

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**BASES TEÓRICAS PARA REALIZAR LA INVESTIGACIÓN DE LA
INFLUENCIA DEL USO DEL CONCRETO RECICLADO COMO
AGREGADO SOBRE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y
TRACCIÓN DEL CONCRETO EN TRUJILLO, LA LIBERTAD 2019**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA
OPTAR EL GRADO DE BACHILLER**

AUTORES:

RODRIGO CRUZ CALAPUJA

ROBERTO CARLOS VEGAS QUIROZ

**TRUJILLO - PERÚ
2019**

JURADOR EVALUADOR

Mg. Enrique Durand Bazán
Presidente

Ing. Guido Robert Marín Cubas
Secretario

DEDICATORIA

A nuestras familias, por ser siempre nuestro apoyo incondicional

AGRADECIMIENTO

A Dios, por habernos permitido llegar hasta aquí y cumplir nuestros objetivos.

A nuestras familias, por habernos acompañado en este proceso.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. Delimitación del problema que motiva el estado del arte.....	9
1.2. Justificación del Problema	9
1.3. Objetivos.....	10
1.3.1. Objetivo General.....	10
1.3.2. Objetivos específicos.....	10
1.4. Procedimientos metodológicos seguidos	11
II. RESULTADO RESPECTO A LOS ANTECEDENTES, ESTADO DEL ARTE O ESTADO DE LA CUESTIÓN	15
1. Antecedentes.....	15
2. Bases Teóricas.....	22
III. CONCLUSIONES	30
IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
V. ANEXOS.....	34

RESUMEN

La presente monografía busca obtener información técnica necesaria para elaborar la investigación: Influencia del uso del agregado reciclado con parámetros controlados sobre la resistencia a compresión del concreto en la ciudad de Trujillo, la libertad 2019. La presente investigación pretende reunir información para explicar la influencia del porcentaje y tamaño máximo nominal de concreto reciclado como sustituyente del agregado grueso, sobre la resistencia a la compresión de un concreto reciclado; a base de un cemento portland Tipo I. Los porcentajes de concreto reciclado adicionados fueron de 0%, 10%, 20 %, 30 %, 40% y 50 %, para tamaños máximos nominales del agregado grueso, y usando una relación agua/cemento de 0.56 con una resistencia de diseño de 210 kg/cm³.

En cuanto a los resultados de esta investigación se desea encontrar el porcentaje ideal de reemplazo es de 30% de agregado reciclado, además se determinó que las propiedades de este concreto (resistencia a la compresión), varían de 283.79 kg/cm² a 281.74 kg/cm² lo cual implica una reducción de menos del 5% con respecto al concreto tradicional (probeta patrón 0%).

PALABRAS CLAVES

- Concreto reciclado
- Árido grueso
- Agregado reciclado,
- Parámetros controlados

ABSTRACT

This monograph seeks to obtain the necessary technical information to prepare the research: Influence of the use of recycled aggregate with controlled parameters on the compressive strength of concrete in the city of Trujillo, la Libertad 2019

This research aims to gather information to explain the influence of the percentage and maximum nominal size of recycled concrete as a substitute for coarse aggregate, on the compressive strength of a recycled concrete; based on a Type I Portland cement. The percentages of recycled concrete added were 0%, 10%, 20%, 30%, 40% and 50%, for maximum nominal sizes of coarse aggregate, and using a water / cement ratio 0.56 with a design resistance of 210 kg / cm³.

As for the results of this research, it is desired to find the ideal replacement percentage is 30% recycled aggregate, in addition it was determined that the properties of this concrete (compressive strength) vary from 283.79 kg / cm² to 281.74 kg / cm² which implies a reduction of less than 5% with respect to traditional concrete (standard test tube 0%).

KEYWORDS

- Recycled concrete
- Coarse arid
- Recycled aggregate,
- Controlled parameters

I. INTRODUCCIÓN

Cuando hablamos del tema de los materiales normalmente estamos refiriéndonos a la calidad de éstos. Agregados de mala calidad, mezclados con impurezas orgánicas e inorgánicas que afectan a las propiedades mecánicas del concreto, agregados gruesos que se desboronan al frotar unos con otros. El uso de cemento hidratado que ya no cumple al 100% con su función como pasta ligante. Estos son algunas características que no cumplen con los estándares mínimos establecidos por el RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones).

El especialista encargado de construir la vivienda es otro factor para tomar en cuenta cuando hablamos de calidad. Al ser de carácter informal, los especiales también son informales, dicho de otra manera, son personas que aprendieron la labor de constructores mediante experimentación casera, que no se basan en ningún tipo de reglamento, sino que solo utilizan el empirismo en sus construcciones.

Otro factor importante es el especialista en el diseño de planos. Según lo observado por los investigadores, el Perú tiene deficiencia en calidad de viviendas, no porque no existan especialistas que puedan abarcar esta área sino, porque los ciudadanos se preocupan más por el tema económico que por la seguridad, siendo los mismos constructores no especializados en su área quienes diseñan las viviendas conforme van construyéndolas. Es por ello la explicación a la cifra alarmante que menciona el IGP (Instituto Geofísico del Perú) ante un evento sísmico de esa magnitud.

1.1. Delimitación del problema que motiva el estado del arte:

¿Cuál es la muestra teórica para estudiar la influencia del concreto reciclado usado como agregado grueso sobre la resistencia, compresión y tracción de elementos estructurales?

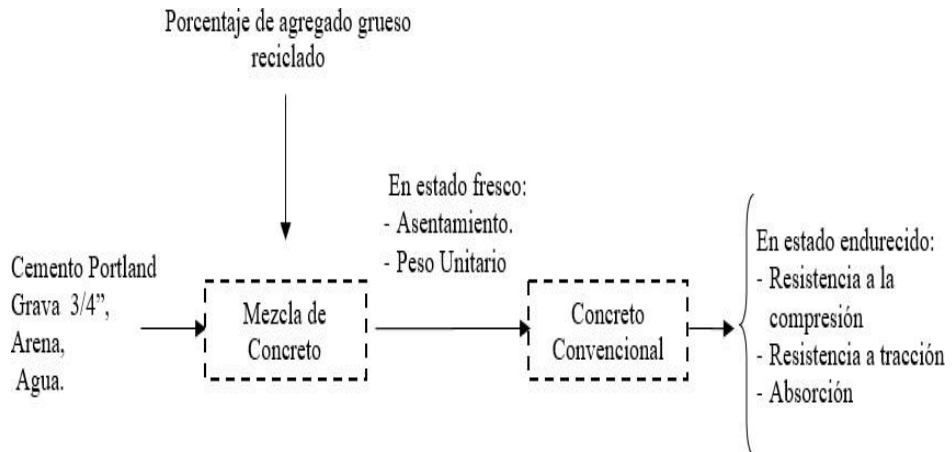


Figura N° 1: Esquema de investigación

1.2. Justificación del tema.

En la actualidad la necesidad de poder diseñar y ejecutar edificaciones más resistentes y realizar proyectos con el menor error posible genera los altos costos en el presupuesto tanto en las sobre cimentaciones y más aún en las cimentaciones las cuales en su mayoría requieren de mucho material específicamente CONCRETO, este material en grandes cantidades significa un costo bastante considerable; además este material

