Ensayo de Asentamiento (Anexo 2).
- Ficha de Ensayo de Resistencia a la Compresión (Anexo 3).

2.3.1.2 Validez

Para determinar la validez de los instrumentos de datos, los investigadores llevaron un curso de diseño de mezclas (Ver Anexo 6), además se pedirá el juicio de expertos en el tema.

2.3.1.3 Confiabilidad

Los resultados de la investigación serán confiables ya que serán obtenidos mediante ensayos en laboratorio con instrumentos certificados de acuerdo a las normas establecidas.

2.3.1.4 Objetividad

Las muestras se elaborarán de acuerdo al Método del Comité 211 del ACI sobre diseño de mezclas, sin alterar los procedimientos para alcanzar los resultados esperados.

2.3.2. Procesamiento de Datos

El proyecto de investigación de acuerdo al tipo de datos analizados, será una Investigación Cuantitativa

2.3.2.1. Investigación Cuantitativa

Trata de explicar el objeto de estudio a partir de la recolección y análisis de datos en la observación, la comprobación y la experiencia. Una de sus características es que su proceso es deductivo, el cual consiste analizar casos de forma particular para llegar a un concepto más general. (Borja, 2012).

El método a emplear en la investigación, será la estadística descriptiva porque permite recolectar los datos, con el objetivo de analizar el comportamiento de la variable.

2.3.2.2. Trabajo en Oficina

Para poder desarrollar todos los ensayos, aparte de los equipos empleados en el laboratorio, haremos uso de los programas de Microsoft Office como son el Excel y Word.

Estos programas nos servirán para crear y llenar las fichas, hojas de cálculo, tablas y gráficos. Además, ayudarán para la redacción del informe de investigación.

2.4. Operacionalización de Variables

2.4.1. Variables

Objeto de Estudio:	El Concreto Reciclado.
Variable Independiente:	Concreto de Demolición.
Variable Dependiente:	Las Propiedades del Concreto.

2.4.2. Operacionalización de Variables

Define la manera en que se observará y medirá cada característica del estudio, indicada en la Tabla 14.

Tabla 14
Operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	MEDICION	RANGO DE VARIABILIDAD
Concreto de demolición como agregado	Residuos de construcción que son producidos por obras de ampliación y/o remodelación.	Elaboraremos Diseños de Mezclas con el agregado de concreto de demoliciones.	Utilización de concreto de Demolición	Cantidad de agregado	% en peso	25, 50 y 75
				Tamaño del Agregado	Pulg.	1/2 – 3/4
			Comparación de Costos	Precios Unitarios	S/.	-
Propiedades del Concreto	Son las características que debe reunir un concreto para cumplir ciertas exigencias.	Serán evaluados de acuerdo a los diferentes tipos de ensayos de acuerdo a su estado.	Estado fresco	Asentamiento (slump)	Pulg.	1 - 3
			Estado endurecido	Resistencia Compresión	kg/cm ²	175 - 210

Fuente: Elaboración Propia.

2.5. Procedimientos Experimentales

2.5.1. Obtención del Concreto de Demolición

Para obtener el agregado de concreto de demolición que se empleara en la mezcla de concreto reciclado, se realizó el procedimiento a continuación:

Recolección y Selección: se recolectaron los residuos de construcción, encontrados en un terreno vacío, especialmente se seleccionaron los bloques pertenecientes a una misma estructura, en este caso residuos de una vereda.



Figura 7: Recolección de Residuos de Construcción

Transporte y Limpieza: los residuos se llenaron en costales y fueron trasladados hacia el laboratorio de la UPRIT, para realizar una adecuada limpieza de los residuos de construcción.

Trituración y Selección: el proceso de trituración se realizó manualmente con el uso de una punta y una comba. Para luego seleccionar solo el concreto de demolición que sea retenido en las mallas de 3/4" y 1/2".



Figura 8: Trituración de los Residuos de Construcción

2.5.2. Normatividad de Ensayos para Agregados y Concreto

Los ensayos realizados tanto para los agregados como para el concreto, siguieron lo estipulado en la Norma Técnica Peruana. Las normas aplicadas en esta investigación se detallan a continuación en la Tabla 15.

Tabla 15

Normas para Ensayos de Agregados y Concreto

ENSAYO	NORMAS	
	NTP	ASTM
AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.	400.012	C136
AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados.	400.017	C29
AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.	339.185	C566
AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.	400.021	C127
AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.	400.022	C128
CONCRETO. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland	339.035	C143
CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio.	339.183	C192
CONCRETO. Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto.	339.184	C1064
CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.	339.034	C39
Diseño de Mezclas	Comité 211 ACI	

Fuente: Elaborada por los investigadores

2.5.3. Ensayos de los Agregados

2.5.3.1. Análisis Granulométrico del Agregado fino y grueso

Equipos:

- Tamices 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 (agregado fino).
- Tamices 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8" (agregado grueso).
- Balanza Electrónica SANSON modelo EK505E máx. 5kg/11lb.
- Bandejas metálicas.



Figura 9: Equipos para el análisis granulométrico

Procedimiento:

Se realizó primero el cuarteo manualmente y se escogió una porción de las cuatro divisiones del cuarteo, ya contando con la selección se procedió a pesar la muestra según lo indicado en la Tabla 3.

Para la muestra del agregado grueso se tomó 2500g y para el agregado fino 1000g. Luego se ordenaron los tamices en forma creciente de acuerdo al tamaño de la abertura.

Se introdujo el material por los tamices y se hizo el zarandeo respectivo para obtener la retención del material por cada tamiz. Se registrará los pesos retenidos en cada tamiz.



Figura 10: Muestras de agregados después de tamizado

2.5.3.2. Densidad de Masa

Equipos:

- Molde Proctor PERUTEST serie 20, diámetro interno: 152.4mm, altura: 116.4mm, volumen: 2124mm³.
- Balanza Digital KAMBOR, capacidad 150kg, graduación 0.05kg.
- Varilla lisa de 5/8" con ambos extremos redondeados, longitud: 60cm.
- Martillo de goma KAMASA – KM 077.



Figura 11: Equipos para la densidad de masa

Procedimiento Peso Unitario Compactado:

Llenamos el molde con el agregado en tres capas de igual volumen, cada capa se compactará, con la ayuda de la varilla con 25 golpes distribuidos sobre la superficie procurando no golpear el fondo del recipiente, además se golpeará con el martillo el contorno del molde para eliminar los vacíos.

Teniendo en cuenta que en la última capa se excederá de material se enraza con la varilla lisa la superficie. Luego se procede a pesar el recipiente con el material y registraremos su valor.

Procedimiento Peso Unitario Suelto:

Dejaremos caer el agregado hacia el recipiente desde una altura de 5cm hasta cubrir por completo el molde, luego enrazamos la superficie con la varilla. Procederemos a registrar su respectivo peso.



Figura 12: Muestras para el ensayo de densidad de masa

2.5.3.3. Contenido de Humedad

Equipos:

- Horno METROTEST modelo MS-H3 serie 556.
- Balanza Electrónica SANSON modelo EK505E máx. 5kg/11lb.
- Recipientes metálicos.



Figura 13: Equipos para el contenido de humedad

Procedimiento:

Se escogió una cantidad de 1500g para el agregado fino y 2000g para el agregado grueso, según lo indicado en la Tabla 5. Se colocó el material en los recipientes y se llevó al horno a una temperatura de 110 °C, hasta que la muestra al menos haya perdido el 0.1% de su masa.

Retiramos los recipientes del horno y los dejamos enfriar al aire libre durante 2 horas aproximadamente. Luego se registrará el peso de cada muestra.



Figura 14: Muestras para el contenido de humedad

2.5.3.4. Densidad Relativa y Absorción

Equipos para el Agregado Grueso:

- Horno METROTEST modelo MS-H3 serie 556.
- Balanza Electrónica SANSON modelo EK505E máx. 5kg/11lb.
- Balanza Digital KAMBOR, capacidad 150kg, graduación 0.05kg.
- Tamiz N°4, canastilla y recipientes metálicos.
- Franela, depósito plástico.



Figura 15: Equipos para la densidad relativa del agregado grueso.

Procedimiento:

Iniciaremos tomando una muestra representativa del agregado (Tabla 6), el cual pasaremos por el tamiz N°4 para descartar partículas finas. El material retenido en la malla se procedió a lavar con el fin de eliminar el polvo y las impurezas.

Llevaremos el agregado al horno hasta que la superficie se encuentre seca, lo dejaremos enfriar para después colocarlo en la canastilla y sumergirlo en el depósito con agua por 24 horas. Después de ese periodo de

tiempo se procede a secar la muestra con una franela, registramos el peso de 2207g de la muestra en condición saturada con superficie seca.

La muestra será colocada nuevamente en la canastilla para ser sumergida en agua, con la ayuda de la balanza digital se registró el peso de 1609g de la muestra sumergida.

Por último, se procedió a llevar la muestra al horno hasta que se encuentre totalmente seca, luego lo pesamos y registramos el valor de 2215g.



Figura 16: Agregado grueso en el ensayo de densidad relativa.

Equipos para el Agregado Fino:

- Horno METROTEST modelo MS-H3 serie 556.
- Balanza Electrónica SANSON modelo EK505E máx. 5kg/11lb.
- Cono y pisón PERUTEST (Método del Cono).
- Fiola de 500ml de capacidad.
- Pipeta, bolsa plástica.
- Bandejas Metálicas.



Figura 17: Equipos para la densidad relativa del agregado fino

Procedimiento:

Tomaremos una muestra de 1000g, la cual dejaremos en un recipiente con agua por 24 horas. Transcurrido el tiempo retiraremos el material del recipiente y lo colocaremos sobre la bolsa plástica para dejarlo secar por 24 horas.



Figura 18: Agregado fino en el ensayo de la densidad relativa.

Después de secar la muestra, lo introduciremos en el cono desde una altura de caída de 3cm, luego utilizamos la barra para compactarlo con 25 golpes, retiraremos el molde rápidamente y notamos que el material solo

presenta caída por el costado del montículo que se forma (Ver figura 19), de esa manera sabemos que se obtuvo una condición saturada superficialmente seca, de la cual tomamos una muestra de 504g.



Figura 19: Muestra en condición saturada superficialmente seca.

La muestra superficialmente seca se introduce a la fiola y luego se llena de agua hasta que el nivel alcance los 500cm^3 , se agita la fiola para eliminar las burbujas de aire, registrando un peso de 954g.

Dejaremos reposar la fiola con la muestra por 30min hasta que el material se asiente, luego retiraremos el agua con la ayuda de la pipeta teniendo cuidado de no retirar las partículas finas. Llevaremos la muestra al horno por 24 horas, luego registramos el peso de 492g de la muestra seca.

