
UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE LADRILLO DE DESECHO COMO
AGREGADO FINO SOBRE LA ABSORCION, POROSIDAD Y RESISTENCIA A LA
COMPRESION DE UN CONCRETO, EN LA CIUDAD DE TRUJILLO – LA
LIBERTAD”**

**OPTAR TITULO DE:
INGENIERO CIVIL**

AUTOR: Bach. VILCA PAREDES, Luis Carlos

Bach. VILCA SILVA, Kevin Giancarlo

ASESOR:

Ing. Josualdo Villar Quiroz MBA.

TRUJILLO – PERU

2019

Hoja de firmas

TESIS:

“Influencia del porcentaje de ladrillo de desecho como agregado fino sobre la absorción, porosidad y resistencia a la compresión de un concreto, en la ciudad de Trujillo-La Libertad.”

Autores:

Bach. Vilca Paredes, Luis Carlos

Bach. Vilca Silva, Kevin Giancarlo

Miembro de Jurado

Presidente

Secretario

Vocal

Dedicatoria

A nuestros padres y hermanos: Por el gran apoyo incondicional y saber guiarnos por el camino correcto del éxito, con el propósito de convertirnos en personas de buen provecho, nunca podremos pagar sus desvelos ni aun con las riquezas más grandes del mundo

Agradecimiento

Brindamos nuestra gratitud a todos los docentes que nos acompañaron en estos cinco años de preparación y de manera especial a los ingenieros de la especialidad de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Privada de Trujillo, que como mediadores nos transmitieron sus conocimientos, apoyo y su colaboración en nuestra sólida formación profesional. Además, agradecer a todos nuestros familiares y amigos con los cuales ha sido gratificante haber compartido esta etapa de vida y con los cuales hemos tenido la oportunidad de vivir muchas aventuras y experiencias que permanecerán guardados en nuestras memorias.

Indice

Hoja de firmas	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento.....	iv
Índice de figuras	vii
Índice de tablas.....	viii
I. Introducción.....	11
1.1. Realidad problemática	11
1.2. Formulación del problema	12
1.3. Justificación.....	13
1.4. Objetivos.....	13
1.4.1. Objetivo General	13
1.4.2. Objetivos Específicos	13
1.5. Antecedentes.....	13
1.6. Bases teóricas.....	16
1.6.1. El cemento Portland	16
1.6.2. El concreto	24
1.6.3. Propiedades del concreto	28
1.6.4. Características generales del concreto.....	31
1.6.5. Agregados para el concreto	31
1.6.6. Agua para el Concreto	38
1.6.7. Agregado reciclados.....	45
1.6.8. Propiedades de los agregados reciclados	45
1.6.9. Reciclaje de ladrillo.....	49
1.7. Definición de términos básicos.....	51
1.8. Formulación de la hipótesis.....	51
II. Material Y Métodos.	53
2.1. Material:	53
2.2. Material de estudio.....	53
2.2.1. Población.....	53
2.2.2. Muestra.	53
2.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos.	54
2.3.2. Para procesar datos	56
2.4. Operacionalización de variables.....	56
III. Resultados	57

3.1. Resultados de la caracterización de la materia prima.	57
3.2. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión.	60
3.3. Resultados del ensayo a la absorción	61
3.4. Resultados del ensayo de porosidad	61
IV. Discusión de Resultados	62
V. Conclusiones	64
VI. Recomendaciones	64
VII. Referencias Bibliográficas	65
VIII. Anexos	67

Índice de figuras

Figura 1.1. Botadero de escombros de ladrillos zona El Milagro. (Fuente Propia).....	1
Figura 1.2. Esquema del problema de investigación.....	2
Figura 2.1. Probetas cilíndricas para el ensayo de resistencia a la compresión, absorción y porosidad. Norma ASTM C31.....	41
Figura 3.1. Curva granulométrica del agregado grueso.....	45
Figura 3.2. Curva granulométrica del agregado fino.....	46
Figura 3.3. Curva granulométrica del ladrillo molido.....	47
Figura 3.3. Resultados de resistencia a la compresión de las muestras de concreto con diferentes porcentajes de ladrillo reciclado.....	48
Figura 3.4. Resultados del ensayo de absorción de las muestras de concreto con diferentes porcentajes de ladrillo reciclado.....	49
Figura 3.5. Resultados de porosidad de las muestras de concreto con diferentes porcentajes de ladrillo reciclado.....	49

Índice de tablas

Tabla 1.1. <i>Composición química del cemento</i>	11
Tabla 1.2. <i>Componentes químicos del cemento</i>	12
Tabla 1.3. <i>Límites permisibles para el agua de mezcla y curado según la norma NTP 339.088</i>	29
Tabla 2.1. <i>Ejemplos de formatos para hallar el peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino y arena</i>	42
Tabla 2.2. <i>Formato para hallar el peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso</i>	43
Tabla 2.3. <i>Tabla resumen de operacionalización de variables</i>	44
Tabla 3.1. <i>Datos del análisis granulométrico del agregado grueso</i>	45
Tabla 3.2. <i>Datos del análisis granulométrico del agregado grueso</i>	46
Tabla 3.3. <i>Datos del análisis granulométrico del agregado grueso</i>	47
Tabla 3.4. <i>Resumen de propiedades de los agregados y ladrillos</i>	48

Resumen

La presente investigación titulada: “Influencia del porcentaje de ladrillo de desecho como agregado fino sobre la absorción, porosidad y resistencia a la compresión de un concreto elaborado con cemento tipo MS”, tiene como finalidad de proporcionar la información de los resultados obtenidos de un estudio experimental, la influencia de ladrillo reciclado, como alternativas de mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto.

Se realizaron los ensayos de caracterización de la materia prima, el diseño de mezcla de 180 kg/cm^2 según el método ACI, se realizaron un total de 35 probetas cilíndricas basadas en la norma ASTM C-31 con distintos porcentajes de ladrillo reciclado como sustituto del agregado fino (0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%), que sirvieron para los ensayos de resistencia a la compresión, absorción y porosidad.

Llegando a la conclusión de que las probetas patrón cumplieron con la resistencia mínima diseñada de 180 kg/cm^2 , a partir de allí fue incrementando ligeramente la resistencia hasta llegar su máximo valor de 221.6 kg/cm^2 , cuando el concreto tenía 20% de reemplazo de ladrillo reciclado por agregado fino. Para esa misma dosificación se presentaron los mínimos valores de porosidad (6.6%) y absorción (4.7%). Concluyendo finalmente que el 20% de sustitución de ladrillo reciclado por agregado fue la mejor dosificación en función de los valores obtenidos.

Palabras clave: Absorción, Porosidad, Agregado reciclado.

Abstract

This research, entitled: "Influence of the percentage of brick waste as fine aggregate on absorption, porosity and compressive strength of concrete made from cement type MS", is intended to provide information of the results of a experimental study, the influence of recycled brick, as alternatives to improve the physical and mechanical properties of concrete.

The characterization tests of the raw material were carried out, the mix design of 180 kg/cm² according to the ACI method, a total of 35 cylindrical test pieces based on the ASTM C-31 standard with different percentages of recycled brick as a substitute for the fine aggregate (0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%), which were used for the tests of resistance to compression, absorption and porosity.

Concluding that the standard specimens met the minimum designed strength of 180 kg/cm², thereafter the strength was slightly increased until reaching its maximum value of 221.6 kg/cm², when the concrete had 20% replacement of recycled brick by fine aggregate. For the same dosage, the minimum values of porosity (6.6%) and absorption (4.7%) were presented. Finally concluding that the 20% replacement of recycled brick by aggregate was the best dosage based on the values obtained.

Key words: absorption, porosity, recycled aggregate

I. Introducción

1.1. Realidad problemática

En todo tipo de trabajo de ingeniería siempre se toma muy en serio el enfoque innovador y medio-ambiental, esto trae consigo nuevas tecnología y tendencias; cómo concretos permeables, concretos impermeables, concretos súper resistentes, que eventualmente han de llegar a nuestro país y una de ellas es la construcción de edificios ecológicos. Por ello es que en el Perú se están desarrollando y mejorando nuevos materiales para que las construcciones vayan de la mano con el cuidado del medio ambiente utilizando tecnologías innovadoras.

Durante las últimas décadas se han incrementado no solo los residuos de ladrillos provenientes de una fabricación defectuosa, sino también los residuos del sector de la construcción y demolición, se registra aproximadamente 120 toneladas el año 2014 en la libertad. En la actualidad en la Ciudad de Trujillo estos residuos no reciben ninguna clase de tratamiento por lo cual son utilizados para nivelar caminos, terrenos en construcción, o simplemente son arrojados a predios baldíos, creando un gran impacto ambiental, visual y paisajístico tal y como se muestra en la figura 1.1.



Figura 1.1. Botadero de escombros de ladrillos zona El Milagro. (Fuente Propia)

Este residuo tiene un potencial importante para ser reciclado en comparación con otros tipos de residuos inertes como la ceniza de caña de azúcar, vidrio, concreto de desecho, debido a que los residuos de ladrillo permiten la obtención de un material fragmentado que es utilizado como agregado reciclado ampliamente manejado en la industria de la construcción. El aprovechamiento de estos residuos constituye un aspecto importante a nivel mundial ya que esto representa un beneficio económico, debido a la incorporación de materiales de desecho al proceso de construcción y a su vez ayuda a la preservación de los recursos naturales.

Esto motiva a investigar acerca del aprovechamiento y revalorización de estos residuos encontrándole un nuevo uso después de su vida útil, controlando su producción, convirtiéndolo en agregado fino después de llevar un proceso de chancado y clasificación para la fabricación de nuevos materiales, contribuyendo al ahorro de energía y a la creación de sistemas constructivos más eficaces y amigables con el medio ambiente.

En la presente investigación se plantea realizar el estudio del uso de ladrillo de desecho como sustituto de agregado fino (arena) en la elaboración de concreto.

1.2. Formulación del problema

¿Cuánto influye el porcentaje de ladrillo de desecho como agregado fino sobre la absorción, porosidad y resistencia a la compresión de un concreto elaborado con cemento tipo MS?

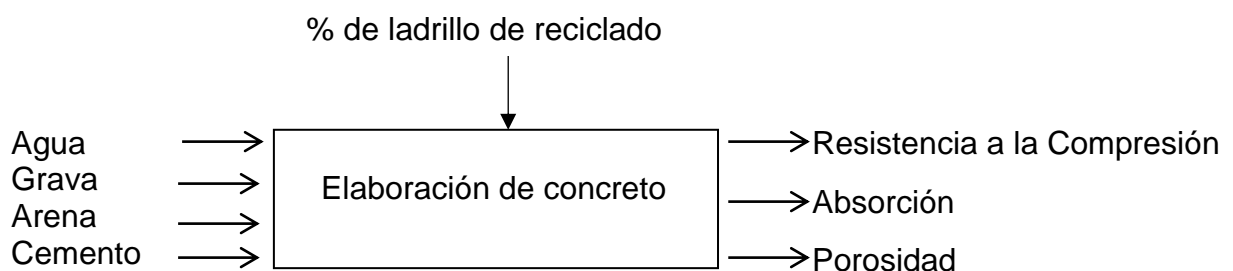


Figura 1.2. Esquema del problema de investigación.

1.3. Justificación

La investigación permitirá aportar a la comunidad científica y empresarial, datos acerca del comportamiento del agregado de ladrillos de desechos, beneficiando a las empresas dedicadas a la industria de la construcción y también incentiva a que se incorporen en productos en alguna fase de un ciclo de vida diferentes ventajas ambientales con respecto a los productos convencionales.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Determinar la influencia del porcentaje de ladrillo desecho como agregado fino sobre la absorción, porosidad y resistencia a la compresión de un concreto elaborado con cemento Tipo MS.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Evaluar cómo influye el ladrillo como sustituto de arena en la resistencia a la compresión del concreto.
- Analizar el mejor porcentaje de ladrillo de desecho como sustituyente del agregado fino en un concreto elaborado con cemento Tipo MS.
- Evaluar la influencia significativa del porcentaje de ladrillo desecho, sobre las variables dependientes, mediante análisis estadístico de varianza.

1.5. Antecedentes

- **Kesegić, (2008)** en su investigación: “**Ladrillo de arcilla reciclado como un agregado para el concreto**”, realizaron pruebas en tres diferentes diseños de mezcla de concreto hecho con diferentes cantidades de agregado reciclado de ladrillo chancado con un MF=2.6, similar al agregado convencional reemplazado utilizado. Los investigadores realizaron muestras con diferentes porcentajes de reemplazo (0, 10, 20, 30, 40, 50%), estas fueron dadas por el mismo factor de agua y cemento de 0,5 y la resistencia

de diseño fue 180 Kg/cm², realizándose un total de 30 probetas para el ensayo de resistencia a la compresión; asimismo se realizaron pruebas de asentamiento a todos los diseños.

Obteniendo en que, a 28 días, la resistencia a la compresión del concreto con reciclado total ladrillo machacado mejora solo hasta el 20% donde se obtuvo un valor de 198 Kg/cm² y también observaron que disminuye la fluidez del concreto de 4.1” hasta un asentamiento 2.6” para la dosificación de 40%, pero hasta el 20% es recomendable debido al cambio de coloración excesivo que sufre a mayores porcentajes y su poca trabajabilidad que presenta a partir de ese porcentaje.

- **Pérez, (2012)**, realizó la investigación **“Uso de triturado de ladrillo reciclado como agregado grueso en la elaboración de concreto”**, en la cual Investigó la posibilidad de utilizar triturado de ladrillo como agregado grueso en la elaboración de concreto. Para esto fue sustituido el agregado natural grueso por triturado de ladrillo en diferentes proporciones (0, 10, 20 y 30%). Se analizaron las propiedades químicas del ladrillo reciclado, así como las propiedades mecánicas del concreto endurecido (flexión y compresión a los 28 días). Los resultados del ensayo indican la viabilidad de utilizar triturado de ladrillo reciclado como agregado grueso en la elaboración de concreto siempre y cuando este no supere el 30% del agregado natural grueso.
- **Mendoza, (2017)**, en la investigación **“Residuos de construcción y demolición como agregado de concreto hidráulico nuevo”**, las investigadoras tuvieron el objetivo de mostrar la factibilidad de reutilización de residuos de construcción y demolición, como agregados de concreto nuevo, con base en la ASTM, para aplicarse en obras civiles con consumos de cementos bajos hasta $f'c=150$ kg/cm² y disminuir el impacto ambiental generado por su inadecuado manejo. Como conclusión logrando determinar que hasta un 30% de material reciclado la resistencia a los 28 días de curado era ligeramente mayor que la de un concreto original.

