

**UNIVERSIDA LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE:  
INGENIERO CIVIL**

**TEMA:**

***“ANÁLISIS INVESTIGATIVO DEL USO  
DE AGREGADOS GRUESOS RECICLADOS  
PARA EL DISEÑO DE HORMIGONES SIMPLES”***

**AUTORES:**

**SOLEDISPA GUADAMUD IRVIN LEONEL  
VILLAFUERTE MERCHÁN VICKY JOHANNA**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**ING. YURI RODRÍGUEZ ANDRADE**

**AÑO LECTIVO:**

**2013-2014**

**MANTA – MANABÍ - ECUADOR**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer primeramente a Dios por darme la fuerza, coraje y espíritu de lucha para culminar mis estudios superiores con éxito.

Agradezco a mis padres, ya que con su apoyo y amor incondicional he podido cumplir todos mis objetivos a lo largo de mi vida.

A mis demás familiares y mis mejores amigos, ya que de una u otra manera siempre han estado apoyándome y nunca dejaron de creer en mí.

Gracias a mis catedráticos quienes me impartieron sus conocimientos durante todos mis estudios universitarios.

**Irvin Soledispa Guadamud**

## **AGRADECIMIENTO**

Hoy mis sueños se reafirman y mis desafíos inician gracias a aquellas maravillosas personas que en cada momento de mi vida me han apoyado, mi FAMILIA.

MI MAMÁ: Rosa Italia.

MI PAPÁ: Víctor Hugo.

MI MADRE DE CORAZÓN: Rosa Yesenia.

MIS HERMANAS: Blanca, Ana, Luisa, Fátima, Vanessa.

¡....GRACIAS infinitamente por su apoyo...!

¡....por ustedes soy lo que soy...!

Sin dejar de lado a quienes brindaron su ayuda desinteresada para este proyecto teórico – práctico sea una realidad: Irvin Soledispa, Diego Toledo, ingenieros profesores e ingenieros profesionales en general.

***Vicky Villafuerte Merchán***

## **DEDICATORIA**

Este trabajo va dedicado a todas las personas que puedo llamar FAMILIA; mis padres, hermanos, abuelos, tíos, primos y mis mejores amigos, a todos ellos que de una u otra manera han sido parte de mi vida y brindado cariño; a ustedes con amor.

***Irvin Soledispa Guadamud***

## **DEDICATORIA**

*“Nunca sabes lo fuerte que eres, hasta que ser fuerte es tu única opción”*

Con todo amor dedico mi trabajo indiscutiblemente a Dios,  
a mi familia y a ese pequeño ángel.....mi hija.

***Vicky Villafuerte Merchán***

## **CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS**

Ing. Yuri Rodríguez Andrade catedrático de la Facultad de Ingeniería – Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí en calidad de Director de Tesis:

CERTIFICO: Que los egresados de la Carrera de Ingeniería Civil **SOLEDISPA GUADAMUD IRVIN LEONEL, VILLAFUERTE MERCHÁN VICKY JOHANNA** han cumplido con el desarrollo de su tesis Titulada: “Análisis Investigativo del Uso de Agregados Gruesos Reciclados para el Diseño de Hormigones Simples”

La misma que ha sido desarrollada y concluida en su totalidad bajo mi dirección habiendo cumplido con todos los requisitos y reglamentos que, para este efecto se requiere.

---

**Ing. Yuri Rodríguez Andrade**

**Director de Tesis**

*“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en ésta tesis, corresponden exclusivamente a los autores, y el patrimonio intelectual de la tesis de grado corresponderá a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí”*

**Egdo. Irvin Soledispa Guadamud**

**Egda. Vicky Villafuerte Merchán**

## **RESUMEN**

El presente proyecto de tesis muestra un análisis investigativo del uso de hormigón reciclado, mediante la comparación de un hormigón elaborado de forma convencional y un hormigón en el que se sustituye el agregado natural por el material reciclable que se obtiene en las demoliciones de hormigones.

