

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**BASES TEORICAS PARA LA INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE  
LADRILLO DE DESECHO COMO AGREGADO FINO SOBRE LA  
ABSORCION, POROSIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESION  
DE UN CONCRETO ELABORADO CON CEMENTO TIPO MS**

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

**AUTORES:**

**LUIS CARLOS VILCA PAREDES**

**KEVIN GIANCARLO VILCA SILVA**

**TRUJILLO – PERÚ**

**2019**



## INDICE

<b>RESUMEN</b> .....	2
<b>ABSTRAC</b> .....	3
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	4
<b>1.1. Delimitación del problema que motiva el estado del arte</b> .....	4
<b>1.2. Justificación del Tema</b> .....	5
<b>1.3. Objetivos</b> .....	6
1.4. Procedimientos metodológicos seguidos.....	6
1.4.1. Técnicas de recolección.....	6
1.4.2. Instrumentos de recolección .....	6
1.4.3. Fuentes de Información .....	6
<b>2. RESULTADOS RESPECTO A LOS ANTECEDENTES, ESTADO DEL ARTE O ESTADO DE LA CUESTIÓN</b> .....	7
<b>2.1. ANTECEDENTES</b> .....	7
<b>2.2. Bases Teóricas</b> .....	10
2.2.1. El concreto.....	10
2.2.2. Tipos de concreto .....	11
2.2.3. El Cemento Pórtland .....	12
2.2.4. Características generales del concreto.....	18
2.2.5. Propiedades del concreto.....	19
2.2.6. Agregados para el concreto .....	21
2.2.7. Agregados reciclados .....	28
2.2.8. Agua para el concreto.....	31
2.2.9. Aditivos para el concreto.....	37
<b>3. CONCLUSIÓN</b> .....	45
<b>4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	46
<b>ANEXO 1</b> .....	47



## **RESUMEN**

En la presente investigación denominada: bases teóricas para determinar la **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.**

La investigación tiene como objetivo buscar contenido sobre reutilización ladrillos de arcillas triturados como remplazo parcial de un agregado dentro de una mezcla de concreto.

Para eso se piensa recolectar la información de revistas, papers para justificar y evaluar antecedentes que ayuden a realizar la investigación en la ejecución de la investigación se piensa realizar los ensayos de caracterización a la materia prima, para obtener la información de los materiales. Luego se realizará el diseño de mezcla para una resistencia de  $180 \text{ Kg/cm}^2$ . Se realizarán 30 muestras cilíndricas con 6 dosificaciones distintas de ladrillo reciclado para realizar los ensayos de resistencia a la compresión, absorción, porosidad; luego de realizar los ensayos y recolectar los datos se realizará un análisis de varianza para comprobar la viabilidad de la hipótesis nula y alterna. La investigación finalmente pretende realizar las conclusiones sobre las bases teóricas acerca de dosificación de ladrillo reciclado se encontró adecuadas propiedades y/o comparando con un concreto tradicional.

Palabras claves: resistencia, reciclado, papers



### ABSTRAC

In the present investigation called: Influence of the percentage of waste brick as a fine aggregate on the absorption, porosity and resistance to compression of a concrete made with type MS cement.

The objective of the research is to reuse bricks of crushed clay as a partial replacement of an aggregate in a concrete mixture.

For that, it is thought to collect the information from journals, papers to justify and evaluate the background that help to carry out the research in the execution of the investigation, it is thought to perform the characterization tests to the raw material, to obtain the information of the materials. Then the mix design will be made for a resistance of  $180 \text{ Kg} / \text{cm}^2$ .

30 samples of cylindrical shape with 6 different dosages of recycled brick will be elaborated to realize the tests of resistance to compression, absorption, porosity; After performing the tests and collecting the data, an analysis of variance will be performed to verify the viability of the null and alternate hypothesis.

Make the conclusions and determine with what dosage of recycled brick was found suitable properties and / or comparing with a traditional concrete.