- **Serrano y Pérez, (2010)** investigaron “**Agregados no convencionales para la preparación de concreto ecológico**”, así mismo realizaron diferentes sustituciones de agregados gruesos y finos en porcentajes máximos del 10% con materiales provenientes de demoliciones de concreto y mampostería. Para sustituciones de 10% de agregado grueso natural por agregado grueso de escombros y 10% de agregado grueso de ladrillo triturado, se obtienen reducciones del 15 y 23% en la resistencia a la compresión, respectivamente. Cuando la sustitución es del 10% de agregado fino de ladrillo, la pérdida de la resistencia a la compresión es menos del 1% relacionada con la resistencia de control.
- **Jordan y Viera (2014)** realizaron la investigación “**Estudio de la resistencia del concreto, utilizando como agregado el concreto reciclado de obra**”, así mismo establecieron las características de los agregados reciclados para estudiar su posible aplicación en la producción del concreto, se estudió la dosificación idónea de cuatro concretos fabricados con diferentes porcentajes de agregado grueso reciclado (0% AR, el 25% AR, el 50% AR y el 100 % AR) con resistencia a compresión de $f_c = 21$ o Kg/cm^2 y $f_c = 175$ Kg/cm^2 . Se elaboraron 72 testigos cilíndricos 36 testigos cilíndricos con una resistencia a la compresión de $f_c = 210$ Kg/cm^2 y 36 testigos cilíndricos con una resistencia a la compresión de $f_c = 175$ Kg/cm^2 (de diferentes porcentajes de Agregado reciclado). Concluyeron que el porcentaje más idóneo del agregado de concreto reciclado a utilizar, según los resultados obtenidos, demuestran que es de una proporción de 50% de agregado de concreto reciclado y 50% de agregado natural, en esta proporción se tienen un incremento de la resistencia a la compresión ascendente y homogéneo.

- **Rosas, (2018)** realizó la investigación “**Uso de ladrillo de arcilla con exceso de cocción como agregado grueso en concretos hidráulicos.**

El ladrillo recocho es aquella unidad cocida con exceso, que se descarta alrededor de las ladrilleras, generando un impacto negativo en el medio ambiente. En este trabajo se evalúa su posible uso, como agregado grueso para la fabricación de concreto hidráulico. Después de caracterizar el ladrillo como agregado, se elaboraron 5 mezclas de concreto, una mezcla patrón sin ladrillo y 4 mezclas con reemplazo de 20%, 30%, 40%, y 50% de agregado natural por ladrillo triturado, sin modificar la granulometría de la grava natural, todas diseñadas con relación a/c de 0.52. El ladrillo triturado se usó en dos condiciones distintas de humedad: seco al aire y saturado con superficie seca, para observar el efecto de la humedad del ladrillo en la relación a/c y en las propiedades del concreto fresco (trabajabilidad, peso unitario y contenido de aire) y endurecido (resistencia a la compresión). Los resultados indican que la humedad del ladrillo triturado tiene incidencia en la trabajabilidad y en la resistencia a la compresión del concreto. Se concluye que el ladrillo recocho puede ser usado como agregado grueso, siempre y cuando el porcentaje de reemplazo no sea mayor al 30% y se encuentre en saturado con superficie seca.

1.6. Bases teóricas

1.6.1. El cemento Portland

El cemento Portland es un alúmino-silicato de calcio, patentado por J. Aspdin en 1824, y denominado Portland por su semejanza a una piedra que abunda en esa localidad de Inglaterra. Se obtiene por calentamiento incipiente (aproximadamente 1300 °C) de una mezcla de minerales finamente molidos, formados por piedra caliza y arcilla. El calentamiento se efectúa en hornos giratorios levemente inclinados de 3m de diámetro y 100 m de largo. El Material obtenido denominado “Clinker” se muele finamente adicionándole de un 2% a 3% de yeso para evitar que fragüe instantáneamente. **(Maldonado, 2013)**

A. Materias primas del cemento Portland

Las principales materias primas necesarias para la fabricación de un cemento Portland son:

a. Materiales calcáreos: Deben tener un adecuado contenido de carbonato de calcio (Co_3Ca) que será entre 60% a 80%, y no deberá tener más de 1.5% de magnesia. Aquí tenemos a las margas, cretas y calizas en general estos materiales suministran el óxido de calcio o cal.

b. Materiales arcillosos: Deben contener sílice en cantidad entre 60% y 70%. Estos materiales proveen el dióxido de silicio o sílice y también el óxido de aluminio o alúmina, aquí tenemos a las pizarras, esquistos y arcillas en general.

c. Minerales de hierro: Suministran el óxido férrico en pequeñas cantidades. En algunos casos éstos vienen con la arcilla.

d. Yeso: Aporta el sulfato de calcio (**Torre, 2004**)

B. Proceso de Fabricación

- Extracción de la materia prima: Esta se realiza con la explotación de los yacimientos a tajo abierto. El material resultante de la voladura es transportado en camiones para su trituración, los mismos que son cargados mediante palas o cargadores frontales de gran capacidad. Esta etapa comprende los procesos de exploración, perforación, carguío y acarreo.
- Trituración de la materia prima: Se realiza en dos etapas, inicialmente se procesa en una chancadora primaria, del tipo cono que puede reducirla de un tamaño máximo de 1.5 m hasta los 25 cm. (Chancado primario). El material se deposita en una cancha de

almacenamiento y luego de verificar su composición química, pasa al chancado secundario reduciéndose a tamaños de hasta $\frac{3}{4}$ " aproximadamente.

- Pre – homogenización: El material triturado se lleva a la planta propiamente dicha por cintas transportadoras, depositándose en un parque de materias primas. En algunos casos se efectúa un proceso de pre-homogeneización.
- Molienda de Crudos: Este proceso se realiza por medio de molinos de bolas o prensas de rodillos que producen un material muy fino además de dosificarse adecuadamente los materiales para lograr un crudo óptimo que será el que ingrese al horno.
- Homogenización: El Crudo finamente molido debe ser homogenizado a fin de garantizar que el Clinker sea de calidad constante es decir en esta etapa se debe asegurar la composición química constante del crudo. Una vez homogenizado este material es transportado mediante fajas transportadoras al intercambiador de calor.
- Intercambiador de Calor (Precalentador): Consiste en edificios que cuentan con una torre de ciclones ubicados uno encima del otro al cual se le denomina precalentador. El crudo que ya fue homogenizado ingresa por el extremo superior de este precalentador pasando a través de los ciclones quienes captan el calor residual evacuados con los gases de combustión salientes del horno en contracorriente con el flujo del material que ingresa, entonces este crudo que se calienta por acción de los gases generados en el quemador del horno e iniciándose de esta manera el proceso de descarbonatación y transformación termo-químico del crudo. En esta etapa se pueden alcanzar temperaturas hasta de 850°C (en la entrada al horno rotatorio), y en la parte alta (zona de salida de los

gases del precalentado) se alcanzan temperaturas alrededor de 280°C. En la base de este edificio se encuentra un sistema de precalcinación previo a su ingreso al horno rotatorio. El intercambio de calor se produce mediante transferencias térmicas por contacto íntimo entre la materia y los gases calientes provenientes del horno, en un sistema de 4 a 6 ciclones en cascada, que se encuentran al interior de una torre de concreto armado de varios pisos, con alturas superiores a los cien metros.

- **Sinterización:** Es la zona más importante del horno rotatorio siendo este el elemento fundamental para la fabricación del cemento, se trata de un tubo cilíndrico de acero con diámetros de 4 a 5 mts. y longitudes de 70 a 80 mts. los mismos que interiormente se encuentran revestidos interiormente con materiales refractarios para la obtención del Clinker se debe alcanzar temperaturas alrededor de los 1500°C, el proceso en si es complejo se puede decir que se inicia con el ingreso del crudo descarbonatado al horno rotatorio y que por efecto del calor que genera la combustión del carbón o petróleo en un quemador situado en el extremo de la salida sufre transformaciones físicas y químicas , llegándose a obtener el producto intermedio llamado Clinker esto sucede a temperaturas del orden de los 1400 a 1450°C. El horno rotatorio de Cementos Lima alcanza una longitud de 83 mts y un diámetro de 5.25 mts y una inclinación del 3% que permite el avance del material por deslizamiento, estos hornos giran a velocidades de 4.5 rpm y las temperaturas van desde 850°C hasta 1450°C. Sin embargo la fase líquida que nos indica el inicio del proceso de sinterización tiene lugar a temperaturas de 1260°C y que al aumentar la temperatura aumenta también la fase líquida o fundida.
- **Enfriamiento:** No todos los minerales deseados del Clinker, hidráulicamente activos, quedan estables después del proceso de

clinkerización por lo que es necesario que el Clinker caliente deba ser enfriado rápidamente es decir una vez que el Clinker es descargado por el horno pasa a la tercera parte del circuito de clinkerización que se dan en los enfriadores. Estos enfriadores se encuentran a la salida del horno y recibirán toda la carga del material que sale del horno a temperaturas entre 1000 a 1100°C , constan de varias superficies escalonadas compuestas por placas fijas y placas móviles alternadas con unos pequeños orificios por donde pasa el aire que es insuflado por la parte inferior por la acción de ventiladores con el objeto de enfriar el Clinker hasta aproximadamente 120°C para ser almacenado posteriormente a esta temperatura el material en las canchas de almacenamiento. Si el Clinker formado por el proceso de sinterización se enfría lentamente puede invertirse el sentido de las reacciones de equilibrio y podrían disolverse en la fase líquida una parte del silicato Tricálcico (compuesto importante para el desarrollo de resistencias en el cemento) , por lo tanto un proceso de enfriamiento lento podría bajar la resistencia del cemento por otro lado un proceso de enfriamiento rápido el cual es deseable por los efectos que podrían causar en el cemento tales como: mejor molturabilidad por la existencia de fisuras tensionales en el Clinker , menor proporción de alita disuelta.

- Molienda del Clinker: Mediante un proceso de extracción controlado el Clinker entra a los molinos de bolas o prensa de rodillos donde se obtendrá una superficie específica alta de los granos del cemento.
- Envasado y despacho: Generalmente el cemento se comercializa en bolsas de 42.5 Kg., de acuerdo a los requerimientos del usuario también puede despacharse a granel. Las bolsas, son de en papel krap extensible tipo Klupac con contenido de hojas, entre dos y cuatro de acuerdo a los requerimientos de transporte o manipuleo.

Solo en casos muy especiales y necesarios, estas bolsas van provistas de un refuerzo interior de polipropileno. **(Zamora, 2014)**

C. Composición Química

a. Componentes Químicos

Los componentes químicos del cemento Portland se expresan por el contenido de óxidos, en porcentajes. Los principales óxidos son: la cal, sílice, alúmina y el óxido férrico, siendo el total de éstos del 95% al 97%. En pequeñas cantidades también se presentan otros óxidos: la magnesia, el anhídrido sulfúrico, los álcalis y otros de menor importancia. Así tenemos: **(Torre, 2004)**

Tabla 1.1. Composición química del cemento.

Oxido componente	Porcentaje típico	Abreviatura
CaO	58% - 67%	C
SiO₂	16% - 26%	S
Al₂O₃	4% - 8%	A
Fe₂O₃	2% - 5%	F
SO₂	0.1% - 2.5%	
MgO	1% - 5%	
K₂O y Na₂O	0% - 1%	
Mn₂O₃	0% - 3%	
TiO₂	0% - 0.5%	
P₂O₃	0% - 1.5%	

Perdida por calcinación 0.5% - 3%

Nota: CaO (Óxido de calcio), SiO₂ (Óxido de silicio), Al₂O₃ (Óxido Alumínico), Fe₂O₃(Óxido Férrico), SO₂(Óxido de azufre), MgO(Óxido de Magnesio), K₂O(Óxido de potasio), Na₂O(Óxido de sodio), Mn₂O₃(Óxido mangánico), TiO₂(Óxido de titánio), P₂O₃(Óxido de fosfórico).

b. Compuestos Químicos

Durante la calcinación en la fabricación del Clinker de cemento Pórtland los óxidos se combinan con los componentes ácidos de la materia prima entre si dando lugar a cuatro importantes compuestos. Los principales compuestos que constituyen aproximadamente el 90-95% del cemento, también se presentan en menores cantidades, otros compuestos secundarios. **(Torre, 2004)**

Tabla 1.2. Componentes químicos del cemento.

Designación	Formula	Abreviatura	Porcentaje
Silicato tricalcico	3CaO.SiO ₂	C2S	30% - 50%
Silicato dicalcico	2CaO.SiO ₂	C3S	15% - 30%
Aluminato tricalcico	3CaO.Al ₂ O ₃	C3A	4% - 12%
Ferro aluminato tetracalcico	4CaO.Al ₂ O ₃ .Fe ₂ O ₃	C4AF	8% - 13%
Cal libre	CaO		
Magnesia libre(Periclasa)	MgO		

D. Usos y aplicaciones de los cementos Portland

a. Cementos Portland estándar (Sin adición)

Tipo I: Para construcciones de concreto y mortero de uso general y cuando no se requiera propiedades específicas, se utiliza en concretos que no estén sujetos al ataque de factores agresivos como podría ser la presencia de sulfatos en el suelo o en el agua.

Tipo II: En obras donde se requiera resistencia moderada a la acción de los sulfatos (ej. Estructuras de drenaje) y/o moderado Calor de hidratación (consecuencia de la hidratación del cemento). Se recomienda en edificaciones, estructuras industriales, puentes, obras portuarias, perforaciones y en general en todas aquellas estructuras de volumen considerable, y en climas cálidos.

Tipo III: Para obras que requiera alta resistencia elevadas a edades tempranas, normalmente a menos de una semana (ej.: adelanto de la puesta en servicio) y también en obras de zonas frías su uso permite reducir el curado controlado.

Tipo IV: Para Estructuras se requiera bajo Calor de Hidratación, caso de represas, centrales hidroeléctricas y obras de grandes masas de concreto, también debe tenerse en cuenta que este cemento desarrolla resistencias a una velocidad inferior a la de los otros cementos.

Tipo V: Además de las cualidades del Tipo II, es recomendado para obras donde se requiera elevada resistencia a los sulfatos. Es el caso de obras portuarias expuesta al agua de mar También en canales, alcantarillas, túneles, suelos con alto contenido de sulfatos. Estos cementos desarrollan resistencias más lentamente que los cementos tipo I, incrementan su resistencia a los sulfatos.

(Vásquez, 2014)

b. Cementos Portland Adicionados

Tipo IP y IPM: Cementos cuya adición viene a ser la puzolana tienen uso similar al del Tipo I, y se recomienda en obras masivas o con ataques de aguas agresivas, aguas negras, en cimentaciones en todo terreno, son cementos de moderado calor de hidratación y de moderada resistencia a los sulfatos.

Tipo MS: Cementos adicionados de escorias se puede emplear en todo tipo de construcciones de concreto son resistentes a la agresión química, se puede utilizar en estructuras en ambientes y suelos húmedos-salitrosos, para estructuras en cimientos y pisos. En general se puede decir que tienen moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación.

Tipo ICo: Corresponde al cemento tipo I mejorado con mayor plasticidad, se puede utilizar en obras de concreto y de concreto armado en general, morteros en general, especialmente para tarrajeo y asentado de unidades de albañilería, pavimentos y cimentaciones. **(Vasquez, 2014)**

1.6.2. El concreto

Es una mezcla de cemento, agregados finos, agregados gruesos, agua y/o aditivos en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia.