Ésta idea surge debido a la gran cantidad de desechos de construcción y/o demolición que se acumulan sin darles algún otro provecho a dicho material, así como también con la finalidad de crear e incentivar el concepto de una “construcción sustentable”.

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

**AN:** Agregado natural.

**AR:** Agregado reciclado.

**AGN:** Agregado grueso natural.

**AGR:** Agregado grueso reciclado.

**AFN:** Agregado fino natural.

**a/c:** razón agua/cemento.

**HC:** Hormigón convencional.

**HR:** Hormigón reciclado.

**f'c:** Resistencia a la compresión.

# ÍNDICE

Agradecimientos.....	II
Dedicatorias.....	IV
Resumen.....	IX
Índice de abreviaturas.....	X

## **CAPÍTULO 1 – INTRODUCCIÓN (ANTEPROYECTO)**

<b>1.1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. Justificación del tema</b>	
1.2.1. Antecedentes de la investigación.....	4
<b>1.3. Planteamiento del problema</b>	
1.3.1. Problema científico.....	6
<b>1.4. Objeto.....</b>	<b>6</b>
<b>1.5. Campo de investigación.....</b>	<b>6</b>
<b>1.6. Objetivos</b>	
1.6.1. Objetivo General.....	7
1.6.2. Objetivos Específicos.....	7
<b>1.7. Hipótesis.....</b>	<b>8</b>
<b>1.8. Variables</b>	
1.8.1. Variables independiente.....	8
1.8.2. Variables dependiente.....	8
<b>1.9. Metodología.....</b>	<b>9</b>
<b>1.10. Técnica y Recolección de Datos.....</b>	<b>10</b>
<b>1.11. Técnica y Procesamiento de Datos.....</b>	<b>11</b>

## **CAPÍTULO 2 – NORMAS Y RECOMENDACIONES**

### **2.1. NORMAS Y RECOMENDACIONES**

2.1.1. Introducción.....	13
2.1.2. Definiciones.....	13
2.1.3. Normas y Reglamentos a utilizar .....	14
2.1.3.1. Aspectos relativos.....	15
2.1.4. Análisis y discusión.....	16
2.1.4.1. Requerimiento para los agregados reciclados.....	16
2.1.4.2. Requerimientos para los hormigones reciclados.....	17

## **CAPÍTULO 3 – MARCO TEÓRICO**

### **3.1. Agregados reciclados**

3.1.1. Generación.....	21
3.1.2. Aspecto Visual.....	23
3.1.3. Distribución Granulométrica.....	24
3.1.4. Densidad.....	24
3.1.5. Absorción de Agua.....	25
3.1.6. Resistencia al desgaste con la máquina “Los Ángeles” .....	26
3.1.7. Porosidad.....	28
3.1.8. Contenido de mortero adherido a los agregados.....	28
3.1.9. Contenido de material fino.....	29
3.1.10. Contenido de cloruros y sulfatos.....	29

### **3.2. Hormigones reciclados**

3.2.1. Estado Fresco.....	30
3.2.1.1. Asentamiento.....	30

3.2.1.2. Peso por unidad de volúmenes.....	31.
3.2.1.3. Aire Natural incorporado.....	32
<b>3.2.2. Estado Endurecido</b>	
3.2.2.1. Resistencia a compresión.....	33
3.2.2.2. Módulo de rotura.....	34
3.2.2.3. Módulo de elasticidad estático.....	35

## **CAPÍTULO 4 – PROGRAMA EXPERIMENTAL**

<b>4.1. Análisis Granulométrico de Agregado Fino y Grueso.</b>	
4.1.1. Generalidades .....	37
4.1.2. Equipo a utilizar.....	37
4.1.3. Proceso de ensayo.....	37
4.1.4. Módulo de finura.....	38
4.1.5. Cálculos y resultados.....	38
<b>4.2. Contenido de Humedad</b>	
4.2.1. Generalidades.....	41
4.2.2. Equipo a utilizar .....	41
4.2.3 Proceso de ensayo.....	41
4.2.4. Cálculos y resultados.....	42
<b>4.3. Peso específico y absorción</b>	
4.3.1. De agregado fino.....	44
4.3.1.1. Equipo utilizado.....	45
4.3.1.2. Proceso de ensayo.....	45
4.3.1.3. Cálculos y resultados.....	46
4.3.2. De agregado grueso.....	48