Keywords: resistance, recycling, papers

## I. INTRODUCCIÓN

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

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. 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.

## 1.2. Justificación del Tema

La cantidad de residuo de construcción es lo que 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.

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. 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.



## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo general

- Determinar las bases teóricas para evaluar la influencia del porcentaje de ladrillo desecho como agregado sobre las propiedades de un concreto modificado.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Definir la caracterización de los agregados y sus tipos.
- Presentar el control de calidad de agregados para concreto.

## 1.4. Procedimientos metodológicos seguidos

### 1.4.1. Técnicas de recolección

Revisión documental y análisis al contenido de la búsqueda de información, clasificación y selección de información de Bases Teóricas, con la consiguiente toma de lectura de las condiciones, procesos y consecuencias observables, servirán de aporte importante a una solución al problema detectado.

### 1.4.2. Instrumentos de recolección

El intervalo es la matriz de análisis de datos:

- Ver Anexo 01°,

### 1.4.3. Fuentes de Información

Corresponde a los instrumentos diferenciados para la toma de conocimientos, búsqueda y acceso a información necesaria.

- **Fuente de datos primaria:**
  - Norma técnicas de concreto ASTM o NTP.



- Investigaciones de artículos científicos en revistas indexadas acerca de técnicas para agregar materiales reciclado al concreto.
- Tesis acerca de mejoramiento de concreto con la inclusión de tratamiento para obtener mejores propiedades.

## **2. RESULTADOS RESPECTO A LOS ANTECEDENTES, ESTADO DEL ARTE O ESTADO DE LA CUESTIÓN**

### **2.1. ANTECEDENTES**

- **(Kesegic y colaboradores 2008) “LADRILLO DE ARCILLA RECICLADO COMO UN AGREGADO PARA EL CONCRETO”**

Se realizaron las 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. Se 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/cm<sup>2</sup>, 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/cm<sup>2</sup> 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 A, Colombia 2012), “USO DE USO DE TRITURADO DE LADRILLO RECICLADO TRITURADO DE LADRILLO RECICLADO COMO AGREGADO GRUESO EN LA COMO AGREGADO GRUESO EN LA ELABORACIÓN DE CONCRETO”**

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. [6]

- **(Mendoza I, Chávez S, Perú 2017) “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/cm<sup>2</sup> 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 & Pérez, Colombia 2011) “AGREGADOS NO CONVENCIONALES PARA LA PREPARACION DE CONCRETO ECOLOGICO”**

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.

- **(Saldaña J, Viera N; Perú 2014) “ESTUDIO DE LAS RESISTENCIA DEL CONCRETO, UTILIZANDO COMO AGREGADO EL CONCRETO RECICLADO DE OBRA”**

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  $\text{Kg/cm}^2$  y  $f_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ . Se elaboraron 72 testigos cilíndricos 36 testigos cilíndricos con una resistencia a la compresión de  $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  y 36 testigos cilíndricos con una resistencia a la compresión de  $f_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$  (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 Herbert, Peru 2018) 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.

### 2.2. Bases Teóricas

#### 2.2.1. 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.

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.

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 intercrystalina 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.

### 2.2.2. 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.

**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.

**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 establecida en el diseño y una durabilidad adecuada.

**d. Concreto Ciclópeo.**

Se denomina así al concreto simple que está 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.

**CONCRETO SIMPLE + PIEDRA DESPLAZADORA = CONCRETO CICLOPEO**

**e. Concreto Liviano**

Son preparados con agregados livianos y su peso unitario varía desde 400 a 1700 kg/cm<sup>3</sup>

**f. Concreto Normales**

Son preparados con agregados corrientes y su peso unitario varía de 2300 a 2500 kg/cm<sup>3</sup>. Según el tamaño máximo del agregado. El peso promedio es de 2400 kg/cm<sup>3</sup>

**g. Concreto Pesado**

Son preparados utilizando agregados pesados, alcanzando el peso unitario valores entre 2800 a 6000 kg/cm<sup>3</sup>

Generalmente se usan agregados como las baritas, minerales de hierro, como la magnetita, limonita y hematita.