Este material de construcción es el más extensamente utilizado por varias razones, primero, porque posee una gran resistencia a la acción del agua sin sufrir un serio deterioro, además de que puede ser moldeado para dar una gran variedad de formas y tamaños gracias a la trabajabilidad de la mezcla, siendo esta de gran popularidad entre los ingenieros civiles por su pronta disponibilidad en las obras y su bajo costo. **(Abanto, 2009)**

Durante el proceso de fraguado y de endurecimiento del concreto ocurre un cambio de volumen conocido como contracción por secado y que generalmente se expresan en unidades de longitud en vez de hacerlo en

unidades de volumen, debido a la comodidad y fácil manejo de las unidades longitudinales. **(Abanto, 2009)**

Esta contracción se debe principalmente a la pérdida de humedad durante el fraguado, donde se podría decir que el concreto contiene agua en cinco diferentes estados:

- El agua de cristalización o combinada químicamente.
- El agua de gel.
- El agua intercristalina o zeolítica.
- El agua absorbida, estando adherida a los granos del árido y pasta formando meniscos.
- El agua capilar o libre.

De estos cinco estados, los tres primeros pueden evaporarse por calentamiento a temperaturas más elevadas, de manera en que ascienden en la lista y los dos últimos pueden sufrir evaporaciones a temperatura normal. Pero además hay otros factores que influyen en este fenómeno como son:

- El tipo, clase y categoría del cemento obteniendo una mayor contracción en los de mayor resistencia y los de fraguado rápido.
- A mayor finura del cemento tenemos una contracción mayor.
- La presencia de finos en el concreto, provenientes de los áridos o de adiciones inertes que posee el cemento, resultando en un apreciable aumento de la contracción.
- La cantidad de agua de amasado está relacionada directamente con la contracción, aumentando con la relación agua / cemento, es decir, a mayor agua se obtendrá mayor contracción lineal.
- Dependiendo del espesor del elemento que se encuentre en contacto con el medio ambiente la contracción se afectará de manera

directamente proporcional por el efecto de desecación con relación al volumen de la pieza.

- El concreto armado tiene una menor contracción que el concreto en masa debido a que el acero de refuerzo se opone a esta acción. A mayor acero de refuerzo tenemos una menor contracción. **(Abanto, 2009)**

A. Tipos de concreto

a. Concreto Simple

Es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso y agua. En la mezcla el agregado grueso deberá estar totalmente envuelto por la pasta de cemento, el agregado fino deberá rellenar los espacios entre los agregados gruesos y a la vez estar recubierto de la misma pasta. **(Abanto, 2009)**

Cemento + A. Fino + A. Grueso + Agua = Concreto Simple

b. Concreto Armado

Se denomina así al concreto simple cuando ese lleva armaduras de acero como refuerzo y que está diseñado a la hipótesis de que los dos materiales trabajan conjuntamente, actuando la armadura para soportar esfuerzos de tracción o incrementar la resistencia a la compresión del concreto. **(Abanto, 2009)**

Concreto Simple + Armaduras = Concreto Armado

c. Concreto Estructural

Se denomina así al concreto simple, cuando este es dosificado, mezclado, transportado y colocado, de acuerdo a especificaciones precisas que garanticen una resistencia mínima pre establecido en el diseño y una durabilidad adecuada. **(Abanto, 2009)**

d. Concreto Ciclópeo.

Se denomina así al concreto simple que esta complementado con piedras desplazadoras de tamaño máximo de 10", cubriendo hasta el 30% como máximo del volumen total. Las piedras deben ser introducidas previa selección y lavado, con el requisito indispensable de que cada piedra, en su ubicación definitiva debe estar totalmente rodeada de concreto simple. **(ABANTO, 2009)**

Concreto Simple + Piedra Desplazadora = Concreto Ciclopeo

e. Concreto Liviano

Son preparados con agregados livianos y su peso unitario varía desde 400 a 1700 kg/cm³ **(Abanto, 2009)**

f. Concreto Normales

Son preparados con agregados corrientes y su peso unitario varía de 2300 a 2500 kg/cm³. Según el tamaño máximo del agregado. El peso promedio es de 2400 kg/cm³ **(Abanto, 2009)**

g. Concreto Pesado

Son preparados utilizando agregados pesados, alcanzando el peso unitario valores entre 2800 a 6000 kg/cm³

Generalmente se usan agregados como las baritas, minerales de hierro, como la magnetita, limonita y hematita. **(Abanto, 2009)**

h. Concreto Premezclado

Es el concreto que se dosifica en planta, que puede ser mezclado en la misma o en camiones mezcladores y que es transportado a obra **(Abanto, 2009)**

1.6.3. Propiedades del concreto

a. Propiedades en estado fresco

a.1. La trabajabilidad

Es una propiedad importante para muchas aplicaciones del concreto. En esencia, es la facilidad con la cual pueden mezclarse los ingredientes y la mezcla resultante puede manejarse, transportarse y colocarse con poca pérdida de la homogeneidad. En la prueba de revenimiento se coloca un espécimen o probeta de la mezcla en un molde de forma troncocónica, de 12 pulg de altura, con base de 8 pulg y parte superior de 4 pulg de diámetro. (Especificación ASTM C 143.) Cuando se quita el molde se mide el cambio en la altura de la probeta. Cuando la prueba se efectúa de acuerdo con la especificación ASTM, el cambio en la altura se considera como: **(Melgarejo, 2018)**

a.2. La segregación

La segregación del concreto la separación de sus componentes una vez amasado provocando que la mezcla de hormigón fresco presente una distribución de sus partículas no uniforme.

La segregación se da cuando se usan mezclas pobres y demasiado secas, de tal manera que las partículas gruesas tienden a separarse, bien sea, porque se desplazan a lo largo de una pendiente o porque se asientan más que las partículas finas

El segundo tipo se presenta particularmente en mezclas húmedas, y se manifiesta por la separación de una parte de los agregados. **(Melgarejo, 2018)**

a.3. La exudación

Es una forma de segregación o sedimentación, en la cual parte del agua de mezclado tiende a elevarse a la superficie de una mezcla de concreto recién colocada. Esto obedece a que los constituyentes sólidos de la

mezcla no pueden retener toda el agua cuando se asientan durante el proceso de fraguado. **(Melgarejo, 2018)**

b. Propiedades en estado endurecido

b.1. Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión se puede definir como la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de hormigón. La resistencia a compresión que el hormigón logra es función de la relación a/c , de cuanto la hidratación ha progresado, de las condiciones ambientales y de la edad del hormigón. A los 28 días, éste alcanza entre un 90 % y 95 % de la resistencia final. A efectos de los cálculos estructurales, se considera la resistencia a 28 días como “resistencia final o máxima del hormigón”. Además de los ensayos de compresión realizados a la edad de 28 días, anteriormente se ensayaron probetas a 7 días para verificar la evolución de la resistencia del concreto. **(Melgarejo, 2018)**

b.2. Permeabilidad

Se entiende como permeabilidad la velocidad con que el agua y otros líquidos fluyen a través del concreto. Una permeabilidad mayor del concreto al agua va a ser función de la permeabilidad de la pasta, de la permeabilidad y granulometría del agregado y de la proporción relativa de la pasta con respecto al agregado. La permeabilidad de la pasta depende también de la relación agua/cemento y del grado de hidratación del cemento, además de la duración y calidad del curado. Un hormigón permeable es propenso a su desintegración, porque el agua que penetra en sus poros se expande por congelación sometándolo a tensiones que no puede soportar. Igualmente, la fácil penetración de sulfatos, ácidos y otros productos químicos agresivos aceleran el proceso de destrucción del concreto, así como de las barras de acero en los concretos armados. **(Melgarejo, 2018)**

b.3. Peso Unitario

El peso unitario del hormigón (densidad) varía en función de la cantidad y del tamaño del árido, cantidad de aire retenido y atrapado y del contenido de agua y cemento.

Por ejemplo, para una mezcla típica en la construcción, es decir, la utilizada en arquitectura de edificios, superficies y demás estructuras, **el hormigón tiene una densidad que va desde los 2200 – 2400 kg/m³.**

Sin embargo, la densidad del hormigón ligero está entre 800 y 2000 kg por metro cúbico. Pesa menos porque está hecho con un agregado (piedra pómez) que es más ligero por naturaleza.

La densidad del material es simplemente una relación de masa a volumen. La manera más fácil y precisa de calcular la densidad del concreto es medir en un contenedor de volumen conocido y pesarlo.

Un valor para comprender, conocer y monitorear la densidad del concreto es verificar la resistencia mediante el uso de cilindros de prueba. Una densidad reducida de concreto normal casi siempre significa un mayor contenido de agua, lo que significa un hormigón de menor resistencia. **(Melgarejo, 2018)**

b.5. Porosidad

Un medio poroso se compone de una fase sólida y de un espacio poroso o volumen de vacíos. En el concreto endurecido, constituido por agregados, pasta y aire (natural o intencionalmente incorporado), se debe tener en cuenta los vacíos presentes en los agregados y en la pasta, que representan entre el 8 % y el 25 % del volumen total. Las propiedades de transferencia de materia en medios porosos dependen tanto de la distribución de tamaño de poros como de su conectividad. Los poros presentes en el concreto tienen distinto origen, poseen los más diversos tamaños y su distribución y conectividad en la mezcla pueden ser muy variables. En la pasta de cemento pueden encontrarse los poros capilares, los generados en la incorporación intencional de aire,

los poros del C-S-H, los vacíos producidos durante las operaciones de mezclado y compactación, y los originados como consecuencia del fenómeno de exudación. Si bien los agregados también presentan poros, su porosidad en general es muy baja comparada con la de la pasta. **(Melgarejo, 2018)**

1.6.4. Características generales del concreto

Son muchas las características que interesan, algunas de ellas se hacen críticas en determinadas circunstancias. Sin embargo, desde el punto de vista general, son dos las características o propiedades de mayor consideración. La primera es la relativa consistencia o grado de fluidez del material en estado fresco, el cual también se conoce como trabajabilidad, asentamiento u otros. **(NTP E060)**

1.6.5. Agregados para el concreto

1.6.5.1. Agregados naturales

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011.

Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta y que ocupan aproximadamente el 75% del volumen de la unidad cúbica de concreto.

Existen varias formas de clasificar a los agregados, algunas de las cuales son:

A. Por su naturaleza

Los agregados pueden ser naturales o artificiales, siendo los naturales de uso frecuente, además los agregados utilizados en el concreto se pueden clasificar en: agregado grueso, fino y hormigón (agregado global).

a. El agregado fino, se define como aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas.

b. El agregado grueso, es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava.

c. El hormigón, es el material conformado por una mezcla de arena y grava este material mezclado en proporciones arbitrarias se encuentra en forma natural en la corteza terrestre y se emplea tal cual se extrae en la cantera. **(Rivva, 2017)**

B. Por su densidad

Se pueden clasificar en agregados de peso específico normal comprendidos entre 2.50 a 2.75, ligeros con pesos específicos menores a 2.5, y agregados pesados cuyos pesos específicos son mayores a 2.75. **(Rivva, 2017)**

C. Por el Tamaño del Agregado

Según su tamaño, los agregados para concreto son clasificados en:

- Agregados finos (arenas) y
- Agregados gruesos (piedras). **(Rivva, 2017)**

1.6.5.2 Funciones del agregado

El agregado dentro del concreto cumple principalmente las siguientes funciones:

a. Como esqueleto o relleno adecuado para la pasta (cemento y agua), reduciendo el contenido de pasta en el metro cúbico.

- b. Proporciona una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas de desgaste o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.
- c. Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado o de calentamiento de la pasta. **(Rivva, 2017)**

Los agregados finos son comúnmente identificados por un número denominado Módulo de finura, que en general es más pequeño a medida que el agregado es más fino. La función de los agregados en el concreto es la de crear un esqueleto rígido y estable lo que se logra uniéndolos con cemento y agua (pasta). Cuando el concreto está fresco, la pasta también lubrica las partículas de agregado otorgándole cohesión y trabajabilidad a la mezcla. Para cumplir satisfactoriamente con estas funciones la pasta debe cubrir totalmente la superficie de los agregados. Si se fractura una piedra, como se observa en la figura, se reducirá su tamaño y aparecerán nuevas superficies sin haberse modificado el peso total de piedra. Por la misma razón, los agregados de menor tamaño tienen una mayor superficie para lubricar y demandarán mayor cantidad de pasta. En consecuencia, para elaborar concreto es recomendable utilizar el mayor tamaño de agregado compatible con las características de la estructura. **(Rivva, 2017)**

La textura del material, dice que tan lisa o rugosa es la superficie del material es una característica ligada a la absorción pues agregados muy rugosos tienen mayor absorción que los lisos además que producen concretos menos plásticos. **(Rivva, 2017)**

1.6.5.3 Proceso de producción

La producción de los agregados generalmente se realiza a cielo abierto, y se suelen seguir las siguientes actividades:

- Eliminación de las capas no explotables (rocas estériles, degradadas, alteradas, cubierta vegetal etc).
- Extracción de los materiales:
 - Extracción de los materiales sin consolidar
 - Explotación mixta.
- Extracción de materiales consolidados: suele utilizarse materiales explosivos para lograr la fragmentación de la roca los cuales son transportados después en dumpers o fajas transportadoras.
- Transporte a la planta de tratamiento: generalmente se trata que las canteras se encuentren lo más cerca posible a la obra de ser necesario el transporte este puede ser: mediante fajas transportadoras o con camiones y/o dumpers.
- Tratamiento de los agregados: A fin de obtener los agregados con las características deseadas se pueden seguir las siguientes etapas:
- El chancado o trituración, para disminuir el tamaño de las partículas empleando para ello equipos como chancadoras de mandíbula, percusión, giratorios, molinos de bolas u otros.
- Intercalados entre la actividad de chancado se aparecen los equipos de clasificación que nos permitirán seleccionar las partículas del material de acuerdo a sus tamaños separándolas entre las que pasan y las que no pasan.
- Muchas veces va ser necesario lavar el material para eliminar el exceso de finos que puede alterar la adherencia del material, así como la resistencia principalmente.
- Almacenamiento y envío. **(Torre, 2004)**

1.6.5.4 Especificaciones Técnicas de los agregados

Los agregados a utilizar en la obra deberán cumplir las especificaciones técnicas que aseguren la calidad final de la obra. Aquellos agregados que no cumplan algunos requisitos podrán ser empleados siempre que

se demuestre con pruebas de laboratorio o experiencia en obra que se pueden producir concretos de la calidad especificada.

Los requisitos que deben cumplir los agregados para uso en concreto se encuentran estipulados en ASTM C33 así como en NTP 400.037.

Los agregados que van estar sometidos a humedecimiento, exposición prolongada a atmósferas húmedas, o en contacto con suelos húmedos no deberán tener ningún material que sea potencialmente reactivo con los álcalis del cemento a fin de evitar expansiones.

El ensayo de estabilidad de volumen se recomienda para agregados que van a ser empleados en concretos sometidos a procesos de congelación y deshielo. Aquellos agregados que no pasen esta prueba podrán ser usados sólo demostrando que un concreto de características similares en la zona tiene un registro de servicio satisfactorio en esas condiciones de intemperismo.