4.3.2.1. Equipo utilizado.....	48
4.3.2.2. Proceso de ensayo.....	48
4.3.2.3. Cálculos y resultados.....	49
4.4. Peso volumétrico suelto y compactado.	
4.4.1. Generalidades .....	51
4.4.2. Equipo utilizado.....	51
4.4.3. Proceso específico de ensayo.....	51
4.4.4. Cálculos y resultados.....	52
4.5. Resistencia a la abrasión o desgastes de los agregados gruesos.	
4.5.1. Generalidades.....	54
4.5.2. Equipo utilizado.....	54
4.5.3. Proceso de ensayo.....	54
4.5.4. Cálculos y resultados.....	55
4.6. Límites de atterberg (consistencia)	
4.6.1. Límite líquido	
4.6.1.1. Generalidades.....	57
4.6.1.2. Equipo utilizado.....	57
4.6.1.3. Proceso del ensayo.....	57
4.6.2. Límite plástico	
4.6.2.1. Generalidades.....	58
4.6.2.2. Equipo a utilizar.....	58
4.6.2.3. Proceso de ensayo.....	59
4.6.2.4. Cálculos y resultados.....	60
4.7. Resistencia a la compresión	
4.7.1. Generalidades.....	62

4.7.2. Equipo a utilizar.....	62
4.7.3. Proceso de ensayo.....	62
4.7.4. Cálculos y resultados.....	63

## **CAPÍTULO 5 – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. Conclusiones en base a ensayos realizados.....	66
5.2. Recomendaciones.....	68

## **CAPÍTULO 6 – ANEXOS Y BIBLIOGRAFÍA.**

6.1. Anexos	
6.1.1. Encuesta.....	70
6.1.2. Diseño y Dosificaciones.....	78
6.1.3. Análisis de materiales.....	80
6.1.4. Análisis de costos.....	81
6.1.5. Anexos fotográficos.....	82
6.2. Bibliografía.....	87

## **CAPÍTULO 1**

# **INTRODUCCIÓN (ANTEPROYECTO)**

## 1.1. INTRODUCCIÓN

Desde la llegada de la revolución industrial y más tarde el avance tecnológico en materia de equipos, surgió la idea que todo lo viejo no servía y debía descartarse dando lugar a los nuevos materiales, hecho que trajo como consecuencia una acumulación de los materiales desechados que con el pasar del tiempo está provocando una grave y real contaminación ambiental.

En la actualidad los conceptos de ecología y medio ambiente están adquiriendo mayor importancia a nivel mundial, esto afecta directamente a la industria de la construcción porque el tipo de actividades que involucran a esta pueden tener consecuencias perjudiciales e incluso irreversibles sobre el medio ambiente, aparte de que cada día son más escasos los recursos naturales primarios a extraer.

Debido a que el hormigón es uno de los materiales de construcción más empleados en el mundo a lo largo de la historia, los volúmenes de desechos que genera esta industria son también extremadamente elevados.

Los desechos de construcción y demolición procesados mediante una simple trituración dan lugar a un material granular con una buena aptitud

para su empleo como material de relleno o para la construcción de bases y sub-bases de caminos. Pero sin lugar a dudas, el reciclado de los mismos para su uso como agregados en la producción de nuevos hormigones constituye una alternativa relevante y a la vez deseable tanto desde el punto de vista ecológico como económico.

Con el propósito de lograr vincular la tecnología del hormigón con el desarrollo sustentable, el American Concrete Institute (ACI) creó en el año 2000 un grupo de trabajo cuyo objetivo era fomentar el desarrollo y la aplicación de materiales sustentables, de manera que resulten ambientalmente amigables.