En los últimos tiempos se ha visto el incremento de la temperatura global debido a un problema el cual es el calentamiento global producido por el uso desmedido de materiales que producen diversos agentes contaminantes. Es por eso que en los últimos años aumento la preocupación lo cual esta originado diversas propuestas que tienen como principal objetivo reducir el nivel de contaminación ambiental. Muchos de nosotros sabemos que el planeta verde que conocíamos está

desapareciendo y dando paso a enormes bloques de concreto que con el paso del tiempo y la globalización están ocupando cada vez más porcentaje de territorio dando consigo la destrucción de diversos bosques lo cual incrementa de manera desmedida el impacto ambiental de manera negativa es por eso que se plantea: sabemos que al momento de hacer edificios se requiere del empleo de muchas maquinarias las cuales consumen de manera desmedida diferentes tipos de combustible es por eso que sería conveniente hacer edificios con materiales prefabricados utilizando como componentes acero y concreto reciclado para los bloques, de esa forma reduciremos costos en mano de obra y en materiales .

La mayoría de las edificaciones de concreto al momento de su reemplazo los materiales no son reutilizables es por eso que se busca reusar este material como un componente del nuevo concreto para reducir el costo de materias primas; reducir el impacto ambiental, etc.

1.3. Objetivos:

1.3.1. Objetivo General:

- Determinar el marco teórico a la resistencia a la compresión y flexión del concreto preparado con agregado de concreto reciclado.

1.3.2. Objetivos Específicos:

- Identificar el marco teórico para definir la proporción ideal de cada componente; principalmente la del concreto reciclado.
- Determinar si el nuevo concreto es ideal para construcciones que requieren alta resistencia a través de probetas normalizadas y cuantificadas.
- Identificar el marco teórico para analizar en función de la granulometría (concreto reciclado) la resistencia mecánica y las mejoras en las propiedades y características del concreto.

1.4. Procedimientos metodológicos seguidos

Esquema para el análisis de información

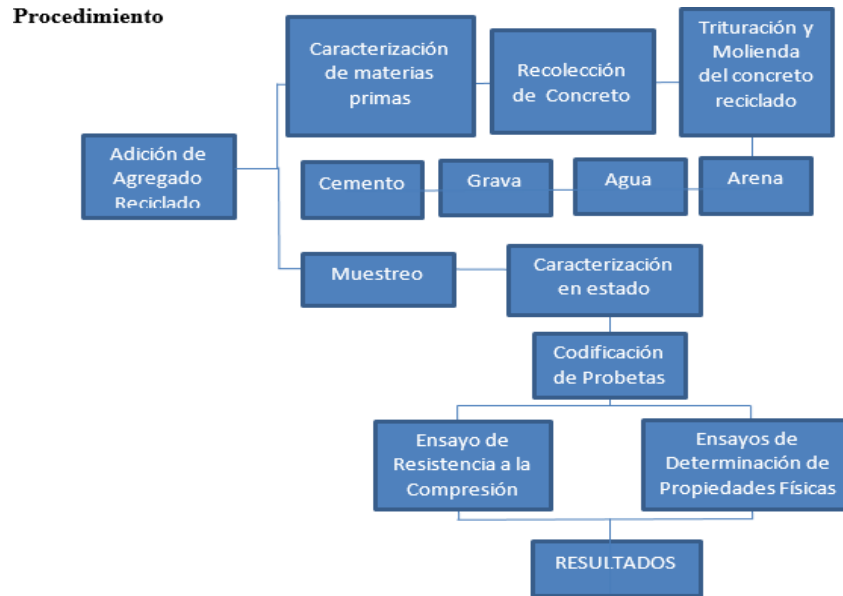


FIG. N° 2: Circuito de procedimiento experimental

1.4.1. Procedimiento de Recolección de Información.

El instrumento para la matriz de análisis de datos (Ver anexos)

1.4.2. Procedimiento de Recolección, Trituración y Tamizado

Requisito Granulométrico: A todos los agregados se le reducirá al tamaño adecuado, para ello empleando martillos mecánicos.

- ✓ Recolección de Concreto para el reciclaje: Se recolectará material de escombro o desmote de concreto de cualquier tipo, mezclándose entre sí.
- ✓ Trituración: Se reducirá el material recolectado hasta ser considerado como agregado grueso.
- ✓ Tamizado: Se tamizará el material anteriormente triturado en mallas para clasificar el nuevo agregado como agregado grueso, usando agregado reciclado de tamaño máximo de 1/2”.

1.4.3. Procedimiento para el Estudio de la Resistencia a la Compresión del Concreto Uniendo agregado de Concreto Reciclado.

Caracterización de materias primas:

El control adecuado en lo referente a la preparación de un concreto con reemplazo de agregado natural por el reciclado se hará a partir de la obtención de la materia prima. Para la preparación de este tipo de concreto se empleará Cemento Pacasmayo Tipo ICo, agregado fino reciclado, agregado fino natural, agregado grueso de ½ "y agua potable de la ciudad de Trujillo. En lo que respecta a los agregados, se procederá con lo siguiente:

- ✓ Obtendremos en laboratorio las muestras representativas, mediante el método del cuarteo según norma ASTM C 702 para cada ensayo de caracterización.
- ✓ Se seguirá un procedimiento para el análisis granulométrico según norma NTP 400.012 (ASTM C 136).
- ✓ Determinaremos el peso específico y la absorción según la norma NTP 400.021 para el agregado grueso, se obtendrá la Densidad relativa seca, Densidad relativa en estado SSD, Densidad relativa aparente, Porcentaje de Absorción %.
- ✓ Se determinará el contenido de humedad en los agregados según norma NTP 339.185 (ASTM C 566).
- ✓ Además, mediremos los parámetros fisicoquímicos del agua potable y agregados como: dilución de sólidos totales (TDS), pH, material orgánico I (%), Cloruros - Cl-, Sulfatos - SO₄-2.

1.4.4. Diseño de mezcla

Se procederá a tomar como unidades fijas las cantidades de arena gruesa, cemento y agua encontrados durante la elaboración del diseño de mezcla, variando el contenido de agregado fino por porcentajes de concreto reciclado, en la mezcla de concreto.