Asimismo, es necesario utilizar agregados con contenido de sales solubles totales en porcentajes menores del 0.015% en peso del cemento. **(Fic, 2012)**

A. Respecto al Agregado fino

- Debe estar compuesto de partículas limpias de perfil angular duras y compactas libre de materia orgánica u otras sustancias dañinas.
- Debe estar graduado dentro de los límites dados en los requisitos obligatorios.
- El módulo de fineza debe estar entre 2.3 a 3.1
- Deberá estar libre de materia orgánica, que es determinado mediante el ensayo indicado en ASTM C 40, si no cumple con esta especificación puede ser utilizado siempre que realizado el ensayo de compresión a los 7 días de morteros preparados con

arena sana y otros con la arena en cuestión la resistencia no sea menor del 95%. **(Fic, 2012)**

B. Respecto al Agregado grueso

- Estará conformado de fragmentos cuyos perfiles sean preferentemente angulares o semiangulares, limpios, duros, compactos, resistentes y de texturas preferentemente rugosas y libres de material escamoso o partículas blandas.
- La resistencia a la compresión del agregado no será menor de 600 kg/cm²
- Estará graduado dentro de los límites especificados en la tabla de requisitos obligatorios.
- El tamaño máximo del agregado a tomar será: - 1/5 de la menor dimensión entre caras de encofrados ó - 1/3 de la altura de las losas ó - 3/4 del espacio libre mínimo entre varillas individuales de refuerzo.
- Para el caso de ser necesario el lavado del material este debe hacerse con agua libre de materia orgánica, sales o sólidos en suspensión. **(Fic, 2012)**

C. Respecto al Hormigón

Es una mezcla natural en proporciones arbitrarias de agregados fino y grueso, deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o escamosas sales, álcalis materia orgánica u otras sustancias dañinas para el concreto.

El hormigón podrá emplearse en concretos simples o armados de resistencias en compresión de hasta 140 kg/cm² a los 28 días y el contenido mínimo de cemento será de 255 Kg/m³.

El hormigón será transportado y almacenado tal que se garantice la no contaminación con materiales que podrían reaccionar con el cemento generando cambios de comportamiento. **(Fic, 2012)**

1.6.5.5 Transporte

Durante el transporte del material se deberá garantizar:

- La pérdida de finos será mínima.
- Mantener la uniformidad.
- No se producirá contaminación con sustancias extrañas.
- No se producirá rotura o segregación importante en ellos. **(Fic, 2012)**

1.6.5.6 Contaminación

La mayoría de los agregados presentan algún grado de contaminación, los elementos perjudiciales a tener en cuenta son las partículas muy finas que exigirán agua en exceso en la mezcla, las partículas débiles o inestables que actúan sobre la hidratación del cemento, excesos en estas características pueden ser eliminados mediante procesos de lavado. **(Fic, 2012)**

1.6.5.7 Almacenamiento en obra

El material que durante su almacenamiento en obra se deteriora o contamina no deberá emplearse en la preparación del concreto.

Los agregados se almacenarán o apilarán de manera de impedir la segregación de los mismos, su contaminación con otros materiales, o su mezclado con agregados de diferente granulometría o características. Para garantizar que esta condición se cumpla deberá realizarse ensayos, en el punto de dosificación, a fin de certificar la conformidad con los requisitos de limpieza y granulometría.

La zona de almacenamiento deberá ser lo suficientemente extensa y accesible para facilitar el acomodo y traslado del agregado al sitio de mezclado. ¿Las pilas de agregado se tomarán por capa? Horizontales

de no filas de un metro de espesor. Estas capas deberán tener facilidad para drenar o fin de obtener un contenido de humedad relativamente uniforme. **(FIC, 2012)**

1.6.5.8 Ensayo de los materiales

La Inspección podrá ordenar, en cualquier etapa de la ejecución del proyecto, ensayos de certificación de la calidad de cualquiera de los materiales empleados.

El ensayo del cemento y los agregados se realizará de acuerdo a las Normas NTP ó ASTM correspondientes. El ensayo del agua se efectuará de acuerdo a la Norma NTP 339.088. Estos se efectuarán en un Laboratorio autorizado por la Inspección. Los resultados de los ensayos se anotarán en el Registro anexo al Cuaderno de Obras; debiendo estar una copia a disposición de la Inspección hasta la finalización de la obra. Los resultados de los ensayos forman parte de los documentos entregados al propietario con el Acta de Recepción de Obra. **(Fic, 2012)**

1.6.6. Agua para el Concreto

Las aguas potables y aquellas que no tengan sabores u olores pueden ser utilizadas para preparar concreto, sin embargo, algunas aguas no potables también pueden ser usadas si cumplen con algunos requisitos, en nuestro país es frecuente trabajar con aguas no potables sobre todo cuando se tratan de obras en las afueras de las ciudades. El estudio de las características del agua a utilizar en la mezcla del concreto adquiere gran importancia ya que este material interviene en la reacción química con el material cementante (cemento) para lograr:

a. La formación de gel; se define como gel a la parte sólida de la pasta la cual es el resultado de la reacción química del cemento con el agua durante el proceso de hidratación. En su estructura el gel es una aglomeración porosa de partículas sólidamente entrelazadas el conjunto

de las cuales forman una red eslabonada que contiene material amorfo. El gel desempeña el papel más importante en el comportamiento del concreto especialmente en sus resistencias mecánicas y en su módulo de elasticidad. Los dos silicatos de calcio, los cuales constituyen cerca del 75% del peso del cemento Portland, reaccionan con el agua para formar dos nuevos compuestos: el hidróxido de calcio y el hidrato de silicato de calcio. Este último es el componente cementante más importante en el concreto. Las propiedades ingenieriles del concreto, - fraguado y endurecimiento, resistencia y estabilidad dimensional - principalmente dependen del gel del hidrato de silicato de calcio. Es la médula del concreto. **(Cruz, 2017)**

b. En estado fresco; faciliten una adecuada manipulación y colocación de la misma. **(Cruz, 2017)**

c. En estado endurecido; la conviertan en un producto de las propiedades y características deseadas. Es importante conocer la velocidad de reacción entre el cemento y el agua porque esta velocidad determinara el tiempo de fraguado y de endurecimiento. La reacción inicial debe ser suficientemente lenta para que conceda tiempo al transporte y colocación del concreto. Sin embargo, una vez que el concreto ha sido colocado y terminado, es deseable tener un endurecimiento rápido. El yeso, que es adicionado en el molino de cemento durante la molienda del Clinker, actúa como regulador de la velocidad inicial de hidratación del cemento Portland. Otros factores que influyen en la velocidad de hidratación incluyen la finura de la molienda, los aditivos, la cantidad de agua adicionada y la temperatura de los materiales en el momento del mezclado. **(Cruz, 2017)**

d. Curado del concreto; El aumento de resistencia continuará con la edad mientras se encuentre cemento sin hidratar, a condición de que el concreto permanezca húmedo o tenga una humedad relativa superior a

aproximadamente el 80% y permanezca favorablemente la temperatura del concreto. Cuando la humedad relativa dentro del concreto sea aproximadamente del 80% o la temperatura del concreto descienda por debajo del punto de congelación, la hidratación y el aumento de resistencia virtualmente se detiene. Si se vuelve a saturar el concreto luego de un periodo de secado, la hidratación se reanuda y la resistencia vuelve a aumentar. Sin embargo, lo mejor es aplicar el curado húmedo al concreto de manera continua desde el momento en que se ha colocado hasta cuando haya alcanzado la calidad deseada debido a que el concreto es difícil de restaurar. Como requisito de carácter general y sin que ello implique la realización de ensayos que permitan verificar su calidad, se podrá emplear como aguas de mezclado aquellas que se consideren potables, o las que por experiencia se conozcan que pueden ser utilizadas en la preparación del concreto. Debe recordarse, que no todas las aguas inadecuadas para beber son inconvenientes para preparar concreto. En general, dentro de las limitaciones, el agua de mezclado deberá estar libre de sustancias colorantes, aceites y azúcares. El agua empleada no deberá contener sustancias que puedan producir efectos sobre el fraguado, la resistencia o durabilidad, apariencia del concreto, o sobre los elementos metálicos embebidos en éste. Previamente a su empleo, será necesario investigar y asegurarse que la fuente de provisión no está sometida a influencias que puedan modificar su composición y características con respecto a las conocidas que permitieron su empleo con resultados satisfactorios. **(Cruz, 2017)**

Requisitos de calidad

El agua que ha de ser empleada en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.088 y ser, de preferencia potable. No existen criterios uniformes en cuanto a los límites permisibles para las sales y sustancias presentes en el agua que va a emplearse. La Norma Peruana NTP 339.088 considera aptas para la preparación y

curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidos dentro de los siguientes límites: **(Cruz, 2017)**

Tabla 1.3. Límites permisibles para el agua de mezcla y curado según la norma NTP 339.088

Descripción	Límites permisibles	
Sólidos en suspensión (residuo insoluble)	5000 ppm	Máximo
Materia orgánica	3 ppm	Máximo
Alcalinidad (NaHCO₃)	1000 ppm	Máximo
Sulfatos (ion SO₄-)	600 ppm	Máximo
Cloruros (ion Cl-)	1000 ppm	Máximo
pH	5 a 8 ppm	Máximo

Recomendaciones Adicionales:

- Si la variación de color es un requisito que se desea controlar, el contenido máximo de fierro, expresado en ión férrico, será de 1 ppm.
- El agua deberá estar libre de azúcares o sus derivados. Igualmente lo estará de sales de potasio o de sodio.
- Si se utiliza aguas no potables, la calidad del agua, determinada por análisis de Laboratorio, deberá ser aprobada por la Supervisión.
- La selección de las proporciones de la mezcla de concreto se basará en resultados en los que se ha utilizado en la preparación del concreto el agua de la fuente elegida. **(Cruz, 2017)**

Efectos de las Sustancias Disueltas:

- El efecto que las sustancias orgánicas presentes en las aguas naturales puedan afectar el tiempo de fraguado del cemento Portland o en la resistencia última del concreto, es un problema que presenta

una complejidad considerable. Las aguas que estén muy coloreadas, las aguas con un olor notable o aquellas aguas en que tengan visibles algas verdes o cafés deberán ser vistas con desconfianza y en consecuencia ensayadas.

- Sustancias Orgánicas; El efecto que las sustancias orgánicas presentes en las aguas naturales puedan tener en el tiempo de fraguado del cemento Portland o en la resistencia última del concreto, es un problema que presenta una complejidad considerable. Las aguas que estén muy coloreadas, las aguas con un olor notable o aquellas aguas en que sean visibles algas verdes o cafés deberán ser vistas con desconfianza y en consecuencia ensayadas.
- Sedimentos o partículas en suspensión; Se puede tolerar en el agua aproximadamente 2,000 ppm de arcilla en suspensión o de partículas finas de roca. Cantidades mayores podría no afectar la resistencia, pero bien podrían influir sobre otras propiedades de algunas mezclas de concreto. Antes ser empleada, cualquier agua lodosa deberá pasar a través de estanques de sedimentación o deberá ser clarificada por cualquier otro medio para reducir la cantidad de sedimentos y de arcilla agregada a la mezcla. Cuando se regresan finos de cemento al concreto en aguas de enjuague recicladas, se pueden tolerar 50,000 ppm.
- Azúcar; Una pequeña cantidad de sacarosa, de 0.03% a 0.15% del peso del cemento, normalmente retarda el fraguado del cemento. El límite superior de este rango varía respecto de los distintos cementos. La resistencia a 7 días puede verse reducida, en tanto que la resistencia a los 28 días podría aumentar. El azúcar en cantidades de 0.25% o más del peso del cemento puede provocar un fraguado rápido y una reducción sustancial de la resistencia a los 28 días. Cada tipo de azúcar afecta al tiempo de fraguado y a la resistencia de manera distinta. Menos de 500 ppm de azúcar en el agua de

mezclado, generalmente no producen un efecto adverso en el desarrollo de la resistencia, pero si la concentración sobrepasa esta cantidad, se deberán realizar ensayos para analizar el tiempo de fraguado y el desarrollo de la resistencia. **(Torre, 2004)**

Utilización de aguas no potables

Cuando el agua a ser utilizada no cumpla con uno o varios de los requisitos indicados en la tabla anterior, se deberá realizar ensayos comparativos empleando el agua en estudio y agua destilada o potable, manteniendo similitud de materiales y procedimientos. Dichos ensayos se realizarán, de preferencia, con el mismo cemento que será usado. Dichos ensayos incluirán la determinación del tiempo de fraguado de las pastas y la resistencia a la compresión de morteros a edades de 7 y 28 días. El tiempo de fraguado no es necesariamente un ensayo satisfactorio para establecer la calidad del agua empleada ni los efectos de la misma sobre el concreto endurecido. Sin embargo, la Norma NTP 339.084 acepta que los tiempos de fraguado inicial y final de la pasta preparada con el agua en estudio podrán ser hasta 25% mayores o menores, respectivamente, que los correspondientes a las pastas que contienen el agua de referencia. Los morteros preparados con el agua en estudio y ensayados de acuerdo a las recomendaciones de la Norma ASTM C 109 deben dar a los 7 y 28 días, resistencias a la compresión no menores del 90% de la de muestras similares preparadas con agua potable. Es recomendable continuar los estudios a edades posteriores para certificar que no se presentan reducciones de la resistencia.

Cuando la concentración de sales, especialmente cloruro exceda los límites indicados en estas recomendaciones, se efectuarán ensayos de resistencia a la compresión a edades de 180 y 365 días. No se permitirá en concretos reforzados el empleo de aguas que superen los límites de

sales especificados. Ni el olor ni el sabor son índices de la calidad del agua. Tampoco son los resultados de los ensayos de estabilidad de volumen. Podrá utilizarse, previa autorización de la Supervisión, aguas no potables si, además de cumplir los requisitos anteriores se tiene que:

- a. Las impurezas presentes en el agua no alteran el tiempo de fraguado, la resistencia, durabilidad, o estabilidad de volumen del concreto; ni causan eflorescencias, ni procesos corrosivos en el acero de refuerzo.
- b. El agua es limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica, o sustancias que pueden ser dañinas al concreto, acero de refuerzo, acabados o elementos embebidos.
- c. La selección de las proporciones de la mezcla se basará en los resultados de ensayos de resistencia en compresión de concretos en cuya preparación se ha utilizado agua de la fuente elegida. Sobre esta base se ha determinado que algunas aguas aparentemente inconvenientes no dan necesariamente un efecto dañino en el concreto.