El presente proyecto, trabaja la posibilidad de usar materiales provenientes de desechos producidos en obras de demolición, remodelación y/o construcción (principalmente el hormigón), para emplearlos como agregados para formar un nuevo hormigón.

La finalidad es darle uso a dichos desechos, ya que esto ayudaría a mejorar el entorno ambiental que nos rodea.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA**

### **1.2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

En la antigüedad, la extracción de materiales naturales demandaba grandes esfuerzos por lo que el hombre aprovechaba al máximo los restos de materiales y estructuras temporarias originadas durante la ejecución de las estructuras principales, logrando de esta manera reducir la cantidad de dichos materiales los que de otro modo eran desechados.

La necesidad de estudiar las propiedades que presentarían los agregados reciclados obtenidos de la trituración de los desechos de construcción y demolición surgió en el período de post-Guerra, con el fin de darles alguna utilidad, por lo cual los primeros estudios sobre la temática han comenzado a desarrollarse en los países que hoy conforman la Comunidad Europea.

En los años '80, aparecen a nivel internacional variados trabajos de investigación que evalúan las características de los agregados gruesos reciclados (AGR) con miras de emplearlos como remplazo del agregado grueso natural en la elaboración de nuevos hormigones, evaluando asimismo las propiedades que presentaban dichos hormigones reciclados.

Hacia la década del '90, la temática comienza a relacionarse fuertemente con aquellas cuestiones netamente medio-ambientales, consiguiendo de este modo que la industria de la construcción siga contribuyendo al desarrollo sustentable.

El reciclado de materiales de desecho para la elaboración de nuevos productos y materiales ha alcanzado en las últimas décadas una gran importancia, y el campo de la Ingeniería Civil no se ha mantenido al margen de ésta situación, ya que diversos motivos tales como la escasez de recursos naturales, las necesidades crecientes de materia prima y fundamentalmente los problemas relacionados con el impacto ambiental que provocan los depósitos generados por los desechos de construcción y demolición, han llevado a la búsqueda de nuevas aplicaciones de estos materiales, resultando su uso como agregados una alternativa viable en la elaboración de nuevos hormigones.

### **1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Durante los procesos constructivos existe un sinnúmero de residuos de los materiales empleados, una muestra de ello son los agregados gruesos, que al ser reutilizados evitarían la contaminación y menos empleo de maquinaria para la obtención de los mismos.

#### **1.3.1. PROBLEMA CIENTÍFICO**

La necesidad de eliminar grandes cantidades de residuos obtenidos de procesos constructivos y/o demoliciones.

#### **1.4. OBJETO:**

Construcción Sustentable.

#### **1.5. CAMPO:**

Diseño de hormigones simples usando agregados reciclados.

## **1.6. OBJETIVOS**

### **1.6.1. Objetivo General:**

- Evaluar las propiedades físico-mecánicas y la durabilidad de los agregados gruesos reciclados para promover las construcciones sustentables.

### **1.6.2. Objetivos Específicos:**

- Estudiar y analizar las propiedades físicas - mecánicas y comportamiento de los agregados gruesos reciclados obtenidos del reciclaje del concreto.
- Analizar y fomentar el uso de agregados reciclados como una alternativa más económica.
- Difundir los resultados de los diseños de hormigones reciclados hacia la población involucrada en el área investigativa (ingenieros, arquitectos, estudiantes de carreras afines, etc.)
- Fortalecer e impulsar la práctica de construcciones sustentables como aporte a la denominada "cultura verde".

## **1.7. HIPÓTESIS**

Al utilizar agregados gruesos reciclados en lugar de agregados gruesos naturales se obtiene una mayor concienciación sobre la contaminación ambiental; y, una clara escatimación de costos.

## **1.8. VARIABLES**

### **1.8.1. Variable Independiente:**

Utilización de agregados gruesos reciclados en lugar de agregados gruesos naturales.