El diseño se realizará de acuerdo con el Método ACI, el cual estará basado en el empleo de tablas confeccionadas por el Comité ACI 211, para obtener una dosificación inicial y luego realizar una mezcla de prueba.

Las proporciones necesarias de los componentes del diseño de mezcla elaborado se muestran en la tabla 3:

Material	Porcentaje (%)
Agua	9.34
Cemento	14.40
Agregado Fino	27.44
Agregado Grueso	48.82

Tabla N° 3: Porcentajes de cada material en la mezcla.

✓ Dosificación de agregado reciclado

Se trabajará con una dosificación del contenido de agregado en base al agregado grueso que se tiene, especificándose en la siguiente tabla:

Material	Diseño, base 50 kg.	Porcentajes de Piedra Reciclada (%)					
		10	15	20	25	30	35
Agua	4,672	4,672	4,672	4,672	4,672	4,672	4,672
Cemento	7,200	7,200	7,200	7,200	7,200	7,200	7,200
Agregado Fino	13,720	13,720	13,720	13,720	13,720	13,720	13,720
Agregado Grueso	14,408	12,967	12,247	11,526	10,806	10,086	9,365
Piedra Reciclada	0	1,441	2,161	2,882	3,602	4,322	5,043
Base, Kg	50	50	50	50	50	50	50

Tabla N° 4: Composición de mezcla con dosificación

✓ Preparación de la mezcla de concreto

Se mezclarán los áridos en el trompo junto con el cemento, en esta etapa se añadirán el agregado grueso reciclado para que se homogenice con la mezcla, posteriormente se añadirá agua para homogenizar la mezcla, una vez realizado el proceso se procederá al vaciado del concreto en los moldes.

✓ Muestreo

Se realizará la extracción del volumen necesario para los ensayos a partir del volumen de mezcla preparada.

✓ Caracterización en estado endurecido

Resistencia a la compresión

Las probetas se ensayarán en el equipo de compresión digital (ELE) del área de Materiales Concreto de la Escuela de ingeniería de Materiales – UNT, según norma ASTM C39.

Resistencia a la tracción

Las probetas se ensayarán en el equipo de tracción digital (ELE) del área de Materiales Concreto de la Escuela de ingeniería de Materiales – UNT, según norma ASTM C496.

Resistencia a la flexión

Las probetas se ensayarán en el equipo de flexión digital (ELE) del área de Materiales Concreto de la Escuela de ingeniería de Materiales – UNT, según norma ASTM C78.

✓ Elaboración y curado

Se elaborarán probetas de concreto de (15cm □ x 30 cm longitud) conteniendo diferentes porcentajes de agregado, según el diseño de mezcla, la elaboración de éstas se basará en la norma ASTM C 39 (NTP 339.034).

En la elaboración de las probetas se utilizarán moldes de plástico de medida estándar, decidiéndose por este tipo de moldes debido a su mayor facilidad de manipulación que los moldes metálicos tradicionales.

✓ Análisis de datos

Para la evaluación estadística de los resultados se utilizará la prueba F (Fisher) para determinar la influencia de cada

una de las variables en estudio. Además, para una mejor confiabilidad se usará la evaluación estadística de T de Student y la de regresión lineal.

El análisis de varianza (ANAVA) se efectuará a un nivel de confianza del 95%.

II. RESULTADO RESPECTO A LOS ANTECEDENTES, ESTADO DEL ARTE O ESTADO DE LA CUESTIÓN

1. Antecedentes.

a) Título: “ESTUDIO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO, UTILIZANDO COMO AGREGADO EL CONCRETO RECICLADO DE OBRA.”

(JORDAN y VIERA, 2014), Conocer los procesos de variación del comportamiento estructural del concreto, elaborados con diferentes porcentajes de agregados gruesos reciclados, para su respectiva utilización, determinando las resistencias a la compresión. Se realizó una inspección y evaluación de las áreas influenciadas por el problema planteado recopilando todos los datos necesarios que permitan efectuar un buen análisis e interpretación de los resultados, para así obtener un diseño de mezclas adecuados para dar un buen uso al concreto reciclado, se realizaron los ensayos a los agregados utilizando primordialmente el agregado de concreto reciclado de obra para calcular el Diseño de Mezcla de acuerdo con el Método de Diseño del Comité 211 del ACI. La mezcla con un aporte de 25% de agregado de concreto reciclado según los resultados, demuestran que se tiene un incremento de la resistencia a la compresión de manera ascendente y homogéneo, sin embargo, los gastos operativos en la producción del mismo son más elevados en comparación con la utilización del 50% de agregado de concreto reciclado, debido a que en esta proporción genera el uso de mayor cantidad de agregado grueso natural.

Este estudio aportará un análisis adicional ya que se estableció el porcentaje más adecuado para una mayor resistencia a la compresión utilizando concreto reciclado, y servirá de base para describir mejor el comportamiento de una propiedad mecánica importante como lo es la resistencia del concreto.

(RUIZ, 2015) Encontró que las fibras metálicas aumentan moderadamente la resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad del concreto. Cuando se utiliza la adición de fibra de 30 kg/m^3 , la contribución de las fibras fue más evidente que para la adición de 15 kg/m^3 , con aumentos del 26% en la resistencia a la compresión y del 22% en el módulo de elasticidad, en relación con el Mezcla de hormigón convencional. Para los cilindros construidos con la mezcla FC1, la resistencia a la compresión aumentó en un 11% y el módulo de elasticidad fue casi el mismo que para los cilindros construidos con la mezcla CC.

(ASENCIO, 2014) Encontró que la resistencia a la compresión del concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con agregado de concreto reciclado de pavimento reciclado es 15.49% menos que el concreto elaborado con agregados naturales a los 28 días, cumpliendo con los requerimientos de las normas E030, E060, E020 y E050. La sustitución del 20% y 40% presentan propiedades mecánicas similares a la del concreto patrón, eligiéndose trabajar con el 40%. El concreto con una sustitución del 40% y 20% de agregado son más favorables para trabajar con elementos estructurales de viviendas no mayores a 2 pisos, mientras que los porcentajes de 60% y 80% pueden emplearse en obras de concreto simple.