De acuerdo a los criterios expresados y previa realización de los ensayos correspondientes, las siguientes aguas podrían ser utilizadas en la preparación del concreto:

- a. Aguas de pantano y ciénaga, siempre que la tubería de toma esté instalada de manera tal que queden por lo menos 60 cm de agua por debajo de ella, debiendo estar la entrada de una rejilla o dispositivo que impida el ingreso de pasto, raíces, fango, barro o materia sólida.
- b. Agua de arroyos y lagos.
- c. Aguas con concentración máxima de 0.1% de SO₄.
- d. Agua de mar, dentro de las limitaciones que en la sección correspondiente se indican.

e. Aguas alcalinas con un porcentaje máximo de 0.15% de sulfatos o cloruros. **(Torre, 2004)**

1.6.7. Agregado reciclados

Generalmente los agregados reciclados se denominan aquel material resultante de procesamiento de materiales inorgánicos utilizados en actividades de construcción, o simplemente son definidos como residuos de construcción y demolición (RCD) denominados escombros, los cuales son sometidos a procesos de trituración y limpieza de contaminantes, con la finalidad de que este nuevo material sea apto para ser utilizado en aplicaciones de ingeniería **(Cruz, 2013)**

1.6.8. Propiedades de los agregados reciclados

a. Granulometría

La granulometría del agregado reciclado está relacionada directamente con el proceso de triturado seleccionado y el tamizado realizado en el proceso de reciclaje, así mismo, depende tanto de la dureza como de la composición del material procesado. **(Cruz, 2013)**

b. Forma y textura

La textura de los agregados reciclados es rugosa, porosa en comparación con los agregados naturales, esto es debido a la forma de su obtención; esta característica contribuye a que los concretos que se elaboran con estos agregados presenten afectaciones en las propiedades del concreto fresco, generando incrementos a la cantidad de agua necesaria para obtener una buena manejabilidad de la mezcla. **(Cruz, 2013)**

c. Absorción

La absorción es la característica de los agregados reciclados que presenta una mayor variación con respecto a los agregados naturales, alcanzado valores significativamente superiores; esto se origina en la naturaleza porosa y absorbente. Las absorciones experimentadas por los agregados naturales oscilan entre un 0% y 4%, mientras que estudios realizados revelan que las absorciones de los agregados reciclados se encuentran en el de 3% al 13%, mostrando un incremento significativamente alto en comparación con agregado natural. **(Cruz, 2013)**

Uno de los aspectos que influyen en la absorción de los agregados reciclados, es el tamaño de la partícula, ya que en las fracciones más finas la absorción es mayor, debido a que en ellas la cantidad de mortero adherido es superior que en las fracciones más gruesas. Igualmente, tanto la calidad o naturaleza del agregado original y el tipo de trituración empleado, influye notablemente en el desempeño de esta propiedad, debido a que a medida que los agregados reciclados pasan por diferentes etapas de trituración, la cantidad de mortero adherido disminuye. **(Cruz, 2013)**

d. Contenido de contaminantes e impurezas

Otros de los factores indispensables en la selección del agregado reciclado para la fabricación de nuevos concretos, es el contenido de contaminantes e impurezas presentes en el material, los cuales influyen significativamente en las propiedades del concreto endurecido, los contaminantes dependen en gran medida de la naturaleza y calidad de los agregados reciclados, es por tal razón que se recomienda una demolición selectiva y separación en la fuente. **(Cruz, 2013)**

e. Dosificación de los concretos reciclados

Los métodos utilizados para la dosificación de los concretos elaborados con agregados reciclados, son los mismos métodos empleados habitualmente para la fabricación de concretos convencionales. Según Alaejos (2008) por medio de investigaciones realizadas, recomienda que, en la dosificación de las mezclas de concreto con agregado reciclado, se debe tener en cuenta los coeficientes de corrección para la resistencia a compresión, los cuales dependen del porcentaje de sustitución de agregado natural por agregado reciclado; estos coeficientes tienen un valor de 1.00, 0.90 y 0.85, que corresponden a una sustitución de 0%, $\leq 50\%$ y 100% de agregado reciclado, respectivamente. Es recomendable realizar un control exhaustivo de la densidad, absorción y humedad de los agregados reciclados, durante el proceso de producción y acopio del material; esto es con la finalidad de asegurar la calidad del concreto elaborado con agregados reciclados, ya que estas propiedades afectan significativamente la cantidad de agua, cemento requeridos y el porcentaje máximo de sustitución de agregado natural por agregado reciclado. **(Cruz, 2013)**

f. Contenido de agua

La demanda de agua necesaria para la dosificación de los concretos con agregados reciclados para mantener una buena manejabilidad, es significativamente mayor a la que se necesita en un concreto convencional, este incremento se encuentra en un rango del 5% al 10% respecto a la cantidad de agua necesaria para la fabricación de un concreto convencional; esto es originado por las características propias de los agregados de poseer una mayor absorción, debido a su matriz rocosa un mayor número de vacíos o poros, que lo convierten en un material más permeable a los fluidos. **(Cruz, 2013)**

g. Contenido de cemento

En cuanto a la cantidad de material cementante requerido en la elaboración de concretos reciclados, es necesario un incremento en la dosificación de cemento, con relación a un concreto convencional, con la finalidad de que no se presenten variaciones significativas en las propiedades del concreto reciclado en contraste con un concreto convencional. Esta adición de cemento está relacionada directamente con el porcentaje de sustitución de agregado natural por agregado reciclado; según investigaciones realizadas, cuando se tiene una sustitución del 100% de agregado natural grueso por agregado reciclado grueso, se tiene un aumento en la cantidad de cemento mayor al 5% aproximadamente. Así mismo, cuando se tienen sustituciones tanto de agregado grueso y fino por agregado reciclado, dicha cantidad de adición de cemento incrementa significativamente en un valor del 15%. **(Cruz, 2013)**

h. Contenido de agregado reciclado

Uno de los parámetros más importantes en la fabricación de concretos reciclados, es el porcentaje de sustitución del agregado natural por agregado reciclado, ya que este se encuentra directamente relacionado con el comportamiento de las propiedades del concreto en estado fresco (maneabilidad) y exudación, endurecido (propiedades mecánicas), y a largo plazo (durabilidad). Es por tal razón, que muchos investigadores han estudiado la influencia de diferentes niveles de sustitución de agregado reciclado en propiedades como resistencia a la compresión, absorción, permeabilidad, penetración, porosidad, esto es con la finalidad de obtener un porcentaje óptimo máximo de sustitución, el cual no genere cambios significativos en el desempeño de estos nuevos concretos en comparación con un convencional. Según diversos autores, han concluido a través de sus investigaciones que, utilizando un porcentaje de sustitución de agregado natural grueso por agregado reciclado grueso, en un rango del 25% al 50% aproximadamente, es conveniente

para que las muestras de concreto presenten un comportamiento análogo a las propiedades de un concreto convencional. Igualmente, exponen que no es recomendable utilizar agregado reciclado fino en grandes cantidades, debido a que este aumenta notablemente la demanda de agua y afecta significativamente las propiedades mecánicas **(Cruz, 2013)**

1.6.9. Reciclaje de ladrillo

Durante las últimas décadas se han incrementado no solo los residuos de ladrillos provenientes de una fabricación defectuosa, sino también los residuos del sector de la construcción y demolición. En la actualidad en Colombia estos residuos no reciben ninguna clase de tratamiento por lo cual son utilizados para rellenar huecos presentes en los caminos cercanos a la fuente de generación o simplemente son arrojados a predios baldíos, creando un gran impacto visual y paisajístico. Esto motiva a investigar acerca del aprovechamiento y revalorización de estos residuos controlando su producción, convirtiéndolo en materia prima para la fabricación de nuevos materiales, contribuyendo al ahorro de energía y a la creación de sistemas constructivos más eficaces y amigables con el medio ambiente. **(Pérez, 2012)**

Este residuo tiene un potencial importante para ser reciclado en comparación con otros tipos de residuos inertes, debido a que los residuos de ladrillo permiten la obtención de un material fragmentado que es utilizado como agregado reciclado ampliamente manejado en la industria de la construcción. **(Pérez, 2012)**

El aprovechamiento de estos residuos constituye un aspecto importante a nivel mundial ya que esto representa un beneficio económico, debido a la incorporación de materiales de desecho al proceso de construcción y a su vez ayuda a la preservación de los recursos naturales. **(Pérez, 2012)**

Como las ciudades experimentan diariamente el hecho de construir y demoler, es de esperarse que, aparte de la extracción y el flujo de materiales, se presente la generación de escombros como producto de los materiales rotos o desperdiciados en obra y las demoliciones de estructuras nuevas y usadas. **(Conget, 2003)**

Lo preocupante de estos materiales es que no existen políticas para el manejo integral de escombros, para incentivar el reciclaje o para generar procesos de demolición y recolección selectiva, por lo que la comunidad los asimila como desechos nocivos para la estética y como inservibles para ser ingresados a un nuevo ciclo de producción. Pero en realidad, los escombros encierran un gran potencial como materias primas para la confección de nuevos materiales de uso común en el campo de la construcción a través del reciclaje, también como material para ser reutilizado en llenos de terrenos y bases de vías. **(Conget, 2003)**

En lo que se refiere a los residuos de la construcción, es de anotar que su reducción, aparte de traer beneficios ambientales, provoca también ventajas económicas. A veces lo que se considera residuo puede ser en cierto modo usado por otros y verse de esta forma convertido en un recurso, o puede también entrar en otros ciclos y ser eliminado con costos más bajos para la comunidad. Pero, paralelo a esta política de reducir, se debe pensar en la implementación de una política colectiva de reciclaje y reutilización de los escombros, pues pretender cambiar rápidamente los hábitos de construir y de desperdiciar materiales durante los procesos de ejecución es una labor sumamente difícil, por lo que se requiere montar una estrategia que combine la formación paulatina de la mano de obra en este sentido y el diseño de procesos de ejecución eficientes y limpios, con una educación ambiental a todo nivel en la cual, el aprovechamiento de residuos de la construcción, sea visto

como algo necesario y factible para beneficio de la colectividad, es decir, de la comunidad en todas sus manifestaciones (**Conget, 2003**)

1.7. Definición de términos básicos.

1.7.4. Variable independiente

Ladrillo de desecho: Material de arcilla cocido en un rango de temperaturas de 800- 900 °C productos de demoliciones de edificios. Material también obtenido de los desechos de las fábricas de ladrillos.

1.7.5. Variable dependiente

Resistencia a la compresión: Propiedad principal del concreto que refleja el valor de resistencia de un concreto en función de una aplicación determinada.

Absorción: Propiedad que mide el grado o la cantidad de agua en forma porcentual en muestras de concreto.

Porosidad: Mide la cantidad de poros superficiales e internos en el concreto, el control de esta propiedad es importante para la durabilidad del mismo.

1.8. Formulación de la hipótesis.

Hi: A medida que se incrementa el porcentaje de ladrillo de desecho como agregado fino la absorción y porosidad disminuirá hasta cierto porcentaje de reemplazo, por consiguiente, resistencia a la compresión incrementará.

Ho: A medida que se incrementa el porcentaje de ladrillo de desecho como agregado fino la absorción, porosidad y la resistencia a la compresión no se verán afectadas.

1.9. Propuesta de aplicación profesional. Describe el desarrollo de la solución técnico-operativa

Hoy en día la ingeniería civil es definida como la encargada de llevar a cabo la construcción y mantenimiento de diversas obras transformando el entorno conforme a las necesidades humanas, aportando al desarrollo de un determinado lugar.

Basándose en el avance de la industria de la construcción y sobre todo como una manera de ayudar a preservar el medio ambiente y los recursos, es necesario buscar siempre reinsertar los residuos de concreto y/o de escombros de ladrillos que se desechan día a día, generando contaminación y malestar en la población, es por eso que se busca obtener así nuevos materiales para reinsertarlos en la construcción. Por lo anterior, la importancia del proyecto radica en reutilizar los residuos de construcción como los ladrillos al ciclo de vida de las construcciones y disminuyendo el impacto ambiental, disminución de costos, explotación excesiva de los recursos.

En nuestro país se debe de implementar políticas de reutilización de escombros, basándose en resultados confiables de países en desarrollo como México o países desarrollados como España, los cuales tienen en el campo de la construcción un ahorro de cientos de millones de dólares anuales, en nuestro país se ahorrarían grandes sumas de ingresos debido a que, al creciente incremento del sector de la construcción, además de contribuir enormemente al cuidado ambiental y paisajístico.

Esta investigación está enfocada a la fabricación de concreto con ladrillos reutilizados, con una resistencia de 180 kg/cm², el cual se utiliza en construcciones de edificaciones de pequeña altura, como casas primarias de un piso o dos como máximo y donde se encuentra la mayor parte de la población nacional.

II. Material Y Métodos.

2.1. Material:

a) Materiales: cemento Pacasmayo MS, Agregado fino, Agregado Grueso, Agua de la localidad

Humano: Tesistas (Luis Carlos vilca paredes y Kevin Giancarlo Vilca Silva)

2.2. Material de estudio.

2.2.1. Población.

Se utilizará concreto F_c 180 kg/cm² con los agregados de la cantera “Chicama” del Distrito Provincial de Ascope y el cemento “Pacasmayo tipo MS” y esta aplicado en esta ciudad de Trujillo.

2.2.2. Muestra.

35 Probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura diseñados para una resistencia de 180 kg/cm² con diferentes porcentajes de reemplazo de ladrillo molido por agregado fino.

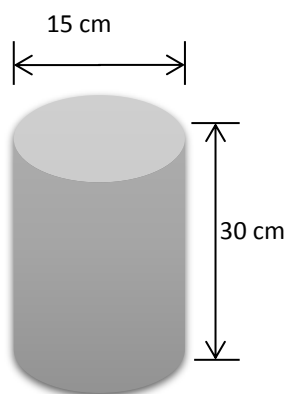


Figura 2.1. Probetas cilíndricas para el ensayo de resistencia a la compresión, absorción y porosidad. Norma ASTM C31

Calculo del tamaño de la muestra desconociendo el tamaño de la población

La fórmula para calcular el tamaño de muestra cuando se desconoce el tamaño de la población es la siguiente:

$$n = \frac{Z_a^2 \times p \times q}{d^2}$$

En donde

Z = nivel de confianza,

P = probabilidad de éxito, o proporción esperada

Q = probabilidad de fracaso

D = precisión (error máximo admisible en términos de proporción)

2.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos.

2.3.1. Para recolectar datos.

La presente investigación utilizará la técnica de observación porque podemos analizar la situación real que está pasando con la experimentación, la clase de observación según la forma de registrar la conducta encontramos el tipo de observación directa porque habrá contacto directo con el hecho o fenómeno a 45 investigar.

Las recolecciones de datos se realizaron en tipo de tablas para las propiedades de los agregados y del ladrillo reciclado.

Tabla 2.1. Ejemplos de formatos para hallar el peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino y arena.

AGREGADO FINO (NORMA ASTM C128)				
ENSAYOS	N°1	N°2	N°3	PROMEDIO
A. PESO MAT. SAT. SUP. SECO AL AIRE (P _s) (gr)				
B. PESO DE FIOLA (gr)				
C. PESO DE FIOLA + AGUA (gr)				
D. PESO DE FIOLA + AGUA + MATERIAL INTRODUCIDO A FIOLA(gr)				
E. PESO FIOLA + AGUA + P _s (C+A)				

F. PESO DE MATERIAL SECADO AL HORNO EN AIRE (gr)

PESO ESPECIFICO (base sss) $((A/(E-D))$
PESO ESPECIFICO (base seca)$((F/(E-D))$
% ABSORCION $((A-F)/F)*100$

Tabla 2.2. Formato para hallar el peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso.

AGREGADO GRUESO(NORMA ASTM C 127)				
ENSAYOS	N°1	N°2	N°3	PROMEDIO
A. PESO MAT. SAT. SUP. SECO AL AIRE (Psss) (gr)				
B. PESO DE FIOLA (gr)				
C. PESO DE LA CESTA SUMERGIDA EL AGUA (gr)				
D. PESO DEL CESTO + MATERIAL SUMERGIDO EN AGUA (gr)				
E. PESO APARENTE DEL MATERIAL SUMERGIDO EN AGUA (gr) (D-C)				
F. PESO DE MATERIAL SECADO EN HORNO (gr)				
PESO ESPECIFICO (base seca) $(F/(A-E))$				
PESO ESPECIFICO (base sss) $(A/(A-E))$				
PESO ESPECIFICO APARENTE (base seca) $(F/(F-E))$				
% ABSORCION $((A-F)/F)*100$				

En el Anexo N°1 se presenta el formato para calcular la granulometría del agregado fino.