### **1.8.2. Variable Dependiente:**

Obtención de mayor concienciación sobre la contaminación y una escatimación de costos.

## **1.9. METODOLOGÍA**

El método utilizado para el desarrollo del tema: “ANÁLISIS INVESTIGATIVO DEL USODE AGREGADOS GRUESOS RECICLADOS PARA EL DISEÑO DE HORMIGONES” de acuerdo a sus características es el inductivo, conjuntamente con las investigaciones bibliográficas, de campo y experimental.

Este método intenta fundarse mediante estudio de los hechos particulares a afirmaciones de carácter general. Pudiendo con sus pasos de observación captar las características más notables; con la experimentación resaltar las características; mediante la abstracción y comparación establecer diferencias por medio de sus cualidades y por medio de la generalización determinar resultados en forma de conceptos.

## 1.10. TÉCNICA y RECOLECCIÓN DE DATOS

Como información experimental se utilizará aquellos datos obtenidos de los ensayos de laboratorio utilizando como base experimental hormigones reciclados de resistencia  $180\text{kg/cm}^2$  y  $210\text{kg/cm}^2$  en el caso de la presente investigación está formada por ensayos como:

- Granulometría.
- Densidad.
- Consistencia.
- Resistencia a la compresión.

Como fuentes de información secundarias tenemos:

- Libros.
- Tesis de Grado.
- Normas de calidad del CEC (Código Ecuatoriano de la Construcción).
- Normas ACI 318S-08.

## **1.11. TÉCNICA y PROCESAMIENTO DE DATOS**

Las diferentes propiedades físico-mecánicas de los agregados gruesos reciclados comparativamente con la de los agregados gruesos naturales, se realizará siguiendo los lineamientos indicados en las normas vigentes para los agregados gruesos naturales.

Los resultados obtenidos se procesaran y representaran por medio de tablas y gráficos.

Con las muestras de agregados reciclados que se estudiaron, se elaboraran hormigones de distintas razones agua/cemento utilizando dichos agregados como reemplazo del 100% en volumen de los agregados gruesos naturales, evaluando así las características de las mezclas recicladas en estado fresco y su comportamiento resistente en estado endurecido.

## **CAPÍTULO 2**

# **NORMAS Y RECOMENDACIONES**

## 2.1. NORMAS Y RECOMENDACIONES

### 2.1.1 . INTRODUCCION

El reciclado de materiales de desecho para la elaboración de nuevos productos y materiales ha alcanzado en las últimas décadas una gran importancia, y el campo de la Ingeniería Civil no se ha mantenido al margen de ésta situación, ya que diversos motivos tales como la escasez de recursos naturales, las necesidades crecientes de materia prima y fundamentalmente los problemas relacionados con el impacto ambiental que provocan los depósitos generados por los desechos de construcción y demolición, han llevado a la búsqueda de nuevas aplicaciones de estos materiales, resultando su uso como agregados una alternativa viable en la elaboración de nuevos hormigones.

### 2.1.2. DEFINICIONES

Con el objetivo de familiarizarse con los términos habitualmente empleados en la temática planteada, y para tener una mejor comprensión del tema, se incluyen algunas definiciones de interés:

*Agregado natural (AN):* material granular, grueso o fino, obtenido de la trituración de rocas naturales o de yacimientos a cielo abierto.

*Agregado reciclado (AR):* material granular, grueso o fino, obtenido de la trituración de hormigones de desecho.

*Hormigón convencional (HC):* aquel elaborado en su totalidad con agregados naturales.

*Hormigón reciclado (HR):* aquel en cuya elaboración se ha reemplazado el agregado natural, grueso y/o fino, por agregado reciclado en forma parcial o total.

### **2.1.3. NORMAS Y/O REGLAMENTOS A UTILIZAR**

Debe mencionarse que hasta el presente son pocos los países que cuentan con alguna legislación que permita la utilización de agregados reciclados provenientes de la trituración de hormigones de desecho, y más aún que tengan alguna recomendación o código que especifique las condiciones que al mismo debe cumplir cuando se emplea como reemplazo de los agregados naturales en la elaboración de nuevos hormigones.