Adicionalmente tomaremos el peso de la fiola llena de agua hasta el nivel de 500cm^3 , siendo el peso registrado de 652g.

2.5.4. Diseño de Mezclas

Explicaremos los pasos a seguir con el método del Comité 211 del ACI (Anexo 4), utilizado en el desarrollo de la presente investigación:

Determinar la Resistencia Promedio (f'_{cr}):

Para la investigación elaboramos mezclas con una $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, al no contar con registros para la desviación estándar tomaremos lo indicado en la Tabla 7.

Con lo cual se determinó que la resistencia promedio se obtendrá de la siguiente expresión:

$$f'_{cr} = 210 + 71.38 = 281.38 \text{ kg/cm}^2$$

Selección del Tamaño Máximo Nominal (T.M.N):

Con los porcentajes obtenidos del Análisis Granulométrico y haciendo uso de la Tabla 2, se determinó que el T.M.N es de 1/2" Huso 56.

Selección del Asentamiento (Slump)

Para nuestra mezcla elegiremos un asentamiento de 3" a 4" con una consistencia plástica de acuerdo a la Tabla 8.

Selección del Volumen Unitario de Agua:

Sabiendo que el asentamiento es de 3" a 4" y el T.M.N es de 1/2", además el concreto será sin aire acondicionado, se tomó el valor de 216 l/m^3 indicado en la Tabla 9.

Selección del Contenido de Aire:

En la Tabla 10 encontramos el valor del aire atrapado en función del T.M.N de 1/2" en concretos sin aire incorporado, siendo este valor de 2.50%.

Selección de la relación Agua/Cemento (A/C):

Teniendo el valor de la $f'_{cr} = 281.38 \text{ kg/cm}^2$ y un concreto sin aire incorporado, verificamos en la Tabla 11 que no se encuentra un valor exacto para f'_{cr} , por lo cual interpolamos los datos cercamos a la resistencia promedio para hallar A/C.

Tabla 16
Datos para la Interpolación

INTERPOLACION	
f'cr (kg/cm2)	A/C
$X_0 = 250$	$Y_0 = 0.62$
$X = 281.38$	$Y = A/C$
$X_1 = 300$	$Y_1 = 0.55$

Fuente: Elaboración propia.

La fórmula para la interpolación es la siguiente:

$$\frac{X - X_0}{X_1 - X_0} = \frac{Y - Y_0}{Y_1 - Y_0} \quad (28)$$

Reemplazamos los datos de la Tabla 16 en la fórmula (28):

$$\frac{281.38 - 250}{300 - 250} = \frac{Y - 0.62}{0.55 - 0.62}$$

Despejando la incógnita Y, tenemos que el valor A/C resultante es de 0.58.

Cálculo del Factor Cemento (FC):

Con el valor de 216 l/m³ del volumen unitario de agua y de 0.58 del A/C, mediante el uso de la fórmula (14) se obtendrá el factor cemento.

$$FC = \frac{216}{0.58} = 372.41 \text{ kg/cm}^2$$

Selección del Contenido de Agregado Grueso:

Datos del Análisis Granulométrico: T.M.N de 1/2" del agregado grueso y el Módulo de Finura de 2.62 del agregado fino. En la Tabla 12 con los datos anteriores se obtiene el valor b/b₀ de 0.57 m³.

Con el volumen del agregado grueso y el peso seco compactado obtenido en los ensayos, haremos uso de la fórmula (15) para hallar el peso del agregado grueso.

$$P.Ag = 0.57 \times 1558.38 = 888.28 \text{ kg}$$

Cálculo de Volúmenes Absolutos

Con los pesos ya obtenidos de cemento, agua, aire y agregado grueso, utilizaremos las fórmulas (16, 17, 18 y 19) respectivamente para hallar sus volúmenes.

$$Cemento = \frac{372.41}{3170} = 0.117 \text{ m}^3$$

$$Agua = \frac{216}{1000} = 0.216 \text{ m}^3$$

$$Aire = 1 \times 0.025 = 0.025 \text{ m}^3$$

$$Agregado Grueso = \frac{888.28}{3660} = 0.24 \text{ m}^3$$

Teniendo los valores se procede a obtener el volumen absoluto utilizando la fórmula (20).

$$\Sigma VA = 0.117 + 0.216 + 0.025 + 0.24 = 0.601 \text{ m}^3$$

Cálculo del Contenido de Agregado Fino

Hallaremos primero su volumen absoluto utilizando la fórmula (21), utilizando el valor hallado y el peso específico en la fórmula (22) se obtiene el peso del agregado fino.

$$VA \text{ Agregado Fino} = 1 - 0.601 = 0.399 \text{ m}^3$$

$$P.Af = 0.399 \times 2440 = 973.56 \text{ kg}$$

Para los resultados finales se tendrá q hacer las correcciones correspondientes a la humedad y absorción de los agregados.

2.5.5. Elaboración del Concreto Reciclado

Culminado el diseño de mezclas, se procederá a elaborar el concreto con las proporciones correctas.

Equipos:

- Mezcladora Eléctrica Bauker.
- Palana, carretilla.

Procedimiento:

Seleccionamos el material correspondiente a utilizar, colocamos el agregado fino y el cemento en la mezcladora, luego añadiremos el agregado grueso y/o concreto de demolición según el diseño de mezcla, y el agua progresivamente hasta notar que la mezcla tenga una apariencia homogénea.

Para la investigación prepararemos 4 mezclas:

- Mezcla con 0% concreto de demolición.
- Mezcla con 25% concreto de demolición.
- Mezcla con 50% concreto de demolición.
- Mezcla con 75% concreto de demolición.



Figura 20: Elaboración de Concreto Reciclado.

2.5.6. Ensayo del Concreto en Estado Fresco

2.5.6.1. Asentamiento del Concreto

Equipos:

- Cono de Abrams PERUTEST, con diámetro superior 100mm, diámetro inferior 200mm y altura 300mm.
- Varilla lisa de 5/8" de 60cm de longitud.
- Cinta métrica KAMASA.
- Bandeja metálica, badilejo.



Figura 21: Equipos para el asentamiento de concreto.

Procedimiento:

Verificaremos que los equipos estén previamente limpios y húmedos, colocados en una superficie plana. Colocaremos nuestros pies sobre las paletas inferiores para mantener firme el cono al momento de vaciar el concreto.

Llenaremos el molde con concreto en tres capas de igual volumen, cada capa se compacta con la varilla con 25 golpes uniformemente distribuidos en toda la sección, al terminar la última capa se enraza con la varilla y se retira el molde hacia arriba.

Colocaremos el molde al costado de la mezcla y procederemos a medir el asentamiento, este proceso lo realizaremos para las 4 mezclas.



Figura 22: Medición del asentamiento.

2.5.6.2. Temperatura

Equipos:

- Termómetro BOECO GERMANY – 50°C To + 300°C.

Procedimiento:

Tomaremos la temperatura al concreto antes de llenar las probetas, sumergiremos 3” de la punta del termómetro y lo dejaremos hasta que se muestre una lectura estable.

Las temperaturas correspondientes a las mezclas son:

- Mezcla 0% : 21.9 °C.
- Mezcla 25%: 21.2 °C.
- Mezcla 50%: 24.3 °C.
- Mezcla 75%: 23.0 °C.



Figura 23: Temperatura de concreto.

2.5.7. Conformado de las Probetas

Después de tomar la temperatura se procede al llenado de las probetas.

Equipos:

- Moldes cilíndricos de diámetro 15cm y altura 30cm.
- Varilla lisa de 5/8" de 60cm de largo.
- Martillo de goma KAMASA – KM 077.
- Badilejo.



Figura 24: Equipos para el conformado de probetas.

Procedimiento:

Llenamos las probetas en tres capas de igual volumen, en cada capa damos 25 golpes en forma vertical con la varilla en toda la sección del molde y con el martillo golpeamos el contorno del molde para eliminar los vacíos, en la capa final enrazamos la superficie con la varilla.



Figura 25: Elaboración de probetas.

Colocamos las probetas en un lugar fresco y húmedo, por un periodo de 24 horas, transcurrido el tiempo desmoldamos las probetas y las sumergimos en agua para su respectivo curado.



Figura 26: Desmoldado y curado de probetas.

Las probetas solo se retirarán del agua el día del ensayo para la resistencia a la compresión.

2.5.8. Ensayo del Concreto en Estado Endurecido

2.5.8.1. Resistencia a la Compresión

Equipos:

- Prensa Concreto PYS5002 modelo 315-X8.
- Platos de Retención.
- Pads de neopreno.

Procedimiento:

Las probetas serán ensayadas en los 7, 14 y 28 días después de haber sido elaboradas. Se coloca la probeta entre los platos de resistencia y las almohadillas de neopreno, luego se introduce al interior de la prensa y se ajusta la velocidad de caída del pisón.

Dejamos caer el pisón y esperamos que la probeta falle para que anotemos el registro de la carga aplicada en el ensayo. Este proceso se repetirá para todas las probetas elaboradas.



Figura 27: Ensayo de resistencia a la compresión.

III. RESULTADOS

3.1. Propiedades Físicas del Agregado

3.1.1. Análisis Granulométrico

Agregado Fino

Utilizamos una muestra de 1000 g.

Tabla 17

Análisis Granulométrico del Agregado Fino

Tamiz Nº	Abertura (mm)	Peso (g)	% Parcial	% Acumulado	% Pasa
3/8"	9.525	0	0	0	100
Nº 4	4.75	42	4.2	4.2	95.8
Nº 8	2.38	166	16.6	20.8	79.2
Nº 16	1.19	136	13.6	34.4	65.6
Nº 30	0.59	95	9.5	43.9	56.1
Nº 50	0.297	225	22.5	66.4	33.6
Nº 100	0.149	255	25.5	91.9	8.1
Pasa		81	8.1	100	0
Total		1000	100		

Fuente: Elaboración Propia.

Con los datos del % Acumulado usaremos la fórmula (1) para obtener el módulo de finura.

$$M.F. \text{ Agregado Fino} = \frac{(4.2 + 20.8 + 34.4 + 43.9 + 66.4 + 91.9)}{100} = 2.62$$

Agregado Grueso

Utilizamos una muestra de 2500 g.

Tabla 18*Análisis Granulométrico del Agregado Grueso*

Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso (g)	% Parcial	% Acumulado	% Pasa
2"	50.8	0	0	0	100
1 1/2"	38.1	0	0	0	100
1"	25.4	169	6.76	6.76	93.24
3/4"	19.05	305	12.2	18.96	81.04
1/2"	12.7	913	36.52	55.48	44.52
3/8"	9.525	524	20.96	76.44	23.56
Pasa		589	23.56	100	0
Total		2500	100		

Fuente: Elaboración Propia.