En el Anexo N°2 se presenta el formato para la representación de la curva granulométrica del agregado fino.

En el Anexo N°3 se presenta el formato para calcular la granulometría del agregado grueso.

En el Anexo N°4 se presenta el formato para la representación de la curva granulométrica del agregado grueso.

En el Anexo N°5 se presenta el formato para calcular los diseños de mezclas

2.3.2. Para procesar datos

Laptop, Excel, calculadora, lapiceros. Equipos de Ensayos de materiales: Prensa hidráulica para compresión, equipo de principio de Arquímedes, balanza.

2.4. Operacionalización de variables.

Tabla 2.3. *Tabla resumen de operacionalización de variables.*

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	indicadores	ítems
Ladrillo molido	Es un material cerámico cocido, generalmente silico aluminoso, resistentes a compresión, resistentes al agua y a sulfatos.	Se usara (10, 20 , 30, 40 y 50%) de sustitución de la arena	Material cocido		
Propiedades del concreto	Las propiedades mecánicas de un material son características propias de su composición, que permiten diferenciar un del de otro. También hay que tener en cuenta el comportamiento que puede tener un material en los diferentes procesos de mecanización que pueda tener.	Se aran 35 probetas para los ensayos	Concreto endurecido	Absorción Porosidad Resistencia a la compresión	(%) (%) (kg/cm ²)

III. Resultados

3.1. Resultados de la caracterización de la materia prima.

Tabla 3.1. Datos del análisis granulométrico del agregado grueso.

Mallas	I	II	III	Promedio
N° De malla	Diámetro (mm)	% pasante	% pasante	% pasante
2	50.00	100.00	100.00	100.00
1 1/2	37.80	100.00	100.00	100.00
1	25.00	100.00	100.00	100.00
3/4	19.00	100.00	100.00	100.00
1/2	12.50	37.52	45.37	36.84
3/8	9.50	18.60	21.99	18.85
4	4.75	0.04	0.33	0.14
200	0.08	0.02	0.02	0.01
BC	0.00	0.00	0.00	0.00

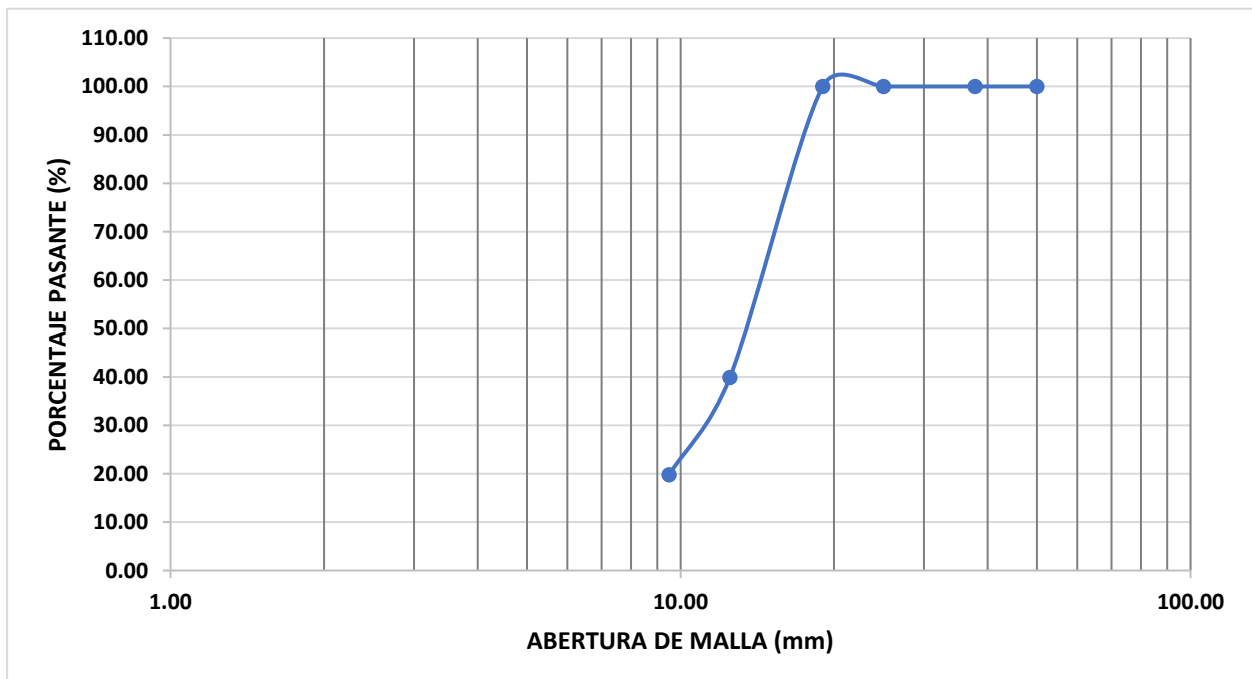


Figura 3.1. Curva granulométrica del agregado grueso.

Tabla 3.2. Datos del análisis granulométrico del agregado grueso.

MALLAS		I	II	III	PROMEDIO
N° DE MALLA	DIAMETRO (mm)	% pasante	% pasante	% pasante	
4	4.75	96.53	95.61	96.58	96.24
8	2.36	83.42	82.42	82.81	82.89
16	1.18	69.32	68.37	69.15	68.95
30..	0.6	57.17	57.06	57.83	57.36
50	0.3	46.04	46.04	47.18	46.42
100	0.15	11.16	11.15	10.28	10.86
200	0.075	2.25	2.40	2.64	2.43
BC	Menor a 0.075	0.00	0.00	0.00	0.00

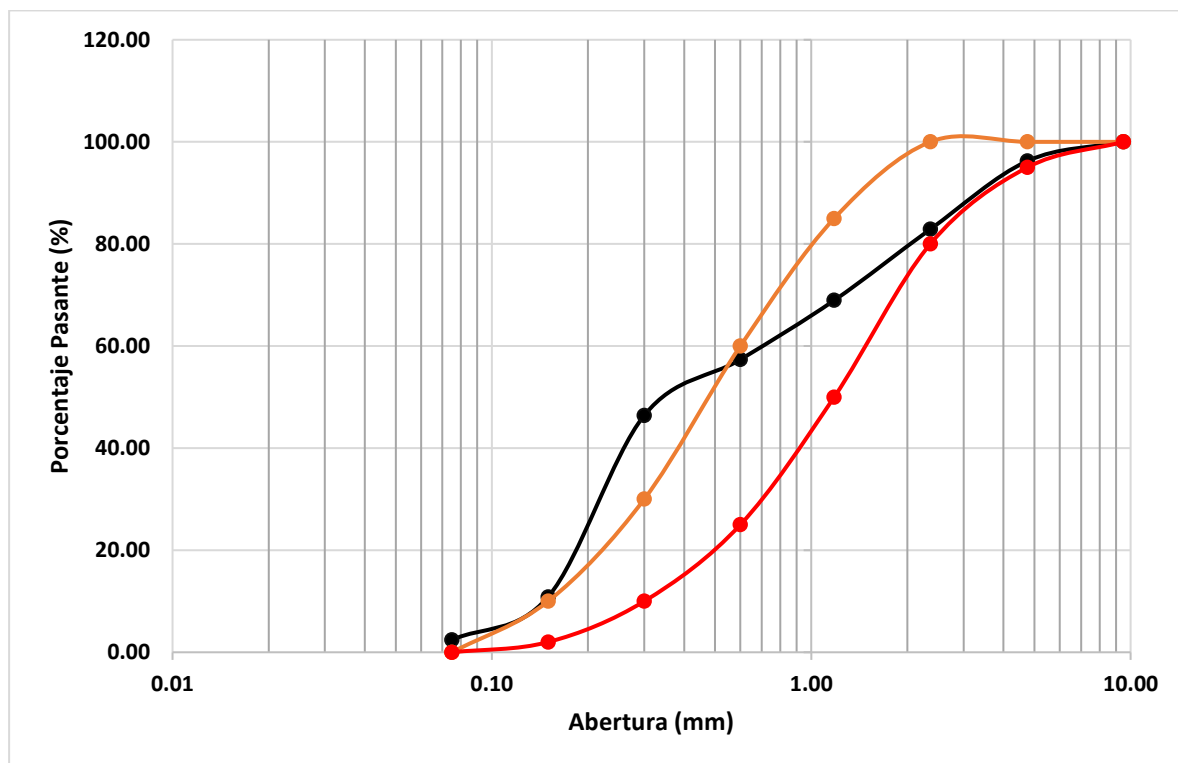


Figura 3.2. Curva granulométrica del agregado fino.

Tabla 3.3. Datos del análisis granulométrico del agregado grueso.

MALLAS		I	II	III	PROMEDIO
N° DE MALLA	DIAMETRO (mm)	% pasante	% pasante	% pasante	
4	4.75	96.55	95.51	96.18	96.08
8	2.36	82.09	82.12	82.21	82.14
16	1.18	67.97	67.97	68.44	68.13
30..	0.6	55.86	56.66	56.92	56.48
50	0.3	45.30	45.84	46.26	45.80
100	0.15	10.80	11.15	9.89	10.61
200	0.075	2.25	2.40	2.54	2.39
BC	Menor a 0.075	0.00	0.00	0.00	0.00

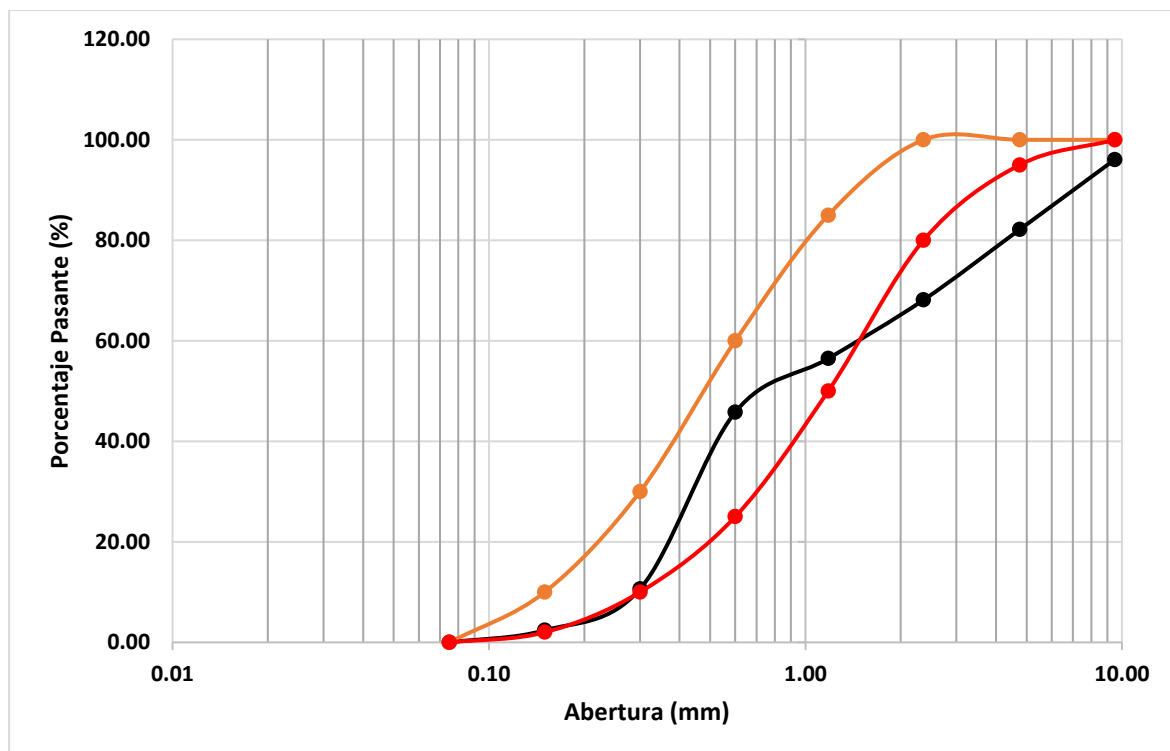


Figura 3.3. Curva granulométrica del ladrillo molido.

Tabla 3.4. Resumen de propiedades de los agregados y ladrillos.

Propiedad	Agregado fino	Ladrillo molido	Agregado grueso
Absorción (%)	1.13	1.26	2.97
Módulo de finura	2.40	2.41	-
Peso específico(g/cm ³)	2.65	2.65	2.47
PUCS(kg/m ³)	2287.8	2268.2	1395.1
PUSS(kg/m ³)	2494.3	2504.6	1571.7

3.2. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión.

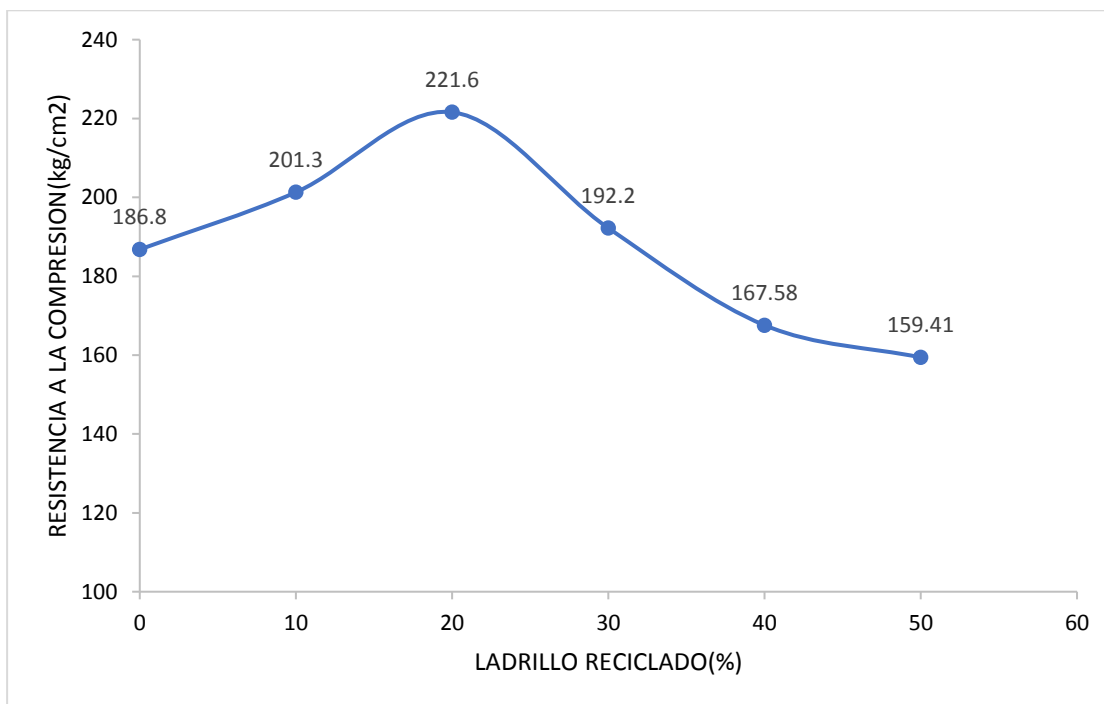


Figura 3.3. Resultados de resistencia a la compresión de las muestras de concreto con diferentes porcentajes de ladrillo reciclado.