A lo mencionado debe agregarse el hecho que los países que se enmarcan dentro de los comentarios mencionados en el párrafo anterior son Estados Unidos, Japón y otros pertenecientes a la Comunidad Europea, no existiendo en América Latina ninguna con dichas características.

Por tales motivos se han seleccionado un Código Alemán, una Recomendación editada por RILEM y un Proyecto de Recomendación para la utilización de hormigón reciclado en España. Estas son:

» German Committee for Reinforced Concrete (DafStb) – Code: Concrete with Recycled Aggregates [*Grübl and Rühl, 1998*]

» RILEM Recommendation: 121-DRG "Guidance for demolition and reuse of concrete and masonry. Specifications for concrete with recycled aggregates" [*RILEM Recommendation, 1994*]

» Proyecto de Recomendación para la utilización de Hormigones Reciclados (España) [*Anejo 19, 2006*]

### **2.1.3.1. Aspectos relativos al modo en que las recomendaciones tratan el tema**

El Código Alemán DafStb se encuentra dividido en dos secciones:

Hormigones: trata sobre las particularidades referidas a la producción y manejo del hormigón en el estado fresco.

Agregados: indica los requerimientos que deben cumplir los agregados reciclados obtenidos de hormigones de desecho, a los cuales se les exige que satisfagan aquellos mismos establecidos para los agregados naturales de densidad normal empleados en la elaboración de hormigones y ciertos requisitos adicionales.

La recomendación RILEM, por su parte, hace referencia a las propiedades y características que deben reunir los agregados reciclados, mayores a 4 mm, para lo cual hace una clasificación previa en función de la composición de los mismos según los contenidos de agregado natural, hormigón de desecho y material de mampostería que presenten. Asimismo, indica el campo de aplicación para el hormigón elaborado empleando cada una de dichas clases de agregados reciclados, en términos del tipo de exposición y la clase resistente, de acuerdo con el Eurocódigo 2 “Diseño de Estructuras de Hormigón”.

#### **2.1.4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN**

En este punto, se realiza un análisis de los requerimientos solicitados a los agregados reciclados, así como también a los hormigones elaborados con dichos agregados.

##### **2.1.4.1. Requerimientos para los agregados reciclados**

Con relación a las exigencias especificadas en la Recomendación RILEM, como ya se mencionó, están dadas en función de la clasificación que se realiza de los agregados reciclados, a los que denomina Tipo I, Tipo II y Tipo III según el contenido y tipo de material de desecho que contengan:

Tipo I: agregados originados en los escombros de mampostería.

Tipo II: agregados que se originan en los escombros de hormigón.

Tipo III: combinación de agregados naturales y reciclados.

#### **2.1.4.2. Requerimientos para los hormigones reciclados**

En lo que respecta a los requisitos que son exigidos a los hormigones elaborados con agregados reciclados, debe mencionarse que las recomendaciones seleccionadas fijan el porcentaje de material reciclado a emplear; así también, el nivel resistente del hormigón y el destino del mismo.

En los hormigones reciclados se deben tener en cuenta las mismas determinaciones que en los hormigones convencionales. Sin embargo, la capacidad de absorción de los agregados reciclados no puede ser subestimada. En tal sentido, indica que es necesario conocer la cantidad de humedad presente en los agregados reciclados como así también la capacidad de absorción de agua de los mismos. El conocimiento de ambos parámetros permitirá definir la “razón agua/cemento efectiva”.

Debido a la absorción de agua y al contenido de humedad natural del agregado reciclado, puede ocurrir un cambio importante en la consistencia del hormigón entre el tiempo de mezclado y llenado. La corrección del mismo por medio de la adición de agua en el lugar no es permitido. Por tal motivo, la recomendación hace hincapié en la dosis de aditivo superplastificante necesaria para compensar la pérdida de asentamiento.