Con los datos del % Acumulado usaremos la fórmula (2) para obtener el módulo de finura.

$$M.F. \text{ Agregado Grueso} = \frac{(6.76 + 18.76 + 76.44) + 500}{100} = 6.02$$

En las fichas del anexo 1 se puede ver el ensayo granulométrico de los agregados

3.1.2. Densidad de Masa

Los pesos registrados por el ensayo fueron:

Tabla 19*Datos para la Densidad de Masa*

Datos	A.G.	A.F.
Pc	9.590	10.100
Ps	9.444	9.774
Pr	6.280	6.280
Vr	0.002124	0.002124

Fuente: Elaboración Propia.

Los datos mostrados se reemplazarán en las fórmulas (3 y 4) para hallar el Peso Unitario Compactado y Suelto respectivamente.

Agregado Grueso

$$PUC = \frac{9.59 - 6.28}{0.002124} = 1558.38 \text{ kg/m}^3$$

$$PUS = \frac{9.444 - 6.28}{0.002124} = 1489.64 \text{ kg/m}^3$$

Agregado Fino

$$PUC = \frac{10.10 - 6.28}{0.002124} = 1798.49 \text{ kg/m}^3$$

$$PUS = \frac{9.774 - 6.28}{0.002124} = 1645.01 \text{ kg/m}^3$$

3.1.3. Contenido de Humedad

Los pesos para este ensayo fueron:

Tabla 20

Datos para el Contenido de Humedad

Datos	A.G.	A.F.	Concreto de Demolición
Wh	2000	1500	2081
Ws	1985	1486	2079

Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados del contenido de humedad se obtienen de desarrollar la fórmula (5) para los diferentes agregados.

Agregado Grueso

$$H = \frac{(2000 - 1985)}{1985} * 100 = 0.94 \%$$

Agregado Fino

$$H = \frac{(1500 - 1486)}{1496} * 100 = 0.76 \%$$

Concreto de demolición

$$H = \frac{(2081 - 2079)}{2079} * 100 = 0.096 \%$$

3.1.4. Densidad Relativa y Absorción

Para determinar los pesos específicos y absorción se necesitan los siguientes datos para cada agregado:

Tabla 21

Datos para la Densidad Relativa y Absorción

Datos	A.G.	A.F.	Concreto de Demolición
A	2191	492	2048
B	2207	652	2145
C	1609	954	-
S	-	504	-

Fuente: Elaboración Propia.

Agregado Grueso

Con los datos de la tabla anterior y las fórmulas (6, 7, 8 y 9) encontramos los siguientes resultados.

$$Pe.M = \frac{2191}{2207 - 1609} = 3.66 \text{ g/cm}^3$$

$$Pe.SSS = \frac{2207}{2207 - 1609} = 3.69 \text{ g/cm}^3$$

$$Pe.A = \frac{2191}{2191 - 1609} = 3.76 \text{ g/cm}^3$$

$$\% Abs = \frac{2207 - 2191}{2191} * 100 = 0.73 \%$$

Agregado Fino

Con los datos de la Tabla 21 y las fórmulas (10, 11, 12 y 13) encontramos los siguientes resultados.

$$Pe.M = \frac{492}{652 + 504 - 954} = 2.44 \text{ g/cm}^3$$

$$Pe.SSS = \frac{504}{652 + 504 - 954} = 2.50 \text{ g/cm}^3$$

$$Pe.A = \frac{492}{652 + 492 - 954} = 2.59 \text{ g/cm}^3$$

$$\%Abs = \frac{504 - 492}{492} * 100 = 2.44 \%$$

Concreto de demolición

Hallamos el porcentaje de absorción con la fórmula (9), el dato nos servirá para la corrección en el diseño de mezclas.

$$\%Abs = \frac{2145 - 2048}{2048} * 100 = 4.74\%$$

3.2. Diseño de Mezclas

3.2.1. Mezcla 0%

Los datos a continuación corresponden al diseño en estado seco:

Cemento	=	372.41 kg
Agregado Fino	=	973.56 kg
Agregado Grueso	=	888.28 kg
Agua	=	216.00 l

Realizaremos las correcciones por humedad con las fórmulas (23, 24, 25) para los agregados.

Agregado Fino

$$P.Húmedo = 973.56x(1 + \frac{0.76}{100}) = 980.96 \text{ kg}$$

$$H.Superficial = 0.76 - 2.44 = -1.68 \%$$

$$A.Humedad = 973.56x \frac{-1.68}{100} = -16.36 \text{ l}$$

Agregado Grueso

$$P.Húmedo = 888.28x(1 + \frac{0.94}{100}) = 896.63 \text{ kg}$$

$$H.Superficial = 0.94 - 0.73 = 0.21 \%$$

$$A.Humedad = 888.28x \frac{0.21}{100} = 1.87 \text{ l}$$

Ahora con dichos valores se calculará con las fórmulas (26 y 27) el agua efectiva a utilizar en la mezcla.

$$AH \text{ de los Agregados} = -16.36 + 1.87 = -14.49 \text{ l}$$

$$Agua Efectiva = 216 - (-14.49) = 230.49 \text{ l}$$

Los materiales a utilizar para un m³ son:

Cemento	=	372.41 kg
Agregado Fino	=	980.96 kg
Agregado Grueso	=	896.63 kg
Agua	=	230.49 l

Con esos datos obtenemos la siguiente proporción para la Mezcla de 0%:

$$\begin{array}{ccccccc} \mathbf{C} & & \mathbf{AF} & & \mathbf{AG} & & \mathbf{A} \\ 1 & : & 2.6 & : & 2.4 & / & 26.3 \end{array}$$

3.2.2. Mezcla 25%

El concreto de demolición reemplazará el porcentaje en peso del agregado grueso, en este caso será el 25%, por tanto, se tiene el diseño en estado seco:

Cemento	=	372.41 kg
Agregado Fino	=	973.56 kg

Agregado Grueso	=	666.21 kg
25% C. Demolición	=	222.07 kg
Agua	=	216.00 l

Realizamos las correcciones para el agregado grueso y el concreto de demolición.

Agregado Grueso

$$P.Húmedo = 666.21x(1 + \frac{0.94}{100}) = 672.47 \text{ kg}$$

$$H.Superficial = 0.94 - 0.73 = 0.21 \%$$

$$A.Humedad = 666.21x\frac{0.21}{100} = 1.40 \text{ l}$$

25% Concreto de Demolición

$$P.Húmedo = 222.07x(1 + \frac{0.096}{100}) = 222.28 \text{ kg}$$

$$H.Superficial = 0.096 - 4.74 = -4.644 \%$$

$$A.Humedad = 222.07x\frac{-4.644}{100} = -10.31 \text{ l}$$

Ahora con dichos valores y el agregado fino calculado anteriormente se obtiene con las fórmulas (26 y 27) el agua efectiva a utilizar en la mezcla.

$$AH \text{ de los Agregados} = -16.36 + 1.40 - 10.31 = -25.27 \text{ l}$$

$$Agua Efectiva = 216 - (-25.27) = 241.27 \text{ l}$$

Los materiales a utilizar en la Mezcla de 25% para un m³ son:

Cemento	=	372.41 kg
Agregado Fino	=	980.96 kg
Agregado Grueso	=	672.47 kg
25% C. Demolición	=	222.28 kg
Agua	=	241.27 l

Con esos datos obtenemos la siguiente proporción para la Mezcla de 25%:

$$\begin{array}{ccccc} \mathbf{C} & & \mathbf{AF} & & \mathbf{AG} & & \mathbf{CD} & & \mathbf{A} \\ 1 & : & 2.6 & : & 1.8 & : & 0.6 & / & 27.53 \end{array}$$

3.2.3. Mezcla 50%

El concreto de demolición reemplazará el porcentaje en peso del agregado grueso, en este caso será el 50%, por tanto, se tiene el diseño en estado seco:

Cemento	=	372.41 kg
Agregado Fino	=	973.56 kg
Agregado Grueso	=	444.14 kg
50% C. Demolición	=	444.14 kg
Agua	=	216.00 l

Realizamos las correcciones para el agregado grueso y el concreto de demolición.

Agregado Grueso

$$P.Húmedo = 444.14x(1 + \frac{0.94}{100}) = 448.31 \text{ kg}$$

$$H.Superficial = 0.94 - 0.73 = 0.21 \%$$

$$A.Humedad = 444.14x \frac{0.21}{100} = 0.93 \text{ l}$$

50% Concreto de Demolición

$$P.Húmedo = 444.14x(1 + \frac{0.096}{100}) = 444.56 \text{ kg}$$

$$H.Superficial = 0.096 - 4.74 = -4.644 \%$$

$$A.Humedad = 444.14x \frac{-4.644}{100} = -20.63 \text{ l}$$

Ahora con dichos valores y el agregado fino calculado anteriormente se obtiene con las fórmulas (26 y 27) el agua efectiva a utilizar en la mezcla.

$$AH \text{ de los Agregados} = -16.36 + 0.93 - 20.63 = -36.05 \text{ l}$$

$$\text{Agua Efectiva} = 216 - (-36.05) = 252.05 \text{ l}$$

Los materiales a utilizar en la Mezcla de 50% para un m³ son:

Cemento	=	372.41 kg
Agregado Fino	=	980.96 kg
Agregado Grueso	=	448.31 kg
50% C. Demolición	=	444.56 kg
Agua	=	252.05 l

Con esos datos obtenemos la siguiente proporción para la Mezcla de 50%:

$$\begin{array}{ccccc} \mathbf{C} & & \mathbf{AF} & & \mathbf{AG} & & \mathbf{CD} & & \mathbf{A} \\ 1 & : & 2.6 & : & 1.2 & : & 1.19 & / & 28.76 \end{array}$$

3.2.4. Mezcla 75%

El concreto de demolición reemplazará el porcentaje en peso del agregado grueso, en este caso será el 75%, por tanto, se tiene el diseño en estado seco:

Cemento	=	372.41 kg
Agregado Fino	=	973.56 kg
Agregado Grueso	=	222.07 kg
75% C. Demolición	=	666.21 kg
Agua	=	216.00 l

Realizamos las correcciones para el agregado grueso y el concreto de demolición.