**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.

**2.2.3. El Cemento Pórtland**

El cemento Pórtland es un alúmino silicato de calcio, patentado por J. Aspdin en 1824, y denominado Pórtland 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.

### A. Materias primas del cemento Pórtland

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

- Materiales calcáreos:** Deben tener un adecuado contenido de carbonato de calcio ( $\text{Co}_3\text{Ca}$ ) que será entre 60% a 80%, y no deberá tener mas de 1.5% de magnesia. Aquí tenemos a las margas, cretas y calizas en general estos materiales suministran el óxido de calcio o cal.
- 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.
- Minerales de fierro:** Suministran el óxido férrico en pequeñas cantidades. En algunos casos éstos vienen con la arcilla.
- Yeso:** Aporta el sulfato de calcio

### 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, carguio 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 optimo 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 precalentador ) se alcanzan temperaturas alrededor de 280°C En la base de este edificio se encuentra un sistema de pre calcinación 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.
- **Clinkerización:** 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 r.p.m y la 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.

## C. Composición Química

### a. Componentes Químicos

Los componentes químicos del cemento Pórtland 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:

Oxido Componente	Porcentaje Típico	Abreviatura
CaO	58% - 67%	C
SiO <sub>2</sub>	16% - 26%	S
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4% - 8%	A
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2% - 5%	F
SO <sub>3</sub>	0.1% - 2.5%	
MgO	1% - 5%	
K <sub>2</sub> O y Na <sub>2</sub> O	0% - 1%	
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0% - 3%	
TiO <sub>2</sub>	0% - 0.5%	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0% - 1.5%	
Pérdida x Calcinación	0.5% - 3%	

Figura 2. Composición química del cemento.

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 sí 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.

Designación	Fórmula	Abreviatura	Porcentaje
Silicato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	$\text{C}_3\text{S}$	30% a 50%
Silicato dicálcico	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	$\text{C}_2\text{S}$	15% a 30%
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{C}_3\text{A}$	4% a 12%
Ferro aluminato tetracálcico	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{C}_4\text{AF}$	8% a 13%
Cal libre	$\text{CaO}$		
Magnesia libre (Periclasa)	$\text{MgO}$		

Figura 3. Componentes químicos del cemento.

**D. Usos y aplicaciones de los cementos Pórtland**

**a. Cementos Pórtland 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 ( ejm. 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 ( ejm: 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.

### b. Cementos Pórtland 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-salinosos, 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.

### 2.2.4. 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.

### 2.2.5. 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

##### 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.

##### 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.

### **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.

#### **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.

#### **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/m<sup>3</sup>.**

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.

### **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.

### **2.2.6. Agregados para el concreto**

#### **2.2.6.1. 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.

Clasificación

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.

### **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.

### **C. Por el Tamaño del Agregado**

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

- Agregados finos (arenas) y
- Agregados gruesos (piedras).

### **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.

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.

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.

### **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.

### 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.

### **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% .

### + 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  $600 \text{ kg/cm}^2$
- 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.

### + 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  $140 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días y el contenido mínimo de cemento será de  $255 \text{ Kg/m}^3$ .

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.

### + 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.

#### **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.

#### **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 a 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.

#### **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.

### **2.2.7. Agregados 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

#### **2.2.6.3. 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.

##### **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.

##### **c. Absorción**

La absorción es la característica de los agregados reciclados que presenta una mayor variación con respecto a los agregados naturales, alcanzando 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.

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.

#### **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.

#### **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.

### **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.

### **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%.

**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 (manejabilidad) 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

**2.2.8. Agua para el concreto****Conceptos generales**

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 depende del gel del hidrato de silicato de calcio. Es la médula del concreto.

b. En estado fresco; faciliten una adecuada manipulación y colocación de la misma.

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 conseda 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.

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 resaturar. 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.