3.3. Resultados del ensayo a la absorción

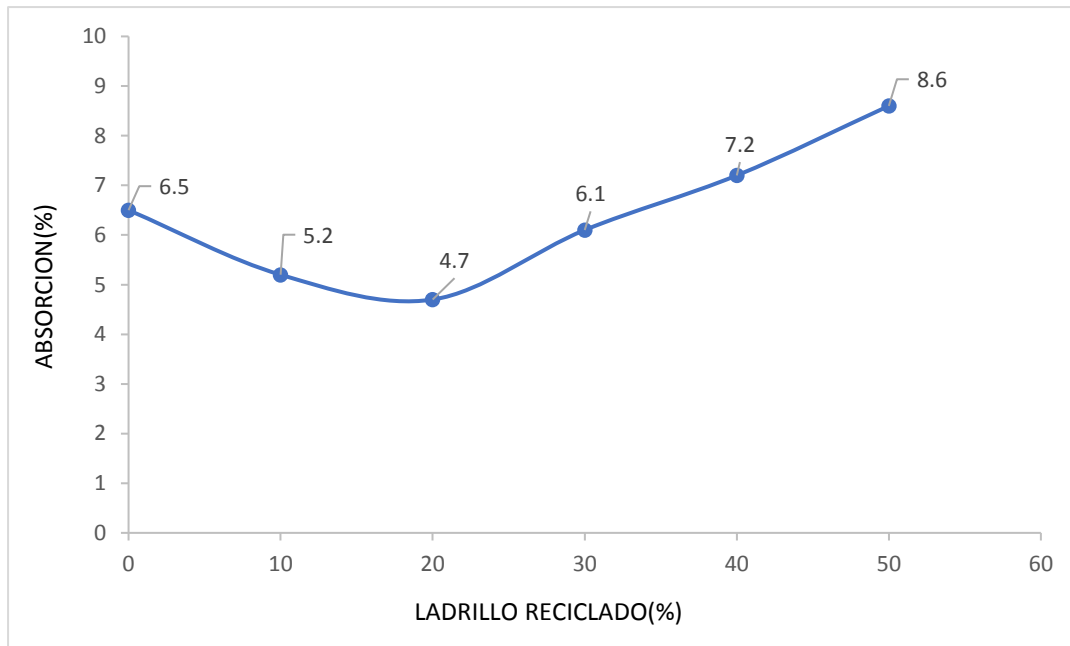


Figura 3.4. Resultados del ensayo de absorción de las muestras de concreto con diferentes porcentajes de ladrillo reciclado.

3.4. Resultados del ensayo de porosidad

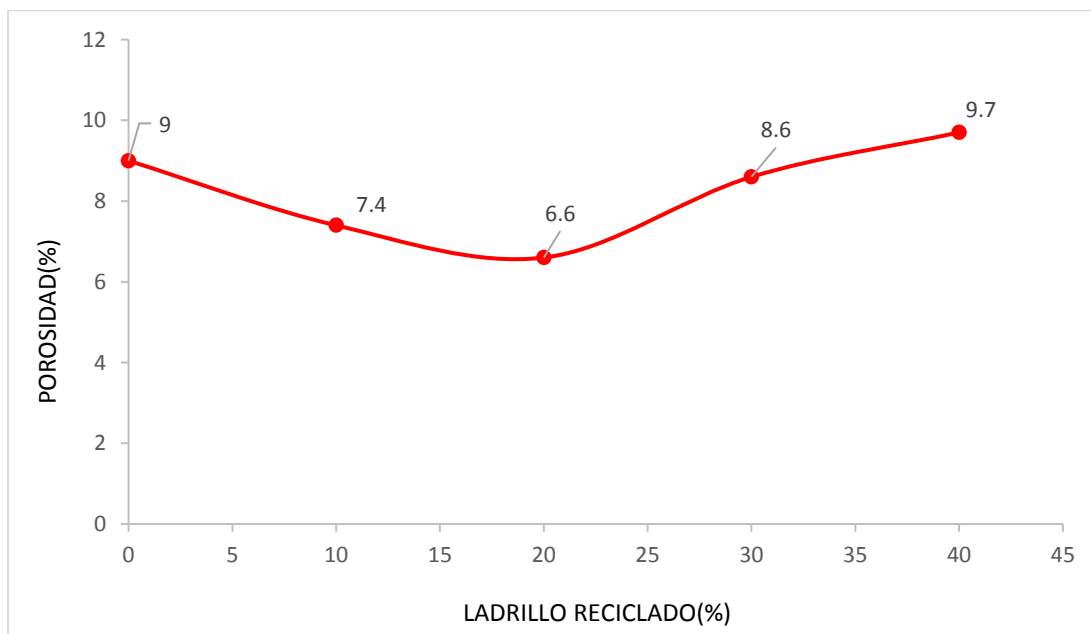


Figura 3.5. Resultados de porosidad de las muestras de concreto con diferentes porcentajes de ladrillo reciclado.

IV. Discusión de Resultados

En la tabla 3.4 y en la figuras 3.1; 3.2; y 3.3 representan los datos obtenidos de la caracterización realizada a la materia prima agregados fino y grueso y del ladrillo reciclado, los ensayos realizados fueron: Granulometría según la norma ASTM C -136 de la cual se obtuvo resultado de Modulo de Finura, el Tamaño Máximo Nominal (TMN) y el Tamaño Máximo (TM); el Peso Específico y Absorción según la norma ASTM C -128; el Peso Unitario según la norma ASTM C - 29 del cual se obtuvieron datos para el Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m^3) y Peso Unitario Compacto Seco (Kg/m^3) y la Humedad según la norma ASTM C566.

Los ensayos de granulometría muestran una similitud entre los módulos de finura entre el agregado fino y el ladrillo reciclado que fue molido con el fin de obtener el módulo de finura similar al agregado por el cual se reemplazó. Los resultados de peso específico, la absorción de agua, el peso unitario compacto y suelto también muestran valores cercanos en sus características entre el agregado fino y el ladrillo reciclado, siendo ligeramente mayor en la absorción de agua el ladrillo, lo que tiene coherencia ya que es un material cocido que durante su transformación de estructura interna genero un cierto grado de porosidad en comparación con la arena, que es un material cristalino. Todos estos datos son necesarios para la investigación, ya que el material alternativo que sustituye a un material común debe tener similares características.

En las figuras 3.3, 3.4 y 3.5 se puede observar los resultados obtenidos en las propiedades de resistencia a la compresión, absorción y porosidad de concreto con distintos porcentajes de ladrillo reciclado como sustituto del agregado fino.

Para el ensayo de resistencia a la compresión se pudo observar que a medida que incremento el porcentaje de reemplazo de ladrillo reciclado por agregado fino, la resistencia incremento ligeramente, pero solo hasta el 30% de reemplazo a partir de allí esta propiedad comienza a decaer. Así mismo para las propiedades de absorción y porosidad a medida que

incremento el porcentaje de ladrillo reciclado por sustitución del agregado fino, los valores de estas propiedades disminuyeron hasta el 20% y luego se incrementaron.

El incremento de la resistencia a la compresión de las muestras que contenían 10 y 20% de ladrillo reciclado como sustituto se debió a que las partículas de ladrillo al haber pasado por una molienda, presentan superficies rugosas, esto hace que mejore la interfaz y el anclaje mecánico del concreto, sobre todo la que hay entre los materiales que componen dicho material. También se da debido a que se mejora el factor de empaquetamiento de las partículas en el concreto, lo que deja menos espacios vacíos, generando un incremento ligero en la resistencia.

Otro factor que influye en ese cambio de la resistencia se da debido a que el ladrillo reciclado con cierto grado de absorción, retiene el agua de mezclado más tiempo y evita la evaporación de la misma lo que permite que el concreto realice un mejor fraguado y por ende la resistencia se incremente ligeramente.

Así mismo la disminución de la absorción y porosidad se debe a que los agregados finos, mezclado con cierta cantidad de ladrillo reciclado, disminuye los espacios vacíos del concreto, esto pasa hasta el 20% de reemplazo.

La disminución de la resistencia a la compresión y el incremento de la porosidad y absorción está relacionada con el exceso de material reciclado,

En comparación con la investigación de Kesegić, 2008; Pérez, 2012 y Mendoza, 2017; los resultados observados se revalidan, en cuanto al porcentaje mayor sustituyente 20% debido a que a partir de ese porcentaje la mezcla se vuelve excesivamente seca y muy poco trabajable y existe un cambio brusco en el color.

V. Conclusiones

- Se determinó la influencia que tuvo el reemplazo de ladrillo reciclado como sustituto parcial del agregado fino, aumentando hasta un 20% la resistencia a la compresión, disminuyendo la absorción y la porosidad.
- Se concluyó que la resistencia a la compresión aumento hasta el 20% y luego disminuyo. Los valores desde el 0%,10, 20 y 30% superaron la resistencia de diseño que fue de 180 kg/cm².
- El mejor porcentaje de ladrillo reciclado como sustituto de agregado fino que se obtenido en la investigación fue el 20%, ya que a este porcentaje se muestra la mayor resistencia a la compresión, menor porosidad y absorción.
- Se realizó el análisis de varianza mediante análisis estadístico de varianza para determinar la influencia significativa de la variable independiente sobre las dependientes, llegando a la conclusión de que si existe tal relación entre las variables. (Ver Anexos)

VI. Recomendaciones

- Verificar la buena molienda del ladrillo que sustituirá nuestro agregado fino.
- Hacer pruebas con curados de mayor duración, y verificar las resistencias de compresión.
- Se recomienda realizar pruebas de durabilidad por sulfatos para evaluar la resistencia del concreto con ladrillo reciclado en su estructura, y cómo se comporta ante estos agentes externos.
- Realizar pruebas con distintas granulometrías o módulos de finura de ladrillo y su efecto de las propiedades de porosidad y absorción de agua.

VII. Referencias Bibliográficas

- Abanto C, (2009). *Tecnología del concreto (2°ed) Perú*.
- Conget, (2003). *Corrosión en el Valle de Aburrá*. Artículo de divulgación científica. VI Seminario Internacional Ambiental. Bogotá.
- Cruz A, (2017). *Comparación de la resistencia mecánica a la compresión del concreto elaborado con residuos de mármol*. Universidad de Huánuco. Perú.
- Cruz V. et al, (2013). *Influencia del agregado grueso reciclado de mampostería en el comportamiento del concreto reciclado*. Pontific Universidad Javeriana. Bogotá. Colombia.
- Jordán S. et al, (2014). *Estudio de la resistencia del concreto, utilizando como agregado el concreto reciclado de obra*. Universidad Nacional del Santa. Perú.
- Kesegic I, (2008). *El ladrillo de arcilla reciclado como un agregado para el concreto*. Laboratorio de ensayo de materiales, (2012). *Tecnología del concreto para residentes, supervisores y proyectistas*. FIC – UNI.
- Maldonado P, (2013). *Comportamiento científico técnico del cemento portland i-r elaborado con escoria negra de acero tipo vesicular, sidor*. Master en ingeniería de materiales. Universidad central de Venezuela. Venezuela.
- Melgarejo A, (2018). *Resistencia del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con sustitución del cemento en 4% y 8% por relave de la mina Potosí*. Universidad San Pedro. Perú.
- Mendoza I., Chávez S, (2017). *Residuos de construcción y demolición como agregado de concreto hidráulico nuevo*. Revista de ingeniería civil. Ecorfan. Perú.
- Norma Técnica Peruana de concreto armado E060 – Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

- Pérez A. (2012). *Uso de triturado de ladrillo reciclado como agregado grueso en la elaboración de concreto*. Ingenium revista de la faculta de Ingeniería – Colombia.
- Rivva E. (2008). *Materiales para el concreto*. Lima: ICG
- Rivva E, (2017). *Naturaleza Y Materiales Del Concreto* - ACI Perú.
- Rosas H, (2018). *Uso de ladrillo e arcilla con exceso de cocción como agregado en concretos hidráulicos*. Universidad Nacional de Piura. Perú.
- Serrano M, Pérez D. (2010). *Agregados no convencionales para la preparación de concretos ecológicos*. Colombia.
- Torre A, (2004). *Curso básico de tecnología de materiales*. Universidad Nacional de Ingeniería. Perú.
- Vásquez R, (2014) *Cemento y sus aplicaciones*. Cementos Pacasmayo S.A.A. Perú.
- Vilca K, (2017). *Influencia del porcentaje de ladrillo reciclado como agregado fino sobre el asentamiento, peso unitario y resistencia a la compresión de un concreto elaborado con cemento tipo MS*. Universidad Nacional de Trujillo. Perú.
- Zamora C, (2014). *Influencia el uso de fibras de polipropileno fibromac en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm²*. Universidad Nacional de Cajamarca, Perú

VIII. Anexos

Anexos A: Datos de la caracterización de materia prima

Anexo A1. Datos de humedad de agregado grueso.

MUESTRA	LATA(g)	LATA + MUESTRA (g)	LATA + MUESTRA SECA (g)	HUMEDAD (%)	PROMEDIO HUMEDAD
1	70.4	151.39	151.15	0.297	0.293
2	44.98	109.31	109.1	0.328	
3	53.74	93.13	93.03	0.255	

Anexo A2. Datos de humedad de agregado fino.

MUESTRA	LATA (g)	LATA + MUESTRA (g)	LATA + MUESTRA SECA (g)	HUMEDAD (%)	PROMEDIO HUMEDAD
1	43.95	138.18	137.6	0.619	0.625
2	46.05	99.57	99.24	0.620	
3	49.69	116.25	115.83	0.635	

Anexo A3. Datos de humedad de ladrillo reciclado.

MUESTRA	LATA (g)	LATA + MUESTRA (g)	LATA + MUESTRA SECA (g)	HUMEDAD (%)	PROMEDIO HUMEDAD
1	46.48	89.45	89.12	0.774	0.868
2	45.97	94.17	93.89	0.584	
3	46.89	98.88	98.24	1.246	

Anexo A4. Datos de absorción de agregado grueso.

MUESTRA	SATURADO (g)	SECO (g)	SUSPENDIDO (g)	ABSORCION (g)	ABSORCION (g)
1	349.85	339.12	208	3.16	2.97
2	406.51	395.51	245	2.78	
3	537.88	522.46	324	2.95	

Anexo A5. Datos de peso específico de agregado grueso.

MUESTRA	SATURADO (g)	SECO (g)	SUSPENDIDO (g)	PESO ESPECÍFICO (g/cm ³)	PESO ESPECÍFICO (g/cm ³)
1	349.85	339.12	208	2.39	2.43
2	406.51	395.51	245	2.45	
3	537.88	522.46	324	2.44	

Anexo A6. Datos de absorción y peso específico de agregado fino.