Agregado Grueso

$$P. \text{Húmedo} = 222.07x(1 + \frac{0.94}{100}) = 224.16 \text{ kg}$$

$$H. \text{Superficial} = 0.94 - 0.73 = 0.21 \%$$

$$A. \text{Humedad} = 222.07x \frac{0.21}{100} = 0.47 \text{ l}$$

75% Concreto de Demolición

$$P.Húmedo = 666.21x(1 + \frac{0.096}{100}) = 666.85 \text{ kg}$$

$$H.Superficial = 0.096 - 4.74 = -4.644 \%$$

$$A.Humedad = 666.21x\frac{-4.644}{100} = -30.94 \text{ l}$$

Ahora con dichos valores y el agregado fino calculado anteriormente se obtiene con las fórmulas (26 y 27) el agua efectiva a utilizar en la mezcla.

$$AH \text{ de los Agregados} = -16.36 + 0.47 - 30.94 = -46.83 \text{ l}$$

$$\text{Agua Efectiva} = 216 - (-46.83) = 262.83 \text{ l}$$

Los materiales a utilizar en la Mezcla de 75% para un m³ son:

Cemento	=	372.41 kg
Agregado Fino	=	980.96 kg
Agregado Grueso	=	224.16 kg
75% C. Demolición	=	666.85 kg
Agua	=	262.83 l

Con esos datos obtenemos la siguiente proporción para la Mezcla de 75%:

C		AF		AG		CD		A
1	:	2.6	:	0.6	:	1.79	/	29.99

En las fichas del anexo 4 se puede ver el calculo de diseño de mezcla para cada porcentaje

3.3. Ensayo de Asentamiento del Concreto

Los resultados del ensayo de asentamiento realizado a las 4 mezclas de concreto son las siguientes:

- Mezcla 0% : 3.875" o 9.85cm.
- Mezcla 25%: 3.187" o 8.10cm.
- Mezcla 50%: 3.25" o 8.26cm.
- Mezcla 75%: 3.375" o 8.57cm.

En la ficha del anexo 2 se puede apreciar el ensayo de Asentamiento, también se puede ver fecha y hora de elaboración de las probetas, Temperatura , Relación Agua y cemento y proporciones para el diseño de mezclas

3.4. Ensayo de Resistencia del Concreto

Se mostrará en los gráficos la resistencia promedio obtenida por cada mezcla en cada día de ensayo.

Gráfico 1

Resultado de Ensayo a la Compresión – 7 días

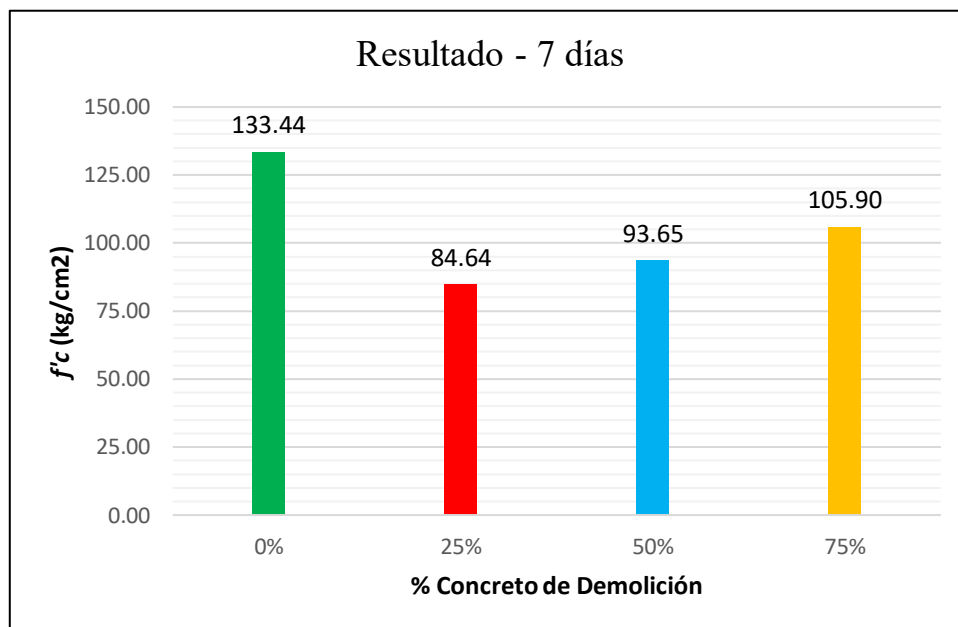
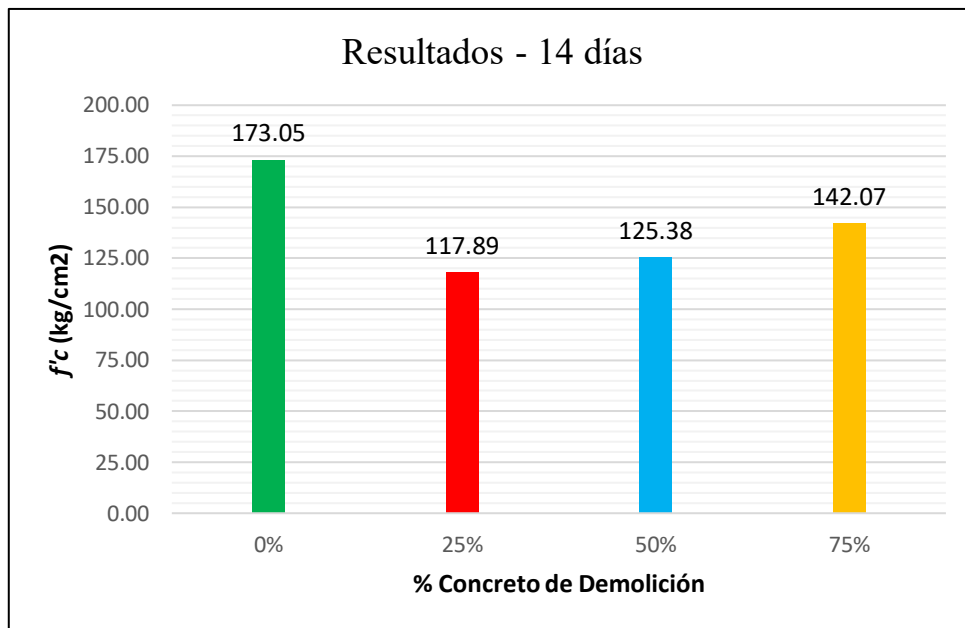
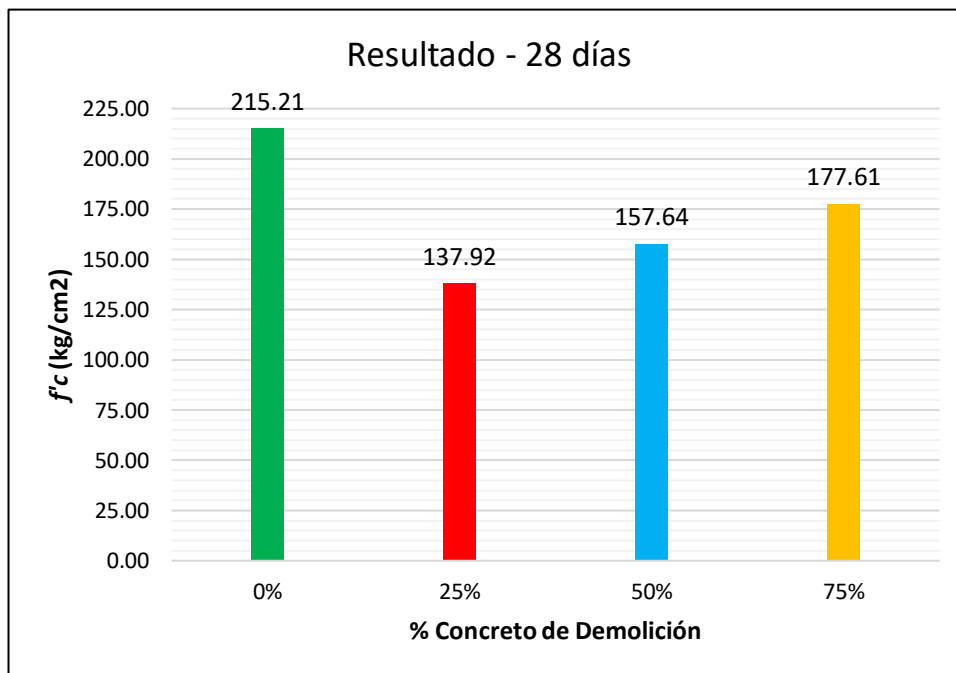


Gráfico 2*Resultados de Ensayo a la Compresión – 14 días***Gráfico 3***Resultado de Ensayo a la Compresión – 28 días*

Los resultados del gráfico 3 servirán para el análisis de esta investigación, ya que, el concreto alcanza su resistencia máxima a los 28 días después de haber sido elaborado.

En las fichas del anexo 3 se puede ver el ensayo de Resistencia a la compresión.

3.5. Análisis de Precios

En la Tabla 22 mostramos la comparación de precios entre las mezclas de 0% y 75%, los precios que se indican son para la ciudad de Trujillo.

Las cantidades de los materiales están previstas para elaborar un metro cubico de mezcla de acuerdo con el diseño de mezclas elaborado.

Tabla 22
Análisis de Precios Unitarios

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS				
Mezcla Concreto 0%			Costo unitario por m3:	243.20
Materiales	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Cemento	bl	9	23.50	211.50
Agregado Fino	m3	0.40	42.00	16.80
Agregado Grueso	m3	0.25	55.00	13.75
Agua	l	230.49	0.005	1.15
Mezcla Concreto Reciclado 75%			Costo unitario por m3:	232.91
Materiales	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Cemento	bl	9	23.50	211.50
Agregado Fino	m3	0.40	42.00	16.80
Agregado Grueso	m3	0.06	55.00	3.30
Concreto de Demolición	m3	0.19	-	-
Agua	l	262.83	0.005	1.31

Fuente: Elaboración Propia.

IV. DISCUSIÓN

- Los resultados de la Tabla 17 del Análisis Granulométrico del Agregado Fino nos muestra que el porcentaje que pasa cumple con los valores dados en la Tabla 1 correspondiente a la norma NTP 400.037.
- Los resultados de la Tabla 18 del Análisis Granulométrico del Agregado Grueso cumplen con los requisitos de la Tabla 2 dados por la norma NTP 400.037. Con ello podemos decir que el TMN fue de 1/2” correspondiente al Huso 56.
- Para ambos ensayos del análisis granulométrico, se verifico que cumplan con la correcta distribución de partículas y se encuentren en un rango aceptable de resultados estipulados en la norma NTP 400.012. De esta manera se puede saber que los agregados son adecuados para elaborar concretos.
- Los resultados de las propiedades físicas del agregado, como la densidad de masa (NTP 400.017) y el contenido de humedad (NTP 339.185), sirven de mucho para la elaboración del diseño de mezclas; tenemos que con la densidad de masa hallamos el peso del agregado en la mezcla, mientras que, el contenido de humedad nos sirve para corregir las proporciones en el diseño final.
- Los resultados de la densidad relativa y absorción de los agregados están basados en la NTP 400.021 (agregado grueso) y la NTP 400.022 (agregado fino) cumpliendo con los parámetros y especificaciones que indican las normas. Resultados que ayudaran al correcto diseño de mezcla, obteniendo concretos de buena calidad y con mayor durabilidad.
- El concreto de demolición fue sometido a los ensayos de contenido de humedad y absorción, obteniendo como resultado 0.096 % y 4.74 % respectivamente, ya que

el concreto de demolición reemplazará al agregado grueso e incidirá en la cantidad de agua para el diseño de mezclas.