Asimismo, especifica que, la mayor porosidad de los agregados reciclados hace que los hormigones con ellos elaborados sean más susceptibles a los

efectos del ambiente, por lo cual se deberán tomar medidas especiales cuando se mantengan las mismas dosificaciones que en los hormigones convencionales o cuando los porcentajes de agregado reciclado sean mayores.

Con relación a la exposición de los hormigones reciclados en ambientes con temperaturas inferiores a los 0 °C, en los cuales exista la posibilidad de daño por efecto de congelación y deshielo, esta recomendación indica que el agregado reciclado deberá cumplir con la especificación relativa a la estabilidad en solución de sulfato de sodio, y que para reemplazos superiores al 20 % deberán realizarse ensayos específicos.

Para exposiciones en ambientes donde el hormigón se encuentre expuesto al ataque por sulfatos o al agua de mar, el empleo de agregados reciclados queda limitado al conocimiento de la procedencia del hormigón y que el mismo haya sido elaborado con cementos resistentes a los sulfatos o al agua de mar respectivamente.

Cuando el hormigón va a estar expuesto a condiciones de erosión, la recomendación exige que los agregados reciclados a utilizar en la elaboración del mismo cumplan con el requisito de desgaste máximo en el ensayo “Los Ángeles” (30 %).

En el caso de exposición en ambientes húmedos, se recomienda la utilización de agregados provenientes de una única fuente controlada y realizar los ensayos de reactividad álcali-agregado correspondientes sobre el conjunto granular a emplear en la elaboración de dicho hormigón.

En el caso de emplear agregados de distintas fuentes o procedencias, se deberán adoptar las medidas indicadas en la Instrucción EHE para agregados potencialmente reactivos.

Otro de los problemas de durabilidad que afecta a los hormigones, y en especial al reciclado, es el de la corrosión de las armaduras embebidas en el mismo. En tal sentido, este proyecto de recomendación indica que cuando el empleo de los agregados reciclados es inferior al 20%, el comportamiento de los hormigones reciclados es similar al de los hormigones convencionales. Para porcentaje mayores la protección frente a la corrosión es inferior y se deberán realizar los ensayos correspondientes en cada caso.

## **CAPÍTULO 3**

# **MARCO TEÓRICO**

## **3. MARCO TEÓRICO**

### **3.1 AGREGADOS RECICLADOS**

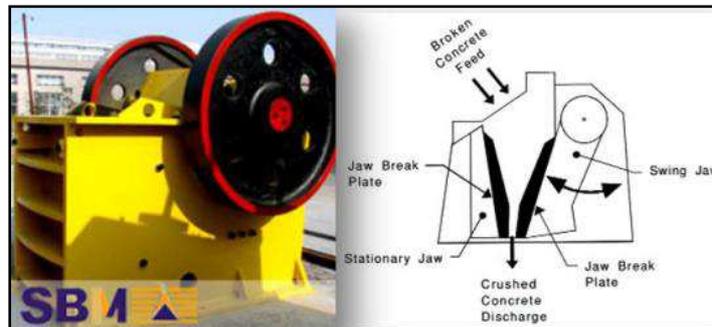
#### **3.1.1 Generación**

Los hormigones de desecho a partir de los cuales se obtienen los agregados reciclados (AR) pueden provenir de diversos orígenes, desde desperdicios de obras en construcción hasta de la demolición parcial o total de estructuras, ya sea que se originen en reconstrucciones como así también por catástrofes naturales.