### **Requisitos de calidad**

El agua que a 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:

DESCRIPCIÓN	LIMITE PERMISIBLE		
Sólidos en suspensión (residuo insoluble)	5,000	ppm	Máximo
Materia Orgánica	3	ppm	Máximo
Alcalinidad (NaHCO <sub>3</sub> )	1,000	ppm	Máximo
Sulfatos ( ión SO <sub>4</sub> )	600	ppm	Máximo
Cloruros ( ión Cl <sup>-</sup> )	1,000	ppm	Máximo
pH	5 a 8		Máximo

Figura 4. Límites permisibles para el agua de mezcla y curado según la norma NTP 339.088

#### ✚ 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.

#### ✚ 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

### 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 presforzados 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  $SO_4$ .
- 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 sulfates o cloruros.

### 2.2.9. Aditivos para el concreto

Un aditivo es definido, tanto por el Comité 116R del ACI como por la Norma ASTM C 125, como “un material que, no siendo agua, agregado, cemento hidráulico, o fibra de refuerzo, es empleado como un ingrediente del mortero o concreto, y es añadido a la tanda inmediatamente antes o durante su mezclado”. Nuestra Norma técnica peruana NTP 339.086 define a los aditivos como sustancias añadidas a los componentes fundamentales del concreto con el propósito de modificar alguna de sus propiedades. Los aditivos se añaden a las mezclas de concreto generalmente durante el proceso de mezclado con el propósito de: *f* Modificar una o algunas de sus propiedades NTP, a fin de permitir que sean más adecuados para el trabajo solicitado. *f* Mejorar su trabajabilidad facilitando su proceso de colocación. *f* Posibilitar el rendimiento en la elaboración, transporte, y puesta en obra del concreto.: *f* Logrars mayor economía y mejores resultados, por cambios en la composición o proporciones de la mezcla.

### **Condiciones de empleo**

Los aditivos utilizados deberán cumplir con los requisitos de las Normas ASTM o NTP correspondientes. Su empleo deberá estar indicado en las especificaciones del proyecto, o ser aprobado por la Supervisión. La norma establece para cada uno de los aditivos requisitos para comprobar las modificaciones aportadas por el aditivo en las siguientes propiedades del concreto:

- Cantidad de agua
- Tiempo de fragua
- Resistencia a compresión
- Resistencia a flexión
- Deformación por contracción
- Inalterabilidad (durabilidad) Indicándonos en cada caso valores mínimos esperados según la clasificación o tipo de aditivo que se esté usando.

Para el caso de los aditivos incorporadores de aire este es obligatorio en concretos que, en cualquier etapa de su vida, pueden estar expuestos a temperaturas ambiente menores de 0°C. En otros casos, el empleo de estos aditivos es opcional ya criterio del especialista.

### **Razones de empleo**

- Entre las principales razones de empleo de aditivos, para modificar las propiedades del concreto fresco, se puede mencionar:
- Reducción en el contenido de agua de la mezcla, que trae como consecuencia ahorro en la cantidad de cemento para una misma relación a/c (caso de los plastificantes y súper plastificantes).
- Se logra obtener algunas propiedades en el concreto de manera más efectiva que utilizando otros medios.
- Incremento en la trabajabilidad sin modificación del contenido de agua; o disminución del contenido de agua sin modificación de la trabajabilidad.
- Reducción, incremento o control del asentamiento.

- Aceleración o retardo del tiempo de fraguado inicial.
- Modificación de la velocidad y/o magnitud de la exudación.
- Reducción o prevención de la segregación; o desarrollo de una ligera expansión  
Mejora en la facilidad de colocación y/o bombeo de las mezclas.
- Asegurar la calidad de concreto durante las etapas de mezclado, transporte, colocación y curado del concreto.