(CASTILLO, 2011) Encontró que análisis de resistencia a la compresión arrojó mejores resultados a los 28 días para microhormigón elaborado a partir de arcilla sedimentaria y calcinada (AS-900). A esta edad, el aumento de la resistencia a la compresión en esta mezcla, debido a la reacción puzolánica, fue aproximadamente del 40% en relación con el sistema de relleno, que se comporta como un material relativamente inerte y contiene la misma cantidad de cemento.

b) Título: “CONCRETE WITH RECYCLED AGGREGATES AS URBAN SUSTAINABILITY PROJECT”

(BEDOYA, 2015) Determinar las resistencias al esfuerzo de la compresión a edades de 3, 7, 14, 28, 56 y 9 días del CAR, así como su comportamiento ante agentes atmosféricos por medio de ensayos de

porosidad, absorción y carbonatación, para predecir su durabilidad. Se confeccionaron muestras cilíndricas de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura, que luego fueron sumergidos en un tanque de curado con agua saturada de cal, a una temperatura de 23 ± 3 °C, cuyas muestras se llevaron a la prensa hidráulica para determinar su resistencia al esfuerzo de la compresión a edades de 3, 7, 14, 28, 56 y 91 días. Se realizaron los ensayos a compresión de las muestras para determinar las curvas tiempo vs resistencia para observar la influencia del tiempo en la resistencia del hormigón a 3, 7, 14, 28, 56 y 91 días en sustituciones de agregados naturales por agregados reciclado-gruesos y finos en porcentajes del 25 %, 50 % y 100 %, y, además que nos dio un indicativo de la resistencia media del hormigón para cada edad. Se determinó que este tipo de concreto puede ser sus de emplearse como materias primas en un nuevo material para la construcción como el concreto, pues no todas las mezclas se requieren para uso estructural. Este estudio aportará un análisis adicional ya que se estableció una relación entre la resistencia a la compresión y el tiempo, servirá de base para describir mejor el comportamiento de una propiedad mecánica importante como lo es la resistencia del concreto.

c) Título: “EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN AGREGADO DE CONCRETO RECICLADO”

(PEREZ, 2018) Determinar las propiedades físicas y mecánicas de un agregado de concreto reciclado, para valorar su posible utilización como material de base o subbase. Se prepararon especímenes de 10 cm de diámetro por 20 cm de altura para la prueba de módulo de resiliencia; con tiempos de curado de 0, 1, 7, 15, 30, 60 y 90 días.

Se determinaron módulos de resiliencia, los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante y también las pruebas de deformación permanente a 20 000 y 250 000 ciclos. El agregado de concreto reciclado mostró tener módulos de resiliencia ligeramente mayores a los del agregado tradicional. En las pruebas de deformación permanente, se observó que el concreto reciclado muestra deformación resiliente menor que el agredo tradicional, lo que se traduce en módulos de resiliencia mayores. También, las pruebas de resistencia al esfuerzo cortante mostraron que la cohesión del agregado de concreto reciclado se incrementa ligeramente con el tiempo

de curado; el ángulo de fricción interna no presenta un cambio importante.

Esta investigación aportará un importante adicional ya que encontró que el concreto reciclado es muy similar al concreto convencional en términos de resiliencia, y servirá de base para describir mejor el comportamiento de una propiedad mecánica importante como lo es la resiliencia en el concreto.

d) Título: "EFECTO DE LOS AGREGADOS DE CONCRETO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOBRE EL CONCRETO $f'_c=210 \text{ Kg/cm}^2$ "

(ASENCIO, 2014) Determinar el efecto de los agregados de concreto reciclado en la resistencia a la compresión sobre el concreto de $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$

Se realizó un total de 48 probetas de las cuales 18 probetas eran con agregado natural y 30 con agregado reciclado para ser ensayadas a compresión a los 7, 14 y 28 días.

El concreto elaborado con agregados de concreto reciclado fue relativamente más económico en un 6.5% que el concreto elaborado con agregados naturales, al utilizar la misma relación a/c y cantidad de cemento. Vale recalcar que los costos de ambos concretos se calcularon con un coeficiente de desperdicio de 1.15. Para llegar a la resistencia requerida, ($f'_c=210\text{kg/cm}^2$), del concreto elaborado con agregados de concreto reciclado, se necesita 1 bolsa/ m^3 más de cemento, lo cual hace que el costo sea 2.8% más caro que el concreto elaborado con agregados naturales. El concreto elaborado con agregado de concreto reciclado de pavimento rígido de $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ resiste un 15.49% menos que el concreto elaborado con agregados naturales a los 28 días. El concreto elaborado con agregado de concreto reciclado de pavimento rígido de $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ es más liviano en 147 kg/m^3 que el concreto elaborado con agregados naturales. La deformación y módulo de elasticidad del concreto elaborado con agregados de concreto reciclado es menor en 18.7% y 12.98% respectivamente que del concreto elaborado con agregados naturales a los 28 días.

Para llegar a la resistencia requerida del concreto elaborado con

agregados de concreto reciclado, se necesitó 1 bolsa/m³ más de cemento, lo cual hace que el costo sea 2.8% más caro que el que el concreto elaborado con agregados naturales. El concreto elaborado con agregados de concreto reciclado es relativamente más económico en un 6.5% que el concreto elaborado con agregados naturales.

El reciclaje de concreto para fabricar agregados y sustituir al natural es una práctica que debe empezar a realizarse a la brevedad posible en Cajamarca, ya que la disponibilidad de canteras de materiales pétreos de origen aluvial es cada día más escasa.

e) Título: “PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE CONCRETO CON AGREGADO GRUESO RECICLADO PRE- TRATADO”

(HERNANDEZ B. 2016) Evaluar las propiedades físicas y mecánicas asociadas con el comportamiento de durabilidad del concreto elaborado con agregado gruesos reciclado tratados superficialmente con sellador base polímero. Se diseñó mezclas para la elaboración de probetas de concreto para cada tipo de agregado grueso reciclado tratado, asimismo para la elaboración de vigas armadas. Se realizaron los ensayos a la compresión y se obtuvieron una tabla resumen, también se obtuvo, del ensayo de carbonatación, la gráfica de las curvas de la profundidad de carbonatación. El agregado reciclado sin tratar presento una absorción de 9.5%, disminuyendo luego de su uso con tratamiento de sellador. Los agregados reciclados tratados pueden ser considerados como agregados para concretos convencionales. El tratamiento con sellador Estiren-Acrílico incrementa la resistencia a la compresión en 8%. Este estudio aportará nuevas maneras de lograr que el uso del concreto reciclado sea más eficiente, a su vez que amplia de su uso.

f) Título: “INFLUENCIA DEL CONCRETO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN MODELO DE VIVIENDA ECONÓMICA CON MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA - NUEVO CHIMBOTE, 2017”

(LARA, 2017), Determinar la influencia del concreto reciclado en el comportamiento estructural de un modelo de vivienda económica con

muros de ductilidad limitada - Nuevo Chimbote, 2017.

Se realizó el diseño de mezcla $f'c = 175\text{kg/cm}^2$ con concreto reciclado en sustitución del 20%, 40%, 60% y 80% de agregado reciclado. Se realizaron los diferentes ensayos mecánicos de todas las muestras para determinar el mejor porcentaje de reemplazo de agregado grueso. La influencia del concreto reciclado, en el diseño de una vivienda económica con muros de ductilidad limitada, influyó positivamente, cumpliendo con los requerimientos de las normas E-030, E-060, E-020 y la E-050. También se encontró que el análisis de costo unitario del concreto usado en la investigación con el 40% es un 0.0253 % más económico que un concreto convencional, La diferencia económica no es mucha, pero se contribuirá grandemente con el medio Ambiente creando viviendas de calidad para las personas de bajos recursos.