- Los resultados del ensayo de asentamiento muestran que estuvieron en un rango de 3" a 4" teniendo una consistencia plástica, además la temperatura de las mezclas se encuentran el rango especificado en la norma NTP 339.184.
- Se elaboro una mezcla de concreto con los agregados convencionales (Mezcla 0%), obteniendo una resistencia de 215.21 kg/cm^2 a los 28 días, la cual nos sirve para comparar con las otras mezclas de concreto (Mezcla 25%, Mezcla 50% y Mezcla 75%) elaboradas a partir del porcentaje en peso del agregado grueso.
- El concreto reciclado elaborado con concreto de demolición en sus diferentes porcentajes, no alcanzo la resistencia requerida de diseño. La Mezcla de 75% obtuvo un $f'_c = 177.61 \text{ kg/cm}^2$, siendo este resultado el que más se acerca al diseño. La Mezcla de 50% alcanzó un $f'_c = 157.64 \text{ kg/cm}^2$ y la Mezcla de 25% solo llego a $f'_c = 137.92 \text{ kg/cm}^2$.
- Los precios de la Tabla 22 nos muestra que en agregado grueso se puede ahorrar hasta un 75% del precio. Y el ahorro en total de la mezcla en un 5% comparado con la mezcla de concreto convencional.

V. CONCLUSIONES

- Después de realizar los ensayos pertinentes a los agregados y las mezclas de concreto reciclado, concluimos que, el concreto elaborado con concreto de demolición en diferentes porcentajes no alcanza la resistencia a la compresión suficiente para utilizarse en elementos estructurales, salvo que se indique en especificaciones técnicas.
- La trituración y selección manual del concreto de demolición son procesos que requieren de tiempo, por lo tanto, se realizará el proceso manual solo cuando la cantidad de concreto reciclado sea menor a medio metro cubico. Para cantidades mayores se requerirá de equipos especiales para tales procesos.
- Para elaborar los diseños de mezclas debemos seguir correctamente las indicaciones del método empleado. Debemos tener en cuenta que el concreto de demolición solo reemplazará el porcentaje en peso del agregado grueso por lo que las mezclas con 25%, 50% y 75% requerirán mayor cantidad de agua respectivamente debido al alto porcentaje de absorción que tiene el concreto de demolición.
- El concreto reciclado en su estado fresco es menos trabajable que el concreto convencional debido a la capacidad de absorción del concreto de demolición, en su estado endurecido no alcanza la resistencia de diseño por lo que deberá emplearse para elementos no estructurales con resistencia menor a la alcanzada en el ensayo.
- El concreto reciclado genera un ahorro significativo que va en relación proporcional a la cantidad de concreto a elaborar, quiere decir que el costo para

elaborar el concreto reciclado con concreto de demolición será menor cuando se requiera en grandes cantidades. Preparar un metro cubico de Mezcla de 75% puede generar un ahorro de hasta 10.30 soles, comparado con la elaboración de la misma cantidad de concreto convencional.

- El otro gran beneficio de elaborar concreto reciclado es la disminución en el impacto ambiental que generan estos residuos de construcción en el medio urbano, además tendría gran impacto en la reducción de la erosión de los suelos.

VI. RECOMENDACIONES

- Asegurarse que los agregados cumplan con los requerimientos mínimos especificados en las normas aplicadas en este trabajo de investigación.
Además, debemos tener la certeza de que los materiales a usar deben estar limpios y libres de impurezas.
- Para la elaboración del concreto reciclado previamente antes de añadir el concreto de demolición debemos remojarlo para evitar que absorba el agua que se requerirá para la mezcla.
- El concreto reciclado con mezcla de 75% puede ser utilizado para veredas, sardineles, pisos, cimientos u otros elementos que no requieran una resistencia mayor de 175 kg/cm^2 según sus especificaciones técnicas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Asencio, A. (2014). *Efecto de los Agregados de Concreto Reciclado en la Resistencia a la Compresión sobre el Concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$* (Tesis de Pregrado).

Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.

Aceros Arequipa. *Manual del Maestro Constructor*. Recuperado de <http://www.acerosarequipa.com/manual-del-maestro-constructor/materiales-de-construccion/concreto.html>

Argos 360° en Concreto. *Técnicas para el buen curado del Concreto*. Recuperado de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/tecnicas-para-el-buen-curado-del-concreto>.

Arrieta, J. & Torre, A. (2017). *Ensayos en Materiales de Construcción - Procedimientos*. Universidad Nacional de Ingeniería, 1(1), 23-34.

Bedoya, C. (2003). *El Concreto Reciclado con Escombros como Generador de Habitats Urbanos Sostenibles* (Tesis de Magister). Universidad Nacional de Colombia, Colombia.

Bedoya, C. & Dzul, L. (2015). *El Concreto con Agregados Reciclados como Proyecto de Sostenibilidad Urbana*. Revista Ingeniería de Construcción, 30(2), 99-108.

Bojacá, N. (2013). *Propiedades Mecánicas y de Durabilidad de Concretos con Agregado Reciclado* (Tesis de Maestría). Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Colombia.

Borja, M. (2012). *Metodología de la Investigación Científica para Ingenieros*. Chiclayo - Perú.

Cano, R. (2017). *Implementación de Métodos Mecánicos para la mejora del proceso de Demolición de la ex planta cervecera Pilsen Trujillo, La Libertad, 2017* (Tesis de Pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Perú.

Carizaile, E. & Anquise, S. (2015). *Viabilidad del Uso de Concreto Reciclado para la Construcción de viviendas en la ciudad de Tacna* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Perú.

Carrillo, S. (2003). *Estudio Comparativo entre Tecnologías de Producción de Concreto: Mixer y Dispensador* (Tesis de Pregrado). Universidad de Piura, Perú.

Civilgeeks. *Prueba de Resistencia a la Compresión del Concreto.* 24 de agosto del 2017. Recuperado de <https://civilgeeks.com/2017/08/24/prueba-resistencia-la-compresion-del-concreto/>.

Constructor Civil. *Los Agregados en la Construcción.* 9 de diciembre del 2010. Recuperado de <https://www.elconstructorcivil.com/2010/12/los-agregados-en-la-construccion.html>

El Concreto. *El Agregado Fino del Concreto.* Recuperado de <http://elconcreto.blogspot.com/2009/04/el-agregado-fino-del-concreto.html>

Erazo, N. (2018). *Evaluación del diseño de concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ utilizando agregados naturales y reciclados para su aplicación en elementos no estructurales* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Federico Villarreal, Perú.

García, B. (2017). *Efecto de la fibra de vidrio en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Puno* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Perú.

- Glace, Anne. (2014).** *Concreto Endurecido*. Recuperado de <https://prezi.com/xwrykdmbzfin/concreto-endurecido/>
- Gonzales, C. (2019).** *Estudio de caracterización de agregados con fines de construcción de tres canteras de Trujillo (El Milagro-El Porvenir-Laredo)*. La Libertad. 2019 (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Perú.
- Guacaneme, F. (2015).** *Ventajas y Usos del Concreto Reciclado* (Tesis de Maestría). Universidad Militar Nueva Granada, Colombia.
- Huaycani, J. & Huaycani, F. (2018).** *Evaluación del desempeño del concreto sometido a tiempos de mezclado prolongado y retemplado con un aditivo superplastificante en la ciudad de Arequipa – 2017* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú.
- Inforeciclaje. Reciclaje.** Recuperado de <http://www.inforeciclaje.com/>
- Ingeniería de Caminos. Exudación del Hormigón.** Recuperado de <https://ingeniero-de-caminos.com/exudacion-del-hormigon/#>
- Kosmatka, S.; Kerkhoff, B.; Paranes, W.; y Tanesi, J. (2004).** *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Portland Cement Association (PCA), Skokie, Illinois, E.E.U.U., 1(3), 3-10.
- León, J.** *En Lima se generan 19 mil toneladas de desmonte al día y el 70% va al mar o ríos*. El Comercio. Lima, 26 de agosto del 2017. Recuperado de <https://elcomercio.pe>.
- Martínez, W.; Torres, A.; Guzmán, A.; Chávez, H.; Hernández, H.; Lara, C.; ... Gonzáles, M. (2015).** *Concreto Reciclado: una revisión*. Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción (ALCONPAT), 5(3), 235-248.

- Mendoza, I. & Chávez, S. (2017).** *Residuos de Construcción y Demolición como Agregado de Concreto Hidráulico nuevo*. Revista de Ingeniería Civil, 1(2), 9-14.
- Morales, D. (2017).** *Influencia del tamaño máximo nominal de 1/2" y 1" del agregado grueso del río Amojú en el esfuerzo a la compresión del concreto para $f'_c=250$ kg/cm²* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.
- Oré, J. (2014).** *Manual de Preparación, Colocación y Cuidados del Concreto* - SENCICO. 1ra Edición. Cartolan Editores SRL. Lima – Perú.
- Otzen, T. & Manterola, C. (2017).** *Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio*. Int. J. Morphol, 35(1), 227-232.
- Polanco, A. (2014).** *Manual de Prácticas de Laboratorio de Concreto*. Universidad Autónoma de Chihuahua, México.
- Rivera, G. (2011).** *Concreto Simple*. Universidad del Cauca, Colombia.
- Rivera, T. (2014).** *El Concreto*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/tahinariveraquo/concreto-y-sus-propiedades>
- Rivva, E. (2017).** *Diseño de Mezclas*. 2da Edición. Editorial Instituto de la Construcción y Gerencia. Lima – Perú.
- Romero, A. & Hernández, J. (2014).** *Diseño de mezclas de hormigón por el método A.C.I. y efectos de la adición de cenizas volantes de termotasajero en la resistencia a la compresión* (Tesis de Pregrado). Universidad Santo Tomás, Bogotá - Colombia.

Sika Perú. *Artículos Técnicos: Tecnología del Concreto.* Recuperado de <https://per.sika.com>

Universidad Centro Americana. UCA (2007). *Análisis de tamaño de partículas por tamizado en agregado fino y grueso y determinación de material más fino que el tamiz N° 200 (75µm) en agregado mineral por lavado.* San Salvador – El Salvador.