Entre las principales razones de empleo de los aditivos para modificar las propiedades de los concretos, morteros o lechada endurecidos se puede mencionar:

- Retardo en el desarrollo del calor de hidratación o reducción en la magnitud de éste durante el endurecimiento inicial.
- Aceleración en la velocidad de desarrollo de la resistencia inicial y/o final del concreto y en el incremento de la misma.
- Incremento en la durabilidad (resistencia a condiciones severas de exposición).  
Disminución de la permeabilidad del concreto.
- Control de la expansión debida a la reacción álcali-agregados.
- Incremento en las adherencias acero-concreto; y concreto antiguo-concreto fresco
- Incremento en las resistencias al impacto y/o la abrasión.
- Control de la corrosión de los demonios metálicos embebidos en el concreto  
Producción de concretos o morteros celulares.
- Producción de concretos o morteros coloreados.

### **Consideraciones en el empleo de aditivos**

Los aditivos deben cumplir con los requisitos de las Normas seleccionadas y las especificaciones de obra, debiendo prestarse especial atención a las recomendaciones del fabricante y/o distribuidor del aditivo. Las siguientes normas ASTM cubren los tipos o clases de aditivos de uso corriente:

Aditivos incorporadores de aire (ASTMC 260) - Aditivos reductores de agua y controladores de fragua (ASTMC 494) - Cloruro de Calcio (ASTM D 98) - Aditivos a ser empleados en la producción de concretos muy sueltos (ASTM C 1017) Considerado cuando se evalúa la acción del aditivo, los beneficios resultantes, y los mayores costos debidos a su empleo, en el análisis económico del empleo de un aditivo se debe considerar:

- El costo de utilizar un ingrediente extra y el efecto de ello sobre los costos de puesta en obra del concreto.
- Los efectos económicos del aditivo sobre la trabajabilidad y consistencia del concreto; así como sobre la magnitud y velocidad de ganancia de resistencia.
- La posibilidad de emplear procedimientos menos costosos, o diseños más avanzados.
- Todos aquellos aspectos que puedan justificar el mayor costo del concreto debido al empleo del aditivo.

### Clasificación

No es fácil clasificar los aditivos, debido a que ellos pueden ser clasificados genéricamente o con relación a los efectos característicos derivados de su empleo; pueden modificar más de una propiedad del concreto; así como a que los diversos productos existentes en el mercado no cumplen las mismas especificaciones. Adicionalmente debe indicarse que los aditivos comerciales pueden contener en su composición materiales los cuales, separadamente podrían ser incluidos en dos o más grupos, o podrían ser cubiertos por dos o más Normas ASTM o recomendaciones ACI. De acuerdo a la Norma ASTM C 494, los aditivos se clasifican en:

TIPO A: Reductores de agua.

TIPO B: Retardadores de fragua.

TIPO C: Acelerantes.



TIPO D: Reductores de agua-retardadores de fragua.

TIPO E: Reductores de agua - acelerantes.

TIPO F: Super Reductores de agua.

TIPO G: Super Reductores de agua - acelerantes.

Existen otros tipos de clasificaciones de aditivos de acuerdo a los efectos de su empleo o a los tipos de materiales constituyentes. La Recomendación ACI 212 clasifica a los aditivos en los siguientes grupos:

- a. Acelerantes, los cuales tienen por finalidad incrementar significativamente al desarrollo inicial de resistencia en compresión v/o acortar el tiempo de fraguado. Deberán cumplir con los requisitos de las Normas ASTM C 494 ó C 1017, o de las Normas NTP 339.086 ó 339.087.  
concreto frente a los procesos de congelación y deshielo que se producen en sus poros capilares cuando él está saturado y sometido a temperaturas bajo 0 °C. Estos aditivos deberán cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.086 ó de la Norma ASTM C 260. Retienen intencionalmente burbujas microscópicas de aire esta inclusión mejorara la durabilidad de los concretos que están expuestos a los ciclos de congelación y deshielo, mejorando también la trabajabilidad del concreto en estado fresco, reduciendo la segregación y exudación; las burbujas incorporadas son diminutas y se encuentran distribuidas uniformemente en toda la mezcla, generalmente estos aditivos se agregan directamente a la mezcla conjuntamente con el agua de mezclado.
- b. Reductores de agua y reguladores de fragua, son empleados con la finalidad de reducir los requisitos de agua de la mezcla requerida para producir un concreto con cierto asentamiento , tambien permiten reducir la relación agua cemento o para aumentar el asentamiento , los reductores de agua típico reducen el contenido de agua de 5% a 10% ; los reductores de agua conocidos como de alto rango reducen el contenido de agua de 12% a 30%(Superplastificantes ) ; tambien permite modificar las condiciones de fraguado de la misma, o ambas. Dependiendo de su