Este estudio aportará un análisis adicional ya que se estableció el porcentaje más adecuado para una mayor similitud del concreto convencional y el nuevo utilizando concreto reciclado, y el precio de construcción de una vivienda; y servirá de base para describir mejor el comportamiento de una propiedad mecánica importante como lo es la resistencia del concreto.

g) Título: “ESTUDIOS SOBRE EL CONCRETO HECHO DE MATERIALES RECICLADOS PARA LA SOSTENIBILIDAD”

(SAHOO, 2016) Investigar la relación entre a/c con la resistencia a la compresión del concreto RCA considerando la edad y el número de reciclaje y estudiar el comportamiento del concreto RCA con respecto a la absorción de agua capilar, contracción por secado, contenido de aire, resistencia a la flexión y resistencia a la tracción. Se examina el efecto de SF en la resistencia a la compresión, a la flexión y a la tracción del hormigón endurecido; preparando siete mezclas de concreto usando cemento de escoria Portland (PSC) parcialmente reemplazado con SF que varía de 0 a 30%.

Se obtuvo la resistencia a la compresión, la contracción por secado y la prueba de absorción de agua capilar del concreto endurecido y la prueba de contenido de aire del concreto fresco. La resistencia a la compresión del concreto preparado a partir de un agregado más antiguo (2 años, RC-

2) es menor en comparación con RC1 (1 año). La reducción de la resistencia a la compresión fue de aproximadamente 6%. La reducción en la resistencia a la compresión fue probablemente una cantidad mayor de mortero poroso adherido que reduce significativamente la resistencia del agregado. Estas nuevas investigaciones hechas en la India nos muestran el interés y nos brindan mayor conocimiento sobre el comportamiento del concreto reciclado dentro del uso del concreto convencional.

h) Título: “CONCRETO AGREGADO RECICLADO DE ALTO RENDIMIENTO INCORPORACIÓN DE MICRO SILICE Y FIBRA MACRO SINTETICA”

(AHIBOLA ISMAIL, 2016) Desarrollar un concreto de alto rendimiento (HPC) utilizando agregados gruesos reciclados como sustituto del agregado grueso natural, macro fibra sintética y aditivo mineral (micro sílice) con el fin de mejorar las propiedades de ingeniería del concreto agregado reciclado. Se elaboraron mezclas con relación a/c constante, incorporando Microsílice hasta en un 20% del contenido de cemento a intervalos de 5%. Se obtuvieron los resultados de la resistencia a la compresión para realizar la tabla comparativa resumen. La incorporación de 15% de microsílice con 50% de fracción de áridos gruesos reciclados produjo una resistencia al cubo compresivo de 28 días que excede las características y la resistencia media a la compresión del cubo objetivo de la mezcla de control que son 50MPa y 63.1MPa respectivamente. Este aporte ayudará a la comunidad presentando nueva información en el área.

i) Título: “CHLORIDE CORROSION OF EMBEDDED REINFORCED STEEL ON CONCRETE ELABORATED FROM RECYCLED COARSE AGGREGATES AND SUPPLEMENTARY CEMENT MATERIALS”

(CORRAL, 2013) Determinar la influencia del uso de concreto reciclado (RCA) y materiales complementarios de cemento en el ensayo de corrosión por cloruro del acero reforzado empotrado. Se elaboraron cuatro series de muestras utilizando material de cemento y agua de 0.48 ratios: a) series de referencia elaboradas a partir de agregados naturales (NA) y 100% de Cemento Portland (PC) Tipo I de acuerdo con ASTM C150; b)

series compuestas de agregado grueso y 100% PC; c) serie elaborada a partir de RCA basto y 30% de FA como reemplazo parcial de PC y; al final d) serie fabricada de RCA basto y 10% SF como reemplazo parcial de PC. Resistencia a la compresión, resistividad eléctrica, la resistencia de transferencia de carga y la resistencia a la permeabilidad del cloruro iónico son los parámetros que se determinaron a partir de las muestras de prueba resultantes. La mezcla utilizada para evaluar el efecto de RCA en la resistencia a la compresión (RCA 100% PC) desarrolló resistencias de 26, 28 y 32 MPa a los 28, 90 y 180 días de curado, respectivamente. Representando pérdidas de resistencia de 13, 15 y 10%, respectivamente. De los resultados obtenidos se concluye que el concreto elaborado con un 100% de áridos gruesos reciclados y materiales complementarios de cemento mejora su comportamiento en lo que se refiere a la resistencia y durabilidad, en comparación con el concreto convencional. Esta investigación aportará un importante adicional ya que encontró que el concreto reciclado es muy similar al concreto convencional en términos de resistencia y durabilidad, y servirá de base para describir mejor el comportamiento de una propiedad mecánica importante como lo es la resistencia a la corrosión y durabilidad en el concreto.

2. Bases Teóricas.

2.1. CEMENTO

El cemento Portland es indudablemente el aglutinante más ampliamente usado en la manufactura del concreto. Pero se tiene en cuenta que un contenido de C3A superior al 10% puede provocar problemas de mala retención de la trabajabilidad.

Los componentes químicos para la obtención del cemento Portland se expresan por el contenido de óxidos, estos son: la cal, sílice, alúmina y el óxido férrico, siendo el total de éstos del 95% al 97%. Durante la calcinación (1400° C - 1550° C) en la fabricación del clinker de cemento Portland estos óxidos se combinan entre sí dando un producto granular complejo.

2.2. CONSTITUYENTES DEL CONCRETO

El Concreto autocompactante (Hormigón autocompactante) contiene básicamente los mismos componentes que el hormigón convencional vibrado (cemento, áridos, agua, adiciones y aditivos), sin embargo, posee una clara diferencia en la composición final de la mezcla. En comparación con el hormigón convencional, la mezcla de hormigón autocompactante tiene un alto volumen de adiciones, mayor contenido de superplastificante, menor contenido de árido grueso, y menor tamaño máximo de árido. Estas modificaciones en la composición de la mezcla influyen sobre el comportamiento del hormigón en su estado fresco, pero también en el estado endurecido y en sus propiedades mecánicas.