Universidad Centro Americana. UCA (2007). *Prueba de Revenimiento.* San Salvador – El Salvador.

Universidad Santo Toribio de Mogrovejo. USAT (2014). *Aplicaciones del Agua en Ingeniería Civil – Tecnología de los Materiales de Construcción.* Chiclayo – Perú.

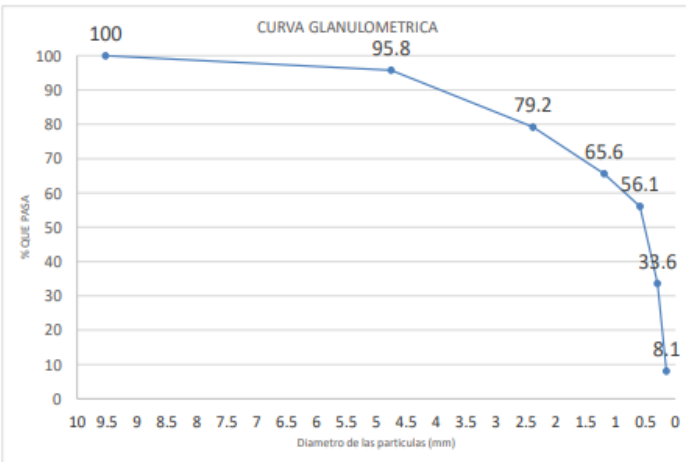
Vélez, L (2010). *Permeabilidad y Porosidad en Concreto.* Revista Tecno Lógicas. (25), 169-187.

Zamora, C. (2014). *Influencia del uso de Fibras de Polipropileno Fibromac en la Resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.

ANEXOS

Anexo 1: Ficha de Ensayo Granulométrico de los Agregados

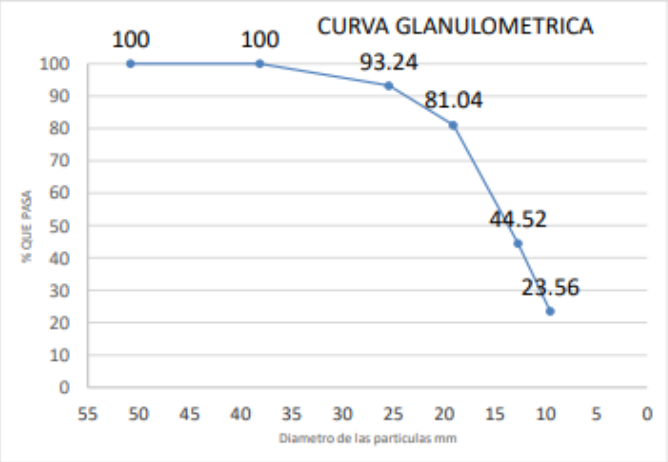
	UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO ESCUELA DE INGENIERIA - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL				
	Av. Carretera Industrial a Laredo km 4 s/n - Trujillo Tel.: (044) 211557 / 970590839 / 9705973228 e-mail: informes@uprit.edu.pe				
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO				
PROYECTO:	"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO RECICLADO USANDO COMO AGREGADO EL CONCRETO DE DEMOLICIÓN EN LA CIUDAD DE TRUJILLO - 2020"				
SOLICITANTES:	Eder Jhonatan Infantes Diaz Carlos Alonso Jesús Castro Gordillo				
APROBO	Ing.Guido Roberto Marin Cubas	CARGO	ASESOR		
ENSAYO GLANULOMETRICO - AGREGADO FINO					
REFERENCIAS DE LA MUESTRA					
CANTERA	CARBONCILLO				
CANTIDAD	1000 Gramos				
Tamiz	ABERTURA	PESO RETENIDO (g)	PESO RETENIDO %		PESO QUE PASA %
			Parcial	Acumulado	
3/8"	9.525	0	0	0	100
Nº 4	4.75	42	4.2	4.2	95.8
Nº 8	2.38	166	16.6	20.8	79.2
Nº 16	1.19	136	13.6	34.4	65.6
Nº 30	0.59	95	9.5	43.9	56.1
Nº 50	0.297	225	22.5	66.4	33.6
Nº 100	0.149	255	25.5	91.9	8.1
Pasa	1000	81	8.1	100	
Suma		1000	100		



CURVA GRANULOMETRICA

M.F	$\frac{\%Ret. Acum.Tamices(N^{\circ}4+N^{\circ}8+N^{\circ}16+N^{\circ}30+N^{\circ}50+N^{\circ}100)}{100}$	M.F	$\frac{4.2+20.8+34.4+43.9+66.4+91.9}{100}$	=	2.62
-----	---	-----	--	---	------

	UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO ESCUELA DE INGENIERIA - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL				
	Av. Carretera Industrial a Laredo km 4 s/n - Trujillo Tel.: (044) 211557 / 970590839 / 9705973228 e-mail: informes@uprit.edu.pe				
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO				
PROYECTO:	"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO RECICLADO USANDO COMO AGREGADO EL CONCRETO DE DEMOLICIÓN EN LA CIUDAD DE TRUJILLO - 2020"				
SOLICITANTE:	Eder Jhonatan Infantes Diaz Carlos Alonso Jesús Castro Gordillo				
APROBO	Ing.Guido Roberto Marin Cubas	CARGO	ASESOR		
ENSAYO GLANULOMETRICO - AGREGADO GRUESO					
REFERENCIAS DE LA MUESTRA					
CANTERA	CARBONCILLO				
CANTIDAD	2500 Gramos				
Tamiz	ABERTURA	PESO RETENIDO	PESO RETENIDO %		%PASA
			Parcial	Acumulado	
2"	50.8	0	0	0	100
1 1/2"	38.1	0	0	0	100
1"	25.4	169	6.76	6.76	93.24
3/4"	19.05	305	12.2	18.96	81.04
1/2"	12.7	913	36.52	55.48	44.52
3/8"	9.525	524	20.96	76.44	23.56
Pasa		589	23.56	100	
Total		2500	100		



M.G	$\frac{\%Ret. Acum. Tamices(1''+3/4''+3/8''+N\#4)+500}{100}$	M.G	$\frac{6.76+18.96+76.44}{100}$	=	6.02
-----	--	-----	--------------------------------	---	-------------

Anexo 2: Ficha de Ensayo de Asentamiento

	UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO ESCUELA DE INGENIERIA - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL		
	Av. Carretera Industrial a Laredo km 4 s/n - Trujillo Tel.: (044) 211557 / 970590839 / 9705973228 e-mail: informes@uprit.edu.pe		
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO		
PROYECTO:	Evaluación de las Propiedades del Concreto usando como Agregado el Concreto de Demoliciones en la ciudad de Trujillo para el año 2020		
SOLICITANTE:	Eder Jhonatan Infantes Díaz Carlos Alonso Jesús Castro Gordillo		
CARGO:	Ing. Guido Roberto Marin Cubas	CARGO:	ASESOR
REGISTRO DE ENSAYO DE ASENTAMIENTO			
TIPO DE CONCRETO:	Mezcla 0%	FECHA Y HORA:	11/06/2020 - 12:10 p.m.
MATERIALES:	Proporciones para el diseño de mezclas	TEMPERATURA:	21.9°
C : AF : AG / AGUA 1 : 2.6 : 2.4 / 26.3		SLUMP:	3.875"
		A/C:	0.62
TIPO DE CONCRETO:	Mezcla 25%	FECHA Y HORA:	12/06/2020 - 11.02 a.m.
MATERIALES:	Proporciones para el diseño de mezclas	TEMPERATURA:	21.2°
C : AF : AG : CD / AGUA 1 : 2.6 : 1.8 : 0.60 / 27.53		SLUMP:	3.187"
		A/C:	0.65
TIPO DE CONCRETO:	Mezcla 50%	FECHA Y HORA:	13/06/2020 - 12.07 p.m.
MATERIALES:	Proporciones para el diseño de mezclas	TEMPERATURA:	24.3°
C : AF : AG : CD / AGUA 1 : 2.6 : 1.2 : 1.19 - 28.76		SLUMP:	3.25"
		A/C:	0.68
TIPO DE CONCRETO:	Mezcla 75%	FECHA Y HORA:	14/06/2020 - 1.05 p.m.
MATERIALES:	Proporciones para el diseño de mezclas	TEMPERATURA:	23°
C : AF : AG : CD / AGUA 1 : 2.6 : 0.6 : 1.79 - 28.76		SLUMP:	3.375"
		A/C:	0.71

Anexo 3: Ficha de Ensayo de Resistencia a la Compresión

	UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO									
	ESCUELA DE INGENIERIA - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL									
	Av. Carretera Industrial a Laredo km 4 s/n - Trujillo Tel.: (044) 211557 / 970590839 / 9705973228									
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO										
PROYECTO:		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO RECICLADO USANDO COMO AGREGADO EL CONCRETO DE DEMOLICIÓN EN LA CIUDAD DE TRUJILLO - 2020"								
SOLICITANTE:		Eder Jhonatan Infantes Diaz Carlos Alonso Jesús Castro Gordillo								
APROBO		Ing. Guido Roberto Marin Cubas					CARGO		ASESOR	
7 Días										
Descripción			1er. Ensayo							
Codigo Muestra	concreto de demolicion	Fecha de elaboración	Fecha de Falla	Edad (dias)	diámetro (mm)	Altura (mm)	area cm2	lectura(kgf)	Resistencia a la compresión resultado individual (kg/cm2)	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm²)
P-1	0%	11/06/2020	18/06/2020	7	150	300	176.714587	22030	124.7	133.44
P-4					150	300	176.714587	23690	134.1	
P-7					150	300	176.714587	25020	141.6	
P-3	25%	12/06/2020	19/06/2020	7	150	300	176.714587	14390	81.4	84.64
P-5					150	300	176.714587	14670	83.0	
P-9					150	300	176.714587	15810	89.5	
P-2	50%	13/06/2020	20/06/2020	7	150	300	176.714587	16600	93.9	93.65
P-6					150	300	176.714587	15950	90.3	
P-7					150	300	176.714587	17100	96.8	
P-3	75%	14/06/2020	21/06/2020	7	150	300	176.714587	19400	109.78	105.90
P-6					150	300	176.714587	18900	106.95	
P-8					150	300	176.714587	17840	100.95	

			UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO							
			ESCUELA DE INGENIERIA - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL							
			Av. Carretera Industrial a Laredo km 4 s/n - Trujillo							
			Tel.: (044) 211557 / 970590839 / 9705973228							
			LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO							
PROYECTO:			"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO RECICLADO USANDO COMO AGREGADO EL CONCRETO DE DEMOLICIÓN EN LA CIUDAD DE TRUJILLO - 2020"							
SOLICITANTE:			Eder Jhonatan Infantes Díaz Alonso Jesús Castro Gordillo Carlos							
APROBO			Ing. Guido Roberto Marin Cubas				CARGO		ASESOR	
			14 Días							
Descripción			2do. Ensayo							
Codigo Muestra	concreto de demolicion	Fecha de elaboración	Fecha de Falla	Edad (dias)	diámetro (mm)	Altura (mm)	area cm2	lectura (kgf)	Resistencia a la compresión resultado individual (kg/cm2)	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm²)
P-2	0%	11/06/2020	25/06/2020	14	150	300	176.714587	29120	164.8	173.05
P-5					150	300	176.714587	30550	172.9	
P-8					150	300	176.714587	32070	181.5	
P-1	25%	12/06/2020	26/06/2020	14	150	300	176.714587	19490	110.3	117.89
P-6					150	300	176.714587	22960	129.9	
P-7					150	300	176.714587	20050	113.5	
P-3	50%	13/06/2020	27/06/2020	14	150	300	176.714587	22080	124.9	125.38
P-5					150	300	176.714587	21750	123.1	
P-8					150	300	176.714587	22640	128.1	
P-2	75%	14/06/2020	28/06/2020	14	150	300	176.714587	25990	147.07	142.07
P-5					150	300	176.714587	24010	135.87	
P-9					150	300	176.714587	25320	143.28	

			UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO ESCUELA DE INGENIERIA - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL							
			Av. Carretera Industrial a Laredo km 4 s/n - Trujillo Tel.: (044) 211557 / 970590839 / 9705973228							
			LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO							
PROYECTO:			"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO RECICLADO USANDO COMO AGREGADO EL CONCRETO DE DEMOLICIÓN EN LA CIUDAD DE TRUJILLO - 2020"							
SOLICITANTE:			Eder Jhonatan Infantes Díaz Carlos Alonso Jesús Castro Gordillo							
APROBO			Ing. Guido Roberto Marin Cubas				CARGO		ASESOR	
28 Días										
Descripción			3ro. Ensayo							
Codigo Muestra	concreto de demolicion	Fecha de elaboración	Fecha de Falla	Edad (dias)	diámetro (mm)	Altura (mm)	area cm2	lectura(kgf)	Resistencia a la compresión resultado individual (kg/cm2)	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm²)
P-3	0%	11/06/2020	9/07/2020	28	150	300	176.714587	37050	209.66	215.21
P-6					150	300	176.714587	38030	215.21	
P-9					150	300	176.714587	39010	220.75	
P-2	25%	12/06/2020	10/07/2020	28	150	300	176.714587	24370	137.91	137.92
P-4					150	300	176.714587	24130	136.55	
P-8					150	300	176.714587	24620	139.32	
P-1	50%	13/06/2020	11/07/2020	28	150	300	176.714587	26970	152.62	157.64
P-4					150	300	176.714587	27240	154.15	
P-9					150	300	176.714587	29360	166.14	
P-1	75%	14/06/2020	12/07/2020	28	150	300	176.714587	31250	176.84	177.61
P-5					150	300	176.714587	31620	178.93	
P-7					150	300	176.714587	31290	177.07	

Anexo 4: Hojas de Cálculo de Diseño de Mezclas

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$		
Comité 211 ACI		Pag. 1/3
Proyecto:	EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO RECICLADO USANDO COMO AGREGADO EL CONCRETO DE DEMOLICION - TRUJILLO 2020	
Ubicación:	TRUJILLO	
Fecha:	09/06/2020	Cantera: CARBONCILLO
<u>DATOS</u>		
Cemento	TIPO Ico	
Resistencia a la compresion $f'c$	210 Kg/cm ²	
Peso específico del cemento	3.17 gr/cm ³	
Slump (consistencia plastica)	4 "	
Peso específico del agua	1000 Kg/m ³	
<u>AGREGADOS</u>		
	FINO	GRUESO
Perfil		Angular
Peso unitario suelto Kg/m ³	1.645	1.490
Peso unitario compactado Kg/m ³	1.798	1.558
Peso Especifico Kg/m ³	2.44	3.66
Modulo de fineza	2.62	6.02
Tamaño maximo nominal (TMN)	—	1/2"
% de absorcion	2.44	0.73
% de agua (W)	0.76	0.94
<u>I. CALCULO DEL $f'cr$ (resistencia promedio requerida)</u>		
$f'c$	210	Kg/cm ²
* no existe registro de resistencia de probetas anteriores, por lo cual utilizaremos la siguiente tabla		
$F'c$	$F'cr$	
Menos de 214.14	$F'c + 71.38$	
214.14 - 356.90	$F'c + 86.68$	
> 356.90	$F'c + 50.98$	
Fuente: E060		
$F'cr =$	281.38	Kg/cm ²
<u>II. CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO</u>		
Desde que la estructura no va a estar sometida a deshielo, no sera necesario incorporar aire a la mezcla, de acuerdo a la siguiente tabla, a un concreto de tamaño maximo nominal 1/2" le corresponde 2.5% de aire atrapado		
Tamaño maximo nominal del agregado grueso	Aire atrapado	
3/8"	3.0 %	
1/2"	2.5 %	
3/4"	2.0 %	
1"	1.5 %	
1 1/2"	1.0 %	
2"	0.5 %	
3"	0.3 %	
4"	0.2 %	
Fuente: ACI		
Aire=	2.5 %	

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$								
III. CONTENIDO DE AGUA								Pag. 2/3
Volumen unitario de agua								
Agua en Vm^3 , para los tamaños máximos nominales de agregados gruesos y consistencia indicada								
Asentamiento	$3/8''$	$1/2''$	$3/4''$	$1''$	$1\ 1/2''$	$2''$	$3''$	$6''$
Concreto sin aire incorporado								
$1''$ a $2''$	207	199	190	179	166	154	130	113
$3''$ a $4''$	228	216	205	193	181	169	145	124
$6''$ a $7''$	243	228	216	202	190	178	160	---
Concreto con aire incorporado								
$1''$ a $2''$	181	175	166	160	150	142	122	107
$3''$ a $4''$	202	193	184	175	165	157	133	109
$6''$ a $7''$	216	205	197	184	174	166	154	---
Fuente: ACI								
Agua=		216.0 Lt/m ³						
El agua será potable de la red pública de SEDALIB S.A.								
IV. RELACION a/c (por resistencia requerida $F'cr$)								
$F'cr =$		281.38 Kg/cm ²						
Para una resistencia promedio requerida de 281.38 Kg/cm ² , en un concreto sin aire incorporado, y según la siguiente tabla le corresponde una relación agua - cemento de 0.58								
Relación agua/cemento por resistencia								
$f'c$ (Kg/cm ²)	Relación agua/cemento en peso							
	Concretos sin aire	Concretos con aire						
150	0.80	0.71						
200	0.70	0.61						
250	0.62	0.53						
300	0.55	0.46						
350	0.48	0.40						
400	0.43							
450	0.38							
Fuente: ACI								
a/c =		0.58						
V. CONTENIDO DEL CEMENTO								
$216.0 / C =$		0.58						
C=		372.41 Kg/cm ²						
Factor cemento		8.76 bls						
VI. PESO DEL AGREGADO GRUESO								
El contenido de agregado grueso por unidad de volumen del concreto se determina empleando la siguiente tabla, Peso del Agregado Grueso por Unidad de Volumen del Concreto, con un módulo de finura del agregado fino de 2.62 y un tamaño máximo nominal del agregado grueso de $1/2''$, se encuentra un valor de b / bc igual a: 0.57 m ³ de agregado grueso seco varillado o compactado por unidad de volumen de concreto.								
Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto								
	volumen del agregado grueso seco y compactado por unidad del concreto para los diversos módulos de finura del fino. (b/b ₀)							
Tamaño máximo nominal del agregado grueso	2.4	2.6	2.8	3.0				
$3/8''$	0.50	0.48	0.46	0.44				
$1/2''$	0.59	0.57	0.55	0.53				
$3/4''$	0.66	0.64	0.62	0.60				
$1''$	0.71	0.69	0.67	0.65				
$1\ 1/2''$	0.76	0.74	0.72	0.70				
$2''$	0.78	0.76	0.74	0.72				
$3''$	0.81	0.79	0.77	0.75				
$6''$	0.87	0.85	0.83	0.81				
Peso del agregado grueso =		888.28 Kg.						

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$				
<u>VII. VOLUMEN ABSOLUTO</u>				Pag. 3/3
Cemento=	0.117 m ³			
Agua=	0.216 m ³			
Aire=	0.025 m ³			
Vol. Agregado grueso=	0.24 m ³			
	Σ=	0.601	m³	
Vol. Agregado fino=	0.399 m ³			
<u>VIII. CALCULO DEL PESO DEL AGREGADO FINO</u>				
Peso del Agregado fino=	973.56			Kg
<u>IX. DISEÑO EN ESTADO SECO</u>				
Cemento=	372.41			Kg
Agregdo fino=	973.56			Kg
Agregado grueso=	888.28			Kg
Agua=	216.00			lts
<u>X. CORRECCION POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS</u>				
Agregado fino=	980.96			kg
Agregado grueso=	896.63			kg
<u>XI. APORTE DE AGUA A LA MEZCLA</u>				
Agregado fino=	-16.36			lts
Agregado grueso=	1.87			lts
	Σ=	-14.49		lts
<u>XII. AGUA EFECTIVA</u>				
	Agua=	230.49		lts
<u>XIII. PROPORCIONAMIENTO DEL DISEÑO</u>				
Cemento (Kg/m ³)	Agregado fino (Kg/m ³)	Agregado grueso (Kg/m ³)	Agua (lts/m ³)	
372.41	980.96	896.63	230.49	
Cemento (Kg/bolsa)	Agregado fino (Kg/bolsa)	Agregado grueso (Kg/bolsa)	Agua (l/bolsa)	Relacion A/C de Diseño
42.50	111.95	102.32	26.30	0.62
<u>PROPORCIONES DE DISEÑO</u>				
1	2.6	2.4	26.30	