composición química estos aditivos pueden disminuir, incrementar o no tener ningún efecto en la exudación. Deberán cumplir con los requisitos de las Normas NTP 339.086 ó 339.087, o de las Normas ASTM C 494 ó C 1017.

- c. Aditivos minerales, ya sean cementantes o puzolánicos, los cuales tienen por finalidad mejorar el comportamiento al estado fresco de mezclas deficientes en partículas muy finas y, en algunos casos, incrementar la resistencia final del concreto. Las puzolanas y las cenizas deberán cumplir con los requisitos de la Norma ASTM C 618. Las escorias de alto horno finamente molidas y las microsílices deberán cumplir con los requisitos de la Norma ASTM C 989. A los aditivos de este grupo en la actualidad se les considera como adiciones.
- d. Generadores de gas, tienen por finalidad controlar los procesos de exudación y asentamiento mediante la liberación de burbujas de gas en la mezcla fresca.
- e. Aditivos para inyecciones, tienen por finalidad retardar el tiempo de fraguado en cimentaciones especiales en las que las distancias de bombeo son muy grandes.
- f. Productores de expansión, tienen por finalidad minimizar los efectos adversos de la contracción por secado del concreto.
- g. Ligantes, tienen por única finalidad incrementar las propiedades ligantes de mezclas mediante la emulsión de un polímero orgánico. Es decir, consisten en emulsiones de agua de materiales orgánicos entre los que se incluyen al cloruro de vinilo, el acetato de polivinilo, a los acrílicos, a los copolímeros de butadieno estireno, y a otros polímeros. Se puede agregar al concreto para incrementar su adherencia por ejemplo entre un concreto nuevo y uno viejo, la resistencia a la flexión se ve mejorada, generalmente se suele utilizar en proporciones de 5 a 20 % del peso del cemento. Ayudas para bombeo, tienen por finalidad mejorar la facilidad de bombeo del concreto por incremento de la viscosidad del agua de la mezcla.



- h. Colorantes, tienen por finalidad producir en el concreto el color deseado sin afectar las propiedades de la mezcla. Los pigmentos para estos aditivos se encuentran especificados en ASTM C 979 y normalmente el peso de estos pigmentos no debe exceder del 10% del peso del cemento. Antes de utilizarse alguno de estos aditivos deberá probarse su firmeza de color contra la luz solar y con autoclave, su estabilidad química con el cemento y los efectos que pudiera ocasionar en las propiedades del concreto.
- i. Floculantes, tienen por finalidad incrementar la velocidad de exudación y disminuir el volumen de ésta, al mismo tiempo que reducen el flujo e incrementan la cohesividad y rigidización inicial de la mezcla.
- j. Fungicidas, Insecticidas y germicidas, finalidad inhibir o controlar el crecimiento de bacterias y hongos en pisos y paredes en el interior o en la superficie del concreto endurecido. Los más usados son los fenoles polihalogenados, las emulsiones de dieldrin, y los compuestos de cobre. En dosis elevadas pueden afectar la resistencia del concreto negativamente.
- k. Impermeabilizantes, los cuales tienen por finalidad contribuir a controlar las filtraciones a través de las grietas, reduciendo la penetración del agua, en un concreto no saturado, desde el lado húmedo al lado seco. Los agentes impermeabilizantes reducen la velocidad a la cual se trasmite agua a presión a través del concreto. Uno de los mejores métodos para incrementar la impermeabilidad consiste en aumentar la cantidad de cemento y reducir la relación agua/ cemento a menos de 0.5. Algunas adiciones minerales como el humo de sílice, reducen la permeabilidad por medio del proceso de hidratación y de reacción puzolánica.
- l. Reductores de permeabilidad, los cuales tienen por finalidad reducir la velocidad con la cual el agua puede circular a través de un elemento de concreto saturado, bajo una gradiente hidráulica mantenida externamente.