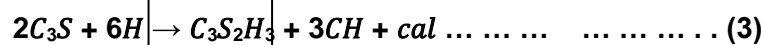
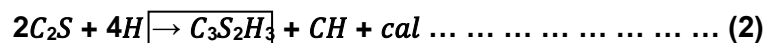
Nombre del Componente	Fórmulas			Mineral	Densidad kg/m ³	Velocidad de Hidratación	Conten. % peso
	Componente	Oxido equival.	Corta				
Silicato tricálcico	CaO-Ca ₂ SiO ₄	3CaO-SiO ₂	C ₃ S	Alita	3150	Media	55
Silicato dicálcico	Ca ₂ SiO ₄	2CaO-SiO ₂	C ₂ S	Belita	3280	Lenta	20
Aluminato tricálcico	2CaO-Ca(AlO ₂) ₂	3CaO-Al ₂ O ₃	C ₃ A	Aluminato	3030	Elevada	
Aluminoferrita tetracálcica	CaO-Al ₂ O ₃ -Fe ₂ O ₃		C ₄ AF	Ferrita	3770	Media-baja	
Sulfato de calcio hidratado	CaSO ₄ ·2H ₂ O	CaO·SO ₃ ·2H ₂ O	CSH ₂	Yeso	2320	Muy elevada	3.5
Oxidos alcalinos	K ₂ O, Na ₂ O, CaO						1.5

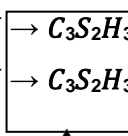
Tabla N° 1: Compuestos principales en el Cemento Portland

Cuando el cemento Portland es mezclado con el agua (H₂O = H), este los hidrata formando la pasta de cemento endurecida. Todos los cementos endurecen por reacción, no por secado y de hecho es importante mantenerlos húmedos hasta que alcance la dureza requerida. La primera reacción es rápida, ocurriendo en las primeras 4 horas, y causa el fraguado del cemento. Esta es la hidratación del C₃A



La segunda es más lenta y causa que el cemento endurezca. Esto es la hidratación de C₂S y C₃S para formar el gel de tobermorita que es el principal material de unión, el cual ocupa el 70% de la estructura





Gel tobermorita
El Gel de Tobermorita es (CaO)₃(SiO₂)₂(H₂O)₃ = C₃S₂H₃

La estructura del cemento y las maneras en las cuales se forma son realmente marcadas. El polvo de cemento angular es mezclado con agua (Fig. N°06). Dentro de 15 minutos la reacción (ec.1) cubre los granos con una envoltura gelatinosa de hidrato (C_3AH_6). Los granos son enlazados en sus puntos de contacto por estas envolturas formando una red de enlaces débiles, los cuales causan una pérdida de plasticidad. Lo enlaces son fácilmente rotos por la agitación, pero nuevamente se forman rápidamente. El endurecimiento (ec. 2 y ec.3) se inicia después de las tres horas, la capa de gel desarrolla finas protuberancias densamente compactas en forma de barras que irradian semejantes a las espinas de los erizos de mar de los granos individuales de cemento. Estas espinas son las $C_3S_2H_3$ de la segunda serie de reacciones. A medida que la hidratación continúa las espinas crecen penetrando gradualmente la región entre los granos de cemento. La red interconectada de agujas finalmente se consolida en una masa rígida

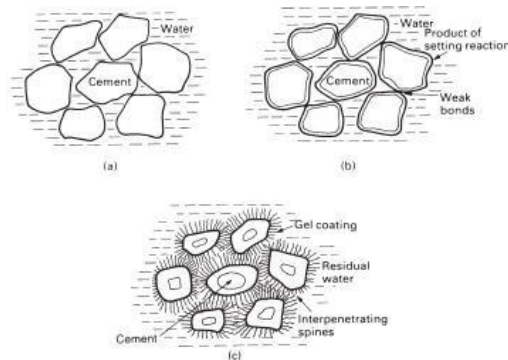


Figura N° 2: Fraguado y endurecimiento del cemento Portland. En el inicio (a) los granos de cemento son mezclados con el agua, H. (b) la reacción del fraguado otorga un enlace débil, (c) endurecimiento.

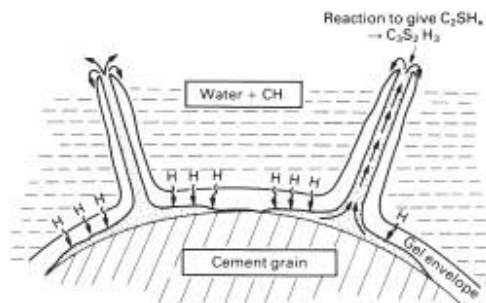


Figura N° 3: Mecanismo con el cual crece la estructura de espina de $C_3S_2H_3$.

En la molienda final, el clinker de cemento Portland es generalmente mezclado con cerca de 2 a 4% en masa de Sulfato de Calcio ya sea en la forma de yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), hemihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) o anhidrita (CaSO_4). Este compuesto es introducido principalmente para controlar la extremadamente rápida hidratación del C3A mediante la formación de etringita (Trisulfoaluminato de Calcio). El hemihidrato tiene una velocidad de solubilidad mucho más grande que la del yeso. Cantidades excesivas de hemihidrato pueden llevar a un falso fraguado; sin embargo, es bueno tener en el cemento un poco de hemihidrato porque algunos SO_3 necesitan ir dentro de la solución rápidamente para controlar la hidratación del C3A.

- Agua

Al igual que en la elaboración de los hormigones convencionales el agua de amasado del hormigón autocompactante para que sea apta debe de estar limpia y encontrarse libre de impurezas para no producir alteraciones en la hidratación del cemento, retrasos en el fraguado y en su endurecimiento, ni permitir reducciones en sus resistencias o afectar su durabilidad.

Su misión, aparte de la hidratación del cemento y de los demás componentes activos, es de actuar como lubricante haciendo que la masa en estado fresco sea trabajable y también la de crear espacios en la pasta para albergar los productos resultantes de la hidratación del cemento.

Por regla general las aguas que son inodoras, incoloras e insípidas y que no forman espumas o gases cuando son agitadas, pueden ser utilizadas como aguas de amasado para el hormigón. Sin embargo, deberán evitarse aquellas aguas que contengan azúcares, taninos, materia orgánica, aceites, sulfatos, sales alcalinas, gas carbónico, así como productos procedentes de residuos industriales

- Agregados

Áridos, normalmente usados para producir hormigón convencional satisfactorio. Lo ideal es utilizar agregados bien graduados.

Los agregados ocupan mayoritariamente el mayor volumen de los componentes de hormigón y afecta profundamente el performance de hormigón, tanto en el estado fresco y endurecido.

Cuando se incrementa la cantidad de agregado grueso, la fluidez y compactibilidad disminuye a medida que aumenta la fricción interna entre los agregados. La fluidez disminuye a medida que el tamaño máximo del agregado grueso aumenta por ello se restringe su tamaño a un máximo de 20 mm.