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO 25% F'c = 210 Kg/cm2					
Comité 211 ACI					Pag. 1/1
Proyecto: EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO RECICLADO USANDO COMO AGREGADO EL CONCRETO DE DEMOLICION - TRUJILLO 2020					
Ubicación: TRUJILLO					
Fecha: 09/06/2020			Cantera: CARBONCILLO		
<u>DATOS</u>					
Cemento	TIPO Ico				
Resistencia a la compresion f'c	210 Kg/cm2				
Peso especifico del cemento	3.17 gr/cm3				
Slump (consistencia plastica)	4 "				
Peso especifico del agua	1000 Kg/m3				
<u>AGREGADOS</u>					
	AGREGADOS	FINO	GRUESO	C. DEMOLICION	
Perfil			Angular		
Peso unitario suelto Kg/m3		1.645	1.490	-	
Peso unitario compactado Kg/m3		1.798	1.558	-	
Peso Especifico Kg/m3		2.44	3.66	-	
Modulo de fineza		2.62	6.02	-	
Tamaño maximo nominal (TMN)		---	1/2"	-	
% de absorcion		2.44	0.73	4.74	
% de agua (W)		0.76	0.94	0.096	
<u>DISEÑO EN ESTADO SECO</u>					
	Cemento=	372.41	Kg		
	Agregado fino=	973.56	Kg		
	Agregado grueso=	666.21	Kg		
	25% Concreto de Demolición=	222.07	Kg		
	Agua=	216.00	Its		
<u>CORRECCION POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS</u>					
	Agregado fino=	980.96	kg		
	Agregado grueso=	672.47	kg		
	25% Concreto de Demolición=	222.28	kg		
<u>APORTE DE AGUA A LA MEZCLA</u>					
	Agregado fino=	-16.36	Its		
	Agregado grueso=	1.40	Its		
	25% Concreto de Demolición=	-10.31	Its		
	Σ=	-25.27	Its		
<u>AGUA EFECTIVA</u>					
	Agua=	241.27	Its		
<u>PROPORCIONAMIENTO DEL DISEÑO</u>					
Cemento (Kg/m3)	Agregado fino (Kg/m3)	Agregado grueso (Kg/m3)	C. Demolición (kg/m3)	Agua (Its/m3)	
372.41	980.96	672.47	222.28	241.27	
Cemento (Kg/bolsa)	Agregado fino (Kg/bolsa)	Agregado grueso (Kg/bolsa)	C. Demolición (kg/m3)	Agua (l/bolsa)	Relacion A/C de Diseño
42.50	111.95	76.74	25.37	27.53	0.65
<u>PROPORCIONES DE DISEÑO</u>					
1	2.6	1.8	0.60	27.53	

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO 50% F'c = 210 Kg/cm2					
Comité 211 ACI					Pag. 1/1
Proyecto: EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO RECICLADO USANDO COMO AGREGADO EL CONCRETO DE DEMOLICION - TRUJILLO 2020					
Ubicación: TRUJILLO					
Fecha: 09/06/2020			Cantera: CARBONCILLO		
<u>DATOS</u>					
Cemento	TIPO Ico				
Resistencia a la compresion f'c	210 Kg/cm2				
Peso específico del cemento	3.17 gr/cm3				
Slump (consistencia plastica)	4 "				
Peso específico del agua	1000 Kg/m3				
<u>AGREGADOS</u>					
	AGREGADOS	FINO	GRUESO	C. DEMOLICION	
Perfil			Angular		
Peso unitario suelto Kg/m3		1.645	1.490	-	
Peso unitario compactado Kg/m3		1.798	1.558	-	
Peso Especifico Kg/m3		2.44	3.66	-	
Modulo de fineza		2.62	6.02	-	
Tamaño maximo nominal (TMN)		---	1/2"	-	
% de absorcion		2.44	0.73	4.74	
% de agua (W)		0.76	0.94	0.096	
<u>DISEÑO EN ESTADO SECO</u>					
	Cemento=	372.41	Kg		
	Agregado fino=	973.56	Kg		
	Agregado grueso=	444.14	Kg		
	50% Concreto de Demolición=	444.14	Kg		
	Agua=	216.00	lts		
<u>CORRECCION POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS</u>					
	Agregado fino=	980.96	kg		
	Agregado grueso=	448.31	kg		
	50% Concreto de Demolición=	444.56	kg		
<u>APORTE DE AGUA A LA MEZCLA</u>					
	Agregado fino=	-16.36	lts		
	Agregado grueso=	0.93	lts		
	50% Concreto de Demolición=	-20.63	lts		
	Σ=	-36.05	lts		
<u>AGUA EFECTIVA</u>					
	Agua=	252.05	lts		
<u>PROPORCIONAMIENTO DEL DISEÑO</u>					
Cemento (Kg/m3)	Agregado fino (Kg/m3)	Agregado grueso (Kg/m3)	C. Demolición (kg/m3)	Agua (lts/m3)	
372.41	980.96	448.31	444.56	252.05	
Cemento (Kg/bolsa)	Agregado fino (Kg/bolsa)	Agregado grueso (Kg/bolsa)	C. Demolición (kg/m3)	Agua (l/bolsa)	Relacion A/C de Diseño
42.50	111.95	51.16	50.73	28.76	0.68
<u>PROPORCIONES DE DISEÑO</u>					
1	2.6	1.2	1.19	28.76	

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO 75% F'c = 210 Kg/cm2					
Comité 211 ACI				Pag. 1/1	
Proyecto: EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO RECICLADO USANDO COMO AGREGADO EL CONCRETO DE DEMOLICION - TRUJILLO 2020					
Ubicación: TRUJILLO		Cantera:			
Fecha: 09/06/2020		CARBONCILLO			
<u>DATOS</u>					
Cemento	TIPO Ico				
Resistencia a la compresion f'c	210 Kg/cm2				
Peso especifico del cemento	3.17 gr/cm3				
Slump (consistencia plastica)	4 "				
Peso especifico del agua	1000 Kg/m3				
<u>AGREGADOS</u>					
	AGREGADOS	FINO	GRUESO	C. DEMOLICION	
Perfil			Angular		
Peso unitario suelto Kg/m3		1.645	1.490	-	
Peso unitario compactado Kg/m3		1.798	1.558	-	
Peso Especifico Kg/m3		2.44	3.66	-	
Modulo de fineza		2.62	6.02	-	
Tamaño maximo nominal (TMN)		---	1/2"	-	
% de absorcion		2.44	0.73	4.74	
% de agua (W)		0.76	0.94	0.096	
<u>DISEÑO EN ESTADO SECO</u>					
	Cemento=	372.41	Kg		
	Agregado fino=	973.56	Kg		
	Agregado grueso=	222.07	Kg		
	75% Concreto de Demolición=	666.21	Kg		
	Agua=	216.00	Its		
<u>CORRECCION POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS</u>					
	Agregado fino=	980.96	kg		
	Agregado grueso=	224.16	kg		
	75% Concreto de Demolición=	666.85	kg		
<u>APORTE DE AGUA A LA MEZCLA</u>					
	Agregado fino=	-16.36	Its		
	Agregado grueso=	0.47	Its		
	75% Concreto de Demolición=	-30.94	Its		
	Σ =	-46.83	Its		
<u>AGUA EFECTIVA</u>					
	Agua=	262.83	Its		
<u>PROPORCIONAMIENTO DEL DISEÑO</u>					
Cemento (Kg/m3)	Agregado fino (Kg/m3)	Agregado grueso (Kg/m3)	C. Demolición (kg/m3)	Agua (Its/m3)	
372.41	980.96	224.16	666.85	262.83	
Cemento (Kg/bolsa)	Agregado fino (Kg/bolsa)	Agregado grueso (Kg/bolsa)	C. Demolición (kg/m3)	Agua (l/bolsa)	Relacion A/C de Diseño
42.50	111.95	25.58	76.10	29.99	0.71
<u>PROPORCIONES DE DISEÑO</u>					
1	2.6	0.6	1.79	29.99	

Anexo 5: Especificaciones Técnicas del Cemento



Cemento Portland compuesto tipo ICo.

Requisitos Normalizados

NTP 334.090 / Resultado promedio de nuestros productos.

Propiedades Químicas

QUÍMICOS	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO DE ENSAYOS
MgO (%)	6.0 máx.	2.2
SO ₃ (%)	4.0 máx.	2.3

Propiedades Físicas

REQUISITOS	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO DE ENSAYOS
Contenido de aire del mortero (Volumen %)	12 máx.	5
Superficie específica (cm ² /g)	A	5920
Retenido M325 (%)	A	1.7
Expansión en autoclave (%)	0.80 máx.	0.07
Contracción en autoclave (%)	0.20 máx.	0.00
Densidad (g/mL)	A	2.94
Resistencia a la compresión min. (MPa)		
1 día	A	9.8
3 días	13.0	22.1
7 días	20.0	29.7
28 días	25.0	37.9
Tiempo de Fraguado, minutos, Vicat		
Inicial, no menor que:	45	123
Final, no mayor que:	420	252

A No especifica.

Anexo 6: Certificado de Curso de Diseño de Mezclas



Capacitate y Edifica tu Futuro

20- 2020



MASTERS LEAN CONSTRUCTION SAC

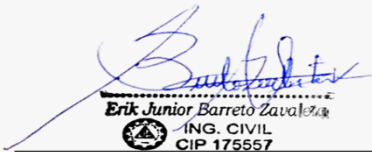
Otorga el presente certificado a:

Carlos Alonso Castro Gordillo
Eder Jhonatan Infantes Diaz

Por haber aprobado el curso:

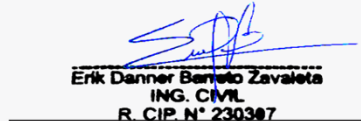
***"Diseño de Mezclas de Concreto Control de Calidad
en Estado Fresco y Endurecido "***

Realizado el día 01,02,03 de Junio del 2020 con un total de 20 Horas académicas.
Trujillo 8 de Junio del 2020



Erik Junior Barreto Zavaleta
ING. CIVIL
CIP 175557

Ing. Erik Junior Barreto Zavaleta
Gerente General MLC SAC



Erik Danner Barreto Zavaleta
ING. CIVIL
R. CIP. N° 230307

Ing. Erik Danner Barreto Zavaleta
Director Académico



**ENTRENAMIENTO
INGENIERÍA
CONSTRUCCIÓN**

PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía N° 01: Recolección de Concreto de demoliciones.



Fotografía N° 02: Selección de Concreto de demoliciones.



Fotografía N° 03: Tamizado de Concreto de Demolición.



Fotografía N° 04: Agregado fino en Cantera Carboncillo.



Fotografía N° 05: Cuarteo de Agregado Grueso para Ensayo Granulométrico.



Fotografía N° 06: Cuarteo de Agregado Fino para Ensayo Granulométrico.



Fotografía N° 7: Tamizado de Agregado Grueso para Ensayo de Peso Unitario.



Fotografía N° 8: Registro de probetas.



Fotografía N° 9: Colocación de probetas en la prensa.



Fotografía N° 10: Probeta P5 – 75%, día 28.