- m. Controladores de la reacción álcali-agregado, los cuales tienen por finalidad reducir, evitar o controlar la reacción entre los álcalis del cemento y elementos que puedan estar presentes en los agregados reactivos.
- n. Inhibidores de la corrosión, los cuales tienen por finalidad inhibir, retardar o reducir la corrosión del acero de refuerzo y elementos metálicos embebidos en el concreto.

La naturaleza alcalina del concreto  $pH$  mayor a 12.5 forma una película protectora alrededor del acero sin embargo la presencia de cloruros provenientes del agua , agregados, aditivos pueden destruir esta película iniciándose el proceso de corrosión por la formación de herrumbre o óxido de hierro que es un proceso expansivo pudiendo llegar a expandirse hasta cuatro veces su volumen original produciendo descascaramiento en el concreto y pudiendo quedar reducida la sección del acero la velocidad de corrosión puede quedar influida por la humedad , la resistividad eléctrica del concreto. Estos aditivos inhibidores retienen el proceso de corrosión químicamente el más comúnmente utilizado es el nitrito de calcio que bloquea la corrosión de los iones cloruro estabilizando la película. Otros métodos para reducir la corrosión incluyen el uso de aceros de refuerzo recubiertos con epóxicos, tratamientos de superficie, sobre capas de concreto y protección catódica.

- m. Super plastificantes, también conocidos como aditivos reductores de agua de alto rango se encuentran especificados en ASTM C494 y ASTM C 1017, los cuales tienen por finalidad reducir en forma importante el contenido de agua del concreto manteniendo una consistencia dada y sin producir efectos indeseables sobre el fraguado. Se agregan a los concretos de agua / cemento bajo a normales para producir concretos fluidos de alto asentamiento. Estos concretos son muy fluidos y trabajables pueden ser colocados con poca o ninguna vibración o compactación. Igualmente se emplean para incrementar el asentamiento sin necesidad de aumentar el contenido de agua de la mezcla. Entre las principales aplicaciones de estos aditivos tenemos:



- Colocación de concreto en secciones delgadas
- Estructuras con alta densidades de aceros y espaciamentos cercanos
- Concretos bajo el agua
- Concreto bombeable para disminuir la presión de la bomba
- Incrementando la distancia de bombeo Como ejemplo se puede indicar que con la adición de un aditivo superplastificante de 3” de asentamiento se puede lograr un incremento en el asentamiento hasta de 9”.

### 3. CONCLUSIÓN

- Presentar las bases teóricas sobre la inclusión de ladrillo reciclado
- Definir el concreto componentes y propiedades
- Identifica información sobre ladrillo reciclado antecedentes y sus propiedades