Grandes cantidades de agregado fino bajan la compactibilidad a medida que el espesor de la pasta de cemento que envuelve a los finos disminuye. Así mismo se debe realizar un monitoreo de sus humedades para lograr una calidad constante, ya que este influye en la cantidad de agua neta dentro de la mezcla.

En el concreto es adecuado un empaquetamiento denso para evitar presencia de vacíos excesivos que afectan perjudicialmente debilitando al concreto y permitiendo la penetración del agua (lo cual si se congela entonces causará fisuración). La mejor manera para conseguir el empaquetamiento es clasificando el agregado.

2.3. CURADO DEL CONCRETO

El curado tiene por objeto evitar un secado prematuro, especialmente bajo la acción de los rayos del sol y del viento.

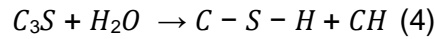
La protección tiene por objetivo evitar la lixiviación por las aguas pluviales y las corrientes de agua, el enfriamiento demasiado rápido durante los primeros días después de la ejecución, evitar diferencias importantes de temperaturas internas, baja temperatura o gel, vibraciones y choques que puedan dislocar el concreto, o dañar su adherencia al refuerzo.

Uno de los estudios para obtener un concreto con resistencia requerida de acuerdo con el diseño es el curado convencional, que consta en después del desmolde se lleva a una cámara donde es sumergido con agua saturada en cal por periodos de 3, 7, 28 días para luego ser evaluados en los ensayos.

En el concreto industrializado encontramos un tipo de curado que nos ayuda a acelerar el proceso de hidratación y por ende la resistencia para cual fue diseñado, para esto se hará la siguiente evaluación en las siguientes secuencias y reacciones.

Ecuación de la hidratación del cemento:

Portlandita



Silicato de calcio hidratado

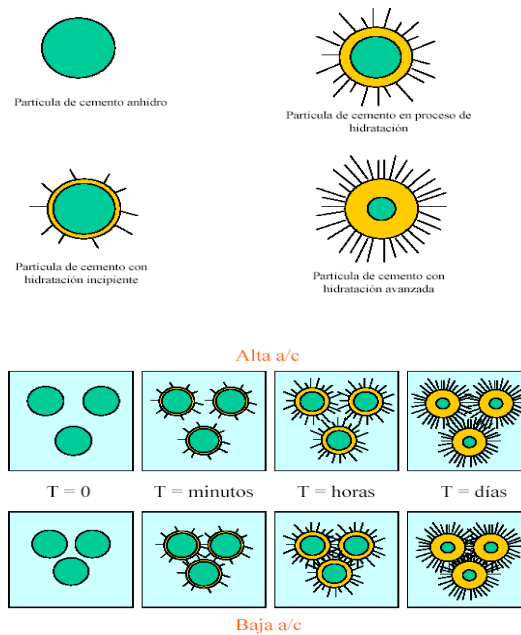
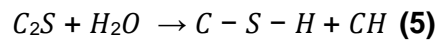


Figura N° 4: Resistencia depende agua/cemento en la hidratación de las partículas de cemento.

2.4. LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto o de mortero a carga axial. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm^2) a una edad de 28 días se le designe con el símbolo f'c. Para determinar la resistencia a la compresión, se realizan pruebas especímenes de mortero o de concreto.

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO							
	NTP	AÑO	ASTM	AÑO	AASHTO	AÑO	MTC	AÑO
Esfuerzo a Compresión de Muestras Cilíndricas de Concreto (Por tres testigos)	339.03	2001	C-39	2004	T-22	2005	MTC E-704	2000

Tabla N° 2: Establece las características con el tipo de norma sugerida.

Observaciones: en cuanto a los valores obtenidos, IMCYC (instituto mexicano del cemento y concreto) sugieren que las probetas a ensayar de muestras cilíndricas deben cumplir con el doble del diámetro como también el diámetro del cilindro utilizado en la evaluación de concreto industrializado debe ser como mínimo tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso que se empleen en el concreto.

2.5. RECICLAJE

Cuando ciertas estructuras hechas de cemento son demolidas o renovadas, el reciclaje de cemento es un método cada vez más común para reutilizar los escombros resultantes. El cemento solía ser transportado hasta vertederos para deshacerse de él, pero su reciclaje tiene un número de beneficios que lo ha hecho una opción más atractiva en esta época de conciencia medioambiental, leyes medioambientales, y el deseo de mantener los costes de las construcciones lo más bajos posibles.

El árido de cemento recolectado tras la demolición se introduce en una moladora. Las unidades de molido aceptan únicamente trozos de cemento sin contaminar, es decir, que deben estar libres de basura, madera, papel, y otros materiales similares. Los metales como los usados en el forjado son aceptables, ya que pueden ser eliminados gracias a electroimanes y otros sistemas de separación, tras lo que son fundidos para su reciclaje en otras instalaciones. Los remanentes de los bloques de cemento se ordenan por tamaño. Los trozos más grandes pueden ser reconducidos a la máquina. Tras llevar a cabo del molido, las partículas son filtradas por varios métodos distintos, incluyendo la selección a mano y la flotación.

2.6. CONCRETO CON AGREGADOS RECICLADOS

El uso de agregados reciclados, en la elaboración de concreto, permitirá solucionar entre otros:

- Problemas de contaminación ambiental, por material de demolición.
- Ahorros económicos, pues se reducirán los costos de transporte (acarreo); menor consumo de combustible entonces menor producción CO₂.
- Ahorro de energía, debido a una menor explotación de canteras y lechos de dominio público.
- Menor consumo de materiales no renovables.

III. CONCLUSIONES

- Se redactaron las bases teóricas para realizar la investigación Influencia del uso del agregado reciclado con parámetros controlados sobre la resistencia a compresión del concreto en la ciudad de Trujillo, La Libertad 2019.
- Se identificó la información acerca de cemento y agregados.
- Se evaluó la información acerca de concreto, constituyentes del concreto y curado del concreto.
- Se encontró información acerca de la resistencia de la compresión del concreto.
- Se encontró información acerca de concreto con agregados reciclados.

IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHIBOLA ISMAIL, T. (SETIEMBRE de 2016). *Concreto agregado residual de alto rendimiento incorporando micro silice y fibra macro sintetiica*".

ASENCIO, A. R. (2014). "Efecto de los agregados de concreto residual en la resistencia a la compresión". *Cajamarca, Cajamarca, Trujillo*.

BEDOYA, C. (30 de Julio de 2015). *Concrete with recycled aggregates as urban sustainability project*. Revista: *Ingenieria de Construcción*, N° 30(02), Pag. 9-108.

Recuperado de:
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-2050732015000200002&lng=en&nrm=iso&tlng=en

BLAS, F. (21 de setiembre de 2017). Correo. Recuperado de:

<https://diariocorreo.pe/edicion/la-libertad/informalidad-en-construcciones-%20incrementa-el-riesgo-en-trujillo-775048/>

BUCHANAN, L., C. LEE, J., PEÇANHA, S., & LAI, R. (24 de setiembre de 2017).