PESOS	1	2
FIOLA (g)	245.01	247.91
FIOLA + AGUA (g)	1193.04	1242.3
FIOLA + MUESTRA (g)	727.99	728.49
FIOLA + MUESTRA + AGUA (g)	1495.19	1544.16
MUESTRA(g)	477.46	475.37

	ABSORCION (%)	ABSORCION (%)	Peso Específico (g/cm ³)	Peso Específico (g/cm ³)
1	1.16	1.13	2.64	2.65
2	1.10		2.66	
3	1.13		2.65	

Anexo A7. Datos de absorción y peso específico de ladrillo reciclado.

PESOS	1	2
FIOLA (g)	245.01	247.91
FIOLA + AGUA (g)	1193.04	1242.3
FIOLA + MUESTRA (g)	727.99	728.49
FIOLA + MUESTRA + AGUA (g)	1495.19	1544.16
MUESTRA(g)	477.89	475.17

	ABSORCION (%)	ABSORCION (%)	Peso Específico (g/cm ³)	Peso Específico (g/cm ³)
1	1.07	1.26	2.64	2.65
2	1.14		2.65	
3	1.58		2.64	

Anexo A8. Datos de peso unitario de agregado grueso.

PESOS	1		2		3	
	PUSS	PUCS	PUSS	PUCS	PUSS	PUCS
Recipiente (kg)	7.938	7.938	7.938	7.938	7.938	7.938
Recipiente + muestra (kg)	12.417	12.937	12.278	12.921	12.391	12.908
Peso unitario (kg/m ³)	1412.4	1576.4	1368.6	1571.4	1404.2	1567.3

Anexo A9. Datos de peso unitario de agregado fino.

PESOS	1		2		3	
	PUSS	PUCS	PUSS	PUCS	PUSS	PUCS
Recipiente (kg)	6.096	6.096	6.096	6.096	6.096	6.096
Recipiente + muestra (kg)	13.482	13.959	13.295	14.045	13.276	14.013
Peso unitario (kg/m ³)	2329.1	2479.6	2270.2	2506.7	2264.2	2496.6

Anexo A10. Datos de peso unitario de ladrillo reciclado.

PESOS	1		2		3	
	PUSS	PUCS	PUSS	PUCS	PUSS	PUCS
Recipiente (kg)	6.096	6.096	6.096	6.096	6.096	6.096
Recipiente + muestra (kg)	13.424	13.977	13.295	14.127	13.147	14.011
Peso unitario (kg/m ³)	2310.8	2485.2	2270.2	2532.5	2223.5	2496.0

Anexo A11. Datos para el ensayo de granulometría del agregado grueso

MALLA	MALLA	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3
N°	DIAMETRO (mm)	PESO (gr)	MALLA + MUESTRA (gr)	MALLA + MUESTRA (gr)
2	50.00	536.20	536.2	536.2
1.1/2	37.80	552.90	552.9	552.9
1	25.00	535.20	535.2	535.2
3/4	19.00	563.38	563.38	563.38
1/2	12.50	535.21	1802.88	1629.95
3/8	9.50	541.90	925.79	1010.46
4	4.75	508.28	884.91	942.24
200	0.08	299.81	300.1	305.99
BC	0.00	369.92	370.4	370.36

Anexo A12. Datos para el ensayo de granulometría del agregado fino

MALLA	MALLA	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3
N°	DIAMETRO (mm)	PESO (gr)	MALLA + MUESTRA (gr)	MALLA + MUESTRA (gr)
4	4.75	508.11	542.82	551.94
8	2.36	489.85	620.98	621.68
16	1.18	411.88	552.9	552.29
30..	0.6	402.21	523.71	515.26
50	0.3	369.67	480.99	479.83
100	0.15	345.95	694.89	694.62
200	0.075	299.84	388.97	387.3
BC	Menor a 0.075	369.9	392.36	393.87

Anexo A13. Datos para el ensayo de granulometría de ladrillo reciclado

MALLA N°	MALLA DIAMETRO	PESO	REPETICION 1 MALLA + MUESTRA (gr)	REPETICION 2 MALLA + MUESTRA (gr)	REPETICION 3 MALLA + MUESTRA (gr)
4	4.75	508.11	542.62	552.94	546.27
8	2.36	489.85	634.48	623.68	629.5
16	1.18	411.88	553.14	553.29	549.5
30..	0.6	402.21	523.41	515.26	517.34
50	0.3	369.67	475.28	477.83	476.2
100	0.15	345.95	691.05	692.62	709.47
200	0.075	299.84	385.44	387.3	373.28
BC	Menor a 0.075	369.9	392.36	393.87	395.26

Anexo A14. Proporciones del diseño de mezcla para un concreto de 180 kg/cm².

DISEÑO FINAL PARA: 1 m3 DE CONCRETO

ELEMENTO	PESO
AGUA	221.402 kg.
CEMENTO	301.563 kg. Ó 7.1 bolsas
PIEDRA	928.416 kg.
ARENA	733.325 kg.
TOTAL	2184.705 kg.

Anexo B: Toma de datos de las variables dependientes.

Anexo B1. Toma de datos del ensayo de resistencia a la compresión.

PROBETA		CARGA (KN)	AREA (mm ²)	R. COMPRESION (MPa)	R. COMPRESION (Kg/cm ²)	R COMPRESION PROM (Kg/cm ²)
0%	1	6.55	353.42	18.53	187.19	186.84
	2	6.42	353.42	18.17	183.47	
	3	6.51	353.42	18.42	186.04	
	4	6.57	353.42	18.59	187.76	
	5	6.64	353.42	18.79	189.76	
10%	1	7.02	353.42	19.86	200.62	201.30
	2	7.11	353.42	20.12	203.19	
	3	7.20	353.42	20.37	205.76	
	4	6.90	353.42	19.52	197.19	
	5	6.99	353.42	19.78	199.76	
20%	1	7.77	353.42	21.99	222.05	221.59
	2	7.70	353.42	21.79	220.05	
	3	7.81	353.42	22.10	223.19	
	4	7.69	353.42	21.76	219.76	
	5	7.80	353.42	22.07	222.91	
30%	1	6.74	353.42	19.07	192.62	192.16
	2	6.59	353.42	18.65	188.33	
	3	6.62	353.42	18.73	189.19	
	4	6.69	353.42	18.93	191.19	
	5	6.98	353.42	19.75	199.47	
40%	1	5.94	353.42	16.81	169.75	167.58
	2	5.91	353.42	16.72	168.90	
	3	5.78	353.42	16.35	165.18	
	4	5.88	353.42	16.64	168.04	
	5	5.81	353.42	16.44	166.04	
50%	1	5.65	353.42	15.99	161.47	159.41
	2	5.48	353.42	15.51	156.61	
	3	5.55	353.42	15.70	158.61	
	4	5.59	353.42	15.82	159.75	
	5	5.62	353.42	15.90	160.61	

Anexo B2. Toma de datos del ensayo de absorción.

PROBETA	PESO SECO (g)	PESO SUSPENDIDO (g)	PESO SATURADO (g)	ABSORCIÓN (%)	ABSORCIÓN PROMEDIO (%)	
0%	1	450	146	479	6.44	6.5
	2	548	189	584	6.57	
	3	467	164	497	6.42	
	4	479	164	510	6.47	
	5	665	234	708	6.47	
10%	1	657	248	691	5.18	5.2
	2	744	241	783	5.24	
	3	651	190	685	5.22	
	4	830	310	873	5.18	
	5	495	176	521	5.25	
20%	1	458	121	480	4.80	4.7
	2	754	249	789	4.64	
	3	844	308	882	4.50	
	4	721	276	755	4.72	
	5	533	178	559	4.88	
30%	1	724	260	768	6.08	6.1
	2	469	154	498	6.18	
	3	852	321	904	6.10	
	4	746	265	792	6.17	
	5	648	211	688	6.17	
40%	1	622	201	667	7.23	7.2
	2	784	251	842	7.40	
	3	645	231	689	6.82	
	4	789	234	847	7.35	
	5	864	298	927	7.29	
50%	1	579	182	627	8.29	8.6
	2	672	188	732	8.93	
	3	864	219	941	8.91	
	4	758	264	825	8.84	
	5	645	234	698	8.22	

Anexo B3. Toma de datos del ensayo de porosidad.

PROBETA		PESO SECO (g)	PESO SUSPENDIDO (g)	PESO SATURADO (g)	POROSIDAD (%)	POROSIDAD PROMEDIO (%)
0%	1	450	146	479	8.7	9.0
	2	548	189	584	9.1	
	3	467	164	497	9.0	
	4	479	164	510	9.0	
	5	665	234	708	9.1	
10%	1	657	248	691	7.7	7.4
	2	744	241	783	7.2	
	3	651	190	685	6.9	
	4	830	310	873	7.6	
	5	495	176	521	7.5	
20%	1	458	121	480	6.1	6.6
	2	754	249	789	6.5	
	3	844	308	882	6.6	
	4	721	276	755	7.1	
	5	533	178	559	6.8	
30%	1	724	260	768	8.7	8.6
	2	469	154	498	8.4	
	3	852	321	904	8.9	
	4	746	265	792	8.7	
	5	648	211	688	8.4	
40%	1	622	201	667	9.7	9.7
	2	784	251	842	9.8	
	3	645	231	689	9.6	
	4	789	234	847	9.5	
	5	864	298	927	10.0	
50%	1	579	182	627	10.8	11.2
	2	672	188	732	11.0	
	3	864	219	941	10.7	
	4	758	264	825	11.9	
	5	645	234	698	11.4	

Anexo C: Análisis de varianza

Anexo C1. Análisis de varianza de la resistencia a la compresión.

RESUMEN DE DATOS

Resistencia a la compresión (kg/cm ²)							SUMA B
1	2	3	4	5	6	7	
a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	
187.19	200.62	222.05	192.62	169.75	161.47		
183.47	203.19	220.05	188.33	168.9	156.61		
186.04	205.76	223.19	189.19	165.18	158.61		
187.76	197.19	219.76	191.19	168.04	159.75		
189.76	199.76	222.91	199.47	166.04	160.61		
934.22	1006.52	1107.96	960.8	837.91	797.05	0	5644.46

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F _o (observado)	F _{TABULAR}
A	5	12791.06	2558.21	337.22	2.62
Error	24	182.1	7.59		
Total	29	12973.12	2565.8		

Según el método estadístico nova, indica que la hipótesis nula planteada no es viable debido a que la probabilidad del análisis de varianza debido a que el F experimental es mayor que el F teórico. Por lo que se concluye que si existe influencia significativa de la variable independiente sobre la dependiente.

Anexo C2. Análisis de varianza de la absorción.

RESUMEN DE DATOS

Absorción (%)							SUMA B
1	2	3	4	5	6	7	
a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	
6.44	5.18	4.8	6.08	7.23	8.29		
6.57	5.24	4.64	6.18	7.4	8.93		
6.42	5.22	4.5	6.1	6.82	8.91		
6.47	5.18	4.72	6.17	7.35	8.84		
6.47	5.25	4.88	6.17	7.29	8.22		
32.37	26.07	23.54	30.7	36.09	43.19	0	191.96

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F _o (observado)	F _{TABULAR}
A	5	50.10	10.02	292.39	2.62
Error	24	0.8	0.03		
Total	29	50.92	10.05		

Según el método estadístico nova, indica que la hipótesis nula planteada no es viable debido a que la probabilidad del análisis de varianza debido a que el F experimental es mayor que el F teórico. Por lo que se concluye que si existe influencia significativa de la variable independiente sobre la dependiente.

Anexo C3. Análisis de varianza de la porosidad.

RESUMEN DE DATOS

Porosidad (%)							SUMA B
1	2	3	4	5	6	7	
a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	
8.7	7.7	6.1	8.7	9.7	10.8		
9.1	7.2	6.5	8.4	9.8	11		
9	6.9	6.6	8.9	9.6	10.7		
9	7.6	7.1	8.7	9.5	11.9		
9.1	7.5	6.8	8.4	10	11.4		
44.9	36.9	33.1	43.1	48.6	55.8	0	262.4

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F _o (observado)	F _{TABULAR}
A	5	66.16	13.23	132.77	2.62
Error	24	2.4	0.10		
Total	29	68.55	13.33		

Según el método estadístico nova, indica que la hipótesis nula planteada no es viable debido a que la probabilidad del análisis de varianza debido a que el F experimental es mayor que el F teórico. Por lo que se concluye que si existe influencia significativa de la variable independiente sobre la dependiente.

Anexo D: Panel fotográfico



Anexo D1. Latas de secado para el ensayo de humedad.



Anexo D2. Latas de secado con muestras para el ensayo de humedad.



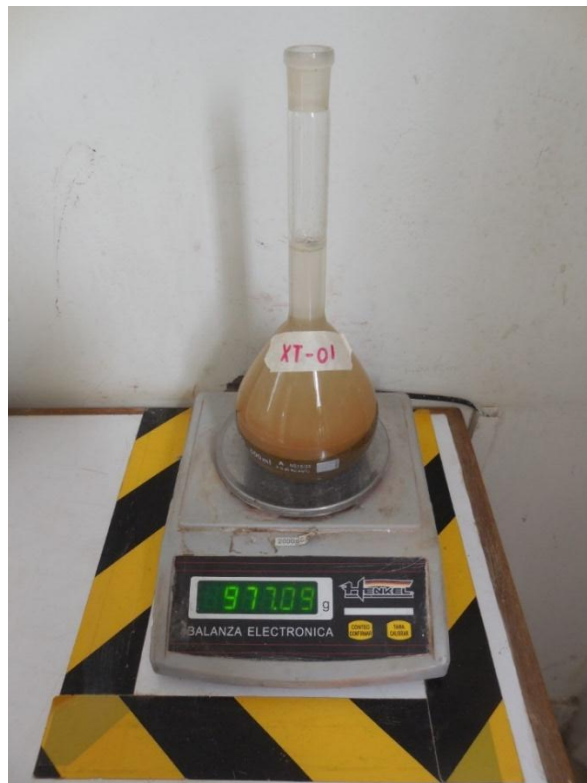
Anexo D3. Muestras para humedad en estufa de secado.



Anexo D4. Fiolas de vidrio para el ensayo de absorción y peso específico de la arena y ladrillo reciclado.



Anexo D5. Balanza analítica para pesado.



Anexo D6. Fiola con muestra de ladrillo reciclado, prueba de peso específico.



Anexo D7. Secado superficial de arena, prueba de peso específico.



Anexo D8. Cono para compactado de arena, prueba de peso específico.



Anexo D9. Mallas granulométricas para tamizado.



Anexo D10. Peso de mallas con material retenido.



Anexo D11. Materiales para realizar ensayo de peso unitario compacto y suelto.



Anexo D12. Pesado de materia prima para concreto.



Anexo D13. Preparación de concreto.



Anexo D14. Materiales para realizar la prueba de asentamiento.



Anexo D15. Toma de medida del asentamiento.



Anexo D17. Probetas para ensayo de compresión, absorción y porosidad.



Anexo D18. Inicio del llenado de probetas de concreto.



Anexo D19. Tapado de probetas con plástico para evitar el exceso de exudación.



Anexo D20. Probetas realizadas para la investigación.



Anexo D21. Nivelando las probetas en el equipo de Caping.



Anexo D22. Olla con azufre para realización de caping.



Anexo 23. Probetas capeadas y niveladas.