### 4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR, A. (1997). **Reciclado de Materiales de Construcción**. Instituto Juan de Herrera. Madrid. España
- CAMPO, R. (2012). **Reutilización de materiales de construcción. Un paso intermedio necesario**. Disponible en:
  - [www.rs2010.org/files/u1/B03\\_Campo\\_Lozano\\_\\_Rebeca.pdf](http://www.rs2010.org/files/u1/B03_Campo_Lozano__Rebeca.pdf)
- CONSTAIN, C. (1999). **Tecnología del concreto premezclado. Construcción y tecnología. 1**
- FIC – UNI/TECNOLOGÍA DE LOS MATERIALES. (2012). **“Morteros de cemento”**. Disponible en: [www.es.scribd.com/doc/89821223/MORTEROS-DE-CEMENTO](http://www.es.scribd.com/doc/89821223/MORTEROS-DE-CEMENTO).
- Grupo GCC. (2007). **El concreto convencional**. URL. [http://www.gcc.com/opencms/opencms/portal/esp/productos\\_servicios/concreto\\_premezclado/](http://www.gcc.com/opencms/opencms/portal/esp/productos_servicios/concreto_premezclado/)
- HERNANDEZ H.; HERNANDEZ C. (1999). **“Estudio de las características físico – mecánicas en adoquines de concretos fabricados con arena caliza y arena de rio”**. Universidad de San Carlos de Guatemala – Tesis – Ingeniero Civil. Guatemala.
- MENDOZA I, CHAVEZ S. (2017). Residuos de construcción y demolición como agregado de concreto hidráulico nuevo. *Revista de Ingeniería Civil Colombia*, Vol 1, pp 1,5.
- PEREZ A. (2012). Uso del triturado de ladrillo reciclado como agregado grueso en la elaboración de concreto. *Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia*, vol1, 1,4,5.
- SERRANO, G. M., & PEREZ, R. D. (2011). Agregados no convencionales para la preparación de concretos ecológicos: resultados de alianza empresa universidad. *Educación en Ingeniería*.
- MERCANTE, T. (2007). Caracterización de residuos de la construcción. *Revista Científica de Primavera UCES*.
- MENDOZA, I Y CHÁVEZ, S (2017) Residuos de construcción y demolición como agregado de concreto hidráulico, disponible en : [https://www.ecorfan.org/republicofperu/research\\_journals/Revista\\_de\\_Ingenieria\\_Civil/vol1num2/Revista\\_de\\_Ingenier%C3%ADa\\_Civil\\_V1\\_N2\\_4\\_2.pdf](https://www.ecorfan.org/republicofperu/research_journals/Revista_de_Ingenieria_Civil/vol1num2/Revista_de_Ingenier%C3%ADa_Civil_V1_N2_4_2.pdf)

## ANEXO 1

Items	TEMA	AUTOR	FUENTE
1	Uso de triturado de ladrillo reciclado triturado de ladrillo reciclado como agregado grueso en la elaboración de concreto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perez Rojas Angela.</li> </ul>	<a href="https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5038429.pdf">https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5038429.pdf</a>
2	Residuos de construcción y demolición como agregado de concreto hidráulico nuevo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mendoza, Isabel y Chávez, Sandra</li> </ul>	<a href="https://www.ecorfan.org/repUBLICOFPERU/research_journals/Revista_de_Ingenieria_Civil/vol1num2/Revista_de_Ingenier%C3%ADa_Civil_V1_N2_4_2.pdf">https://www.ecorfan.org/repUBLICOFPERU/research_journals/Revista_de_Ingenieria_Civil/vol1num2/Revista_de_Ingenier%C3%ADa_Civil_V1_N2_4_2.pdf</a>
3	Estudio de la resistencia del concreto, utilizando como agregado el concreto reciclado de obra	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jordan Saldaña, José Carlos; Viera Caballero, Neiser</li> </ul>	<a href="http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2084">http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2084</a>
4	Uso de ladrillo de arcilla con exceso de cocción como agregado grueso en concretos hidráulicos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Herbert Abdiel Rosas Moreto</li> </ul>	<a href="https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3512/ICI_256.pdf?sequence=1">https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3512/ICI_256.pdf?sequence=1</a>
5	Agregados no convencionales para la preparación de concretos ecológicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>María Fernanda Serrano Guzmán, Diego Darío Pérez Ruíz</li> </ul>	<a href="http://www.redisa.net/doc/artSim2011/TratamientoYValorizacionDeResiduos/Agregados%20no%20convencionales%20para%20la%20preparaci%C3%B3n%20de%20concretos%20ecol%C3%B3gicos.pdf">http://www.redisa.net/doc/artSim2011/TratamientoYValorizacionDeResiduos/Agregados%20no%20convencionales%20para%20la%20preparaci%C3%B3n%20de%20concretos%20ecol%C3%B3gicos.pdf</a>