The New York Times. Recuperado de
<https://www.nytimes.com/es/interactive/ciudad-de-mexico-destruccion-danos-estructuras-sismo-roma-condesa/>

CASTILLO, R. (abril de 2011). *Study of the addition of calcined clays in the durability of concrete*. *Revista Ingenieria de Construcción*, 26(04), Pág. 25 - 40.

Recuperado de:
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-50732011000100002&lng=es&nrm=iso

CHIAPPE, G. (17 de setiembre de 2015). *La mula*.

Recuperado de: <https://redaccion.lamura.pe/2015/09/17/lima-no-esta-preparada-para-hacer-frente-a-un-terremoto-de-gran-intensidad/gabrielachiappe/>

CORRAL, R. (2013). *Chloride corrosion of embedded reinforced steel on concrete elaborated from recycled coarse aggregates and supplementary cement materials*. *Revista Ingeniería de Construcción*, 28(01), pág. 21 - 35.

Recuperado de:
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732013000100002&lng=en&nrm=iso&tlng=en

DIA, S. (01 de enero de 2017). *El Telégrafo*. Recuperado de:
<https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/702/51/la-tragedia-de-abril-incidio-en-el-desempeno-de-la-economia-nacional>

EL UNIVERSAL. (12 de enero de 2010). Recuperado de:
https://web.archive.org/web/20100117090500/http://deportes.eluniversal.com/2010/01/12/int_ava_palacio-presidencial_12A3281131.

FALEN, J. (22 de setiembre de 2017). *El Comercio*.
Recuperado de: <https://elcomercio.pe/peru/afrontaria-peru-sismo-gran-magnitud-noticia-%20459815/>

GARZÓN, L. (21 de abril de 2004). *Construdata*. Recuperado de:
<https://www.construdata.com/BancoConocimiento/T/torrespetonasiasocreto/torrespetonasiasocreto.asp>

HERNANDEZ, B. (AGOSTO de 2016). *Propiedades físicas y mecánicas de concreto con agregado grueso reciclado pre- tratado*. México.

HERNANDEZ, J. (20 de setiembre de 2017). *PERU21*.
Recuperado de <https://peru21.pe/lima/son-distritos-vulnerables-eventual-sismo-gran-magnitud-lima-376760>

JAVIER PIACENTE, P. (31 de enero de 2011). *El hormigón reciclado, alternativa para reconstruir edificios en Haití*. Tendencias de la Ingeniería. Recuperado de: https://www.tendencias21.net/El-hormigon-reciclado-alternativa-para-reconstruir-edificios-en-Haiti_a5604.html

JORDAN, J. (31 de enero de 2014). *Estudio de la resistencia del concreto, utilizando como agregado el concreto reciclado de obra*. Chimbote, Ancash, Perú.

KROLL, A. (14 de marzo de 2017). *Archdaily*. Recuperado de <https://www.archdaily.pe/pe/866961/clasicos-de-la-arquitectura-torres->

petronas-cesar-pelli

LARA, M. (28 de noviembre de 2017). *"Influencia del concreto reciclado en el comportamiento estructural de un Modelo de vivienda económica con muros de ductilidad limitada - Nuevo Chimbote, 2017"*. Nuevo Chimbote, Ancash, Perú.

LOPEZ GAYARRE, F. (Octubre de 2008). *Influencia de la variación de los parámetros de dosificación y fabricación de hormigón reciclado estructural sobre sus propiedades físicas y mecánicas*. Gijón, España.

MARTÍNEZ CASTRO, P. (26 de diciembre de 2017). *La Razón*. Recuperado de: http://www.la-razon.com/mundo/resumen-mexico-terremotos-2017_0_2844915503.html

PEREZ, N. (2018). *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de un agregado de concreto reciclado*.

RUIZ, D. (Abril de 2015). *Performance of cantilever reinforced concrete beams with fibers loaded with cyclic forces*. *Revista Ingeniería de Construcción*, 30(01), Pág. 17 - 31. Recuperado de: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-50732015000100002&lng=en&nrm=iso&tlng=es

SAHOO, K. (31 de agosto de 2016). *Studies on Concrete Made of Recycled Materials for Sustainability*.

SANDOVAL, P. (22 de febrero de 2016). *El Comercio*. Recuperado de: https://elcomercio.pe/lima/construyen-30-mil-casas-informales-ano-lima-%20275698/?ref_contenido

URESTE, M. (19 de octubre de 2017). *Animal Politico*. Obtenido de <https://www.animalpolitico.com/2017/10/cifras-oficiales-sismo-19s/>

ZIBELL, M. (17 de abril de 2016). *BBC*. Obtenido de https://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/04/160417_ecuador_terremoto_reparacion_il

V. ANEXOS

1. FÓRMULAS USADAS EN EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN:

Fórmula para hallar el módulo de rotura en el ensayo de flexión de probetas de sección rectangular.

$$\sigma_{max} = \frac{3PL}{2BH^2}$$

Donde:

P: Fuerza aplicada

L: Longitud del spam

B: Ancho de la probeta de sección rectangular.

H: Altura de la probeta de sección rectangular.

2. MATRIZ DE ANÁLISIS DE DATOS:

ITEMS	TEMA	AUTOR	DOCUMENTO	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN
01	“Estudio de la resistencia del concreto, utilizando como agregado el concreto reciclado de obra.”	Jordan Saldaña, José Carlos - Viera Caballero, Neiser	Tesis	Cuasi - Experimental
02	“Concrete with recycled aggregates as urban sustainability project”	Carlos Bedoya	Revista	Experimental
03	“Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de un agregado de concreto reciclado”	Natalia Pérez García, Paul Garnica Anguas y	Investigación	Experimental

		Araceli Rivera		
04	"Efecto de los agregados de concreto reciclado en la resistencia a la compresión sobre el concreto $f'_c=210$ kg/cm ² "	Asencio Sangay Armando Régulo	Tesis	Experimental Aplicada
05	"Propiedades físicas y mecánicas de concreto con agregado grueso reciclado pre-tratado"	Bersain Hernández Martínez	Tesis	Cuasi - Experimental
06	"Influencia del concreto reciclado en el comportamiento estructural de un modelo de vivienda económica con muros de ductilidad limitada - Nuevo Chimbote, 2017"	Lara Fernández, Manuel	Tesis	Experimental
07	"Chloride corrosion of embedded reinforced steel on concrete elaborated from recycled coarse aggregates and supplementary cement materials"	Ramón Corral H, Susana Arredondo, Jorge Almaral, José Gómez	Revista	Experimental