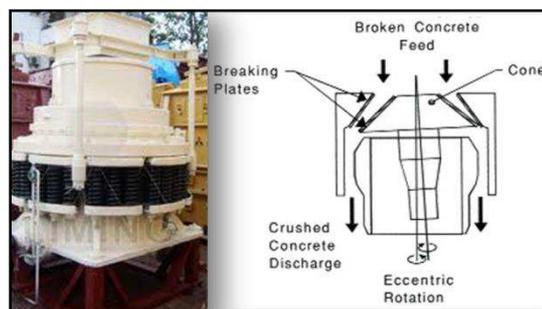
Existe una gran variedad de métodos y sistemas para la remoción del hormigón, desde diferentes tipos de herramientas de mano (neumática, hidráulica, eléctrica, a combustible) empleadas para trabajos menores, hasta equipos que van montados sobre vehículos (martillos de impacto neumático o hidráulico, bolas de demolición, cabezales cortadores rotativos, distintos tipos de sierras diamantadas, etc.) los cuales son utilizados para las principales tareas de demolición [ACI, 2002].

Cualquiera de estos métodos tiene por finalidad reducir el tamaño de los bloques de hormigón de manera de lograr un tamaño acorde con el medio de transporte disponible y/o con la abertura de boca y tipo de trituradora que se empleará para la obtención de los agregados reciclados.

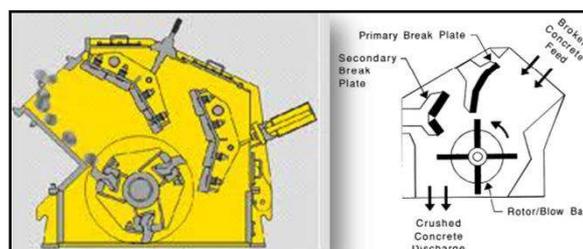
Dentro de los distintos tipos de trituradoras empleadas se pueden mencionar las de mandíbulas, de conos y de impacto.



**FIG 3.1. Trituradora de mandíbulas.**



**FIG 3.2 Trituradora de conos.**



**FIG. 3.3 Trituradora de Impacto.**

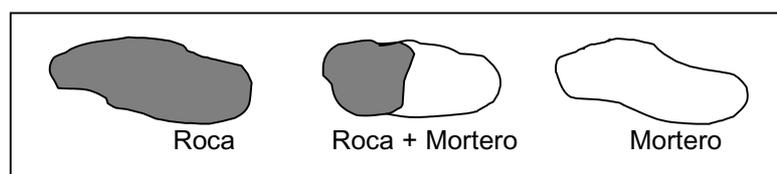
En la trituración de hormigones, se genera una gran variedad de tamaño de partículas las cuales pueden ser clasificadas en primera instancia en las fracciones gruesa y fina.

### 3.1.2. ASPECTO VISUAL

A simple vista, los AR presentan características diferentes a las de los agregados naturales. En el caso particular de los AR obtenidos de la trituración de hormigones de desecho, poseen una superficie más porosa debido al mortero y/o pasta de cemento proveniente del hormigón original que forma parte de los mismos.

Dicho mortero de cemento no siempre se encuentra adherido a las partículas de agregado natural, hecho que da lugar a la existencia de tres tipos diferentes de partículas que pueden formar parte de los AR. Así, los AGR podrán estar constituidos por partículas formadas enteramente de roca original, otras en las cuales el mortero se encuentra adherido a la roca o bien constituyendo partículas por sí solas. Estos tres tipos de partículas mencionadas se encuentran esquematizados en la Figura 3.1.

Las cantidades relativas de cada una de ellas en el total de los agregados dependerá fundamentalmente de la calidad del hormigón que se tritura como así también del tipo de trituradora empleada.



**Características de los agregados gruesos reciclados.**

**FIG 3.1.**

### 3.1.3 Distribución granulométrica

Algunas investigaciones realizadas por diferentes autores indican que la distribución granulométrica del agregado grueso reciclado es independiente del nivel resistente del hormigón a partir del cual son obtenidos [Hansen y Narud, 1983; Sri Ravindrarajah y Tam, 1985], y que los mismos pueden lograrse en una sola pasada por medio de una trituradora de mandíbulas. Asimismo, hacen referencia a que en la mayoría de los casos la granulometría del AGR se ubica dentro de los límites establecidos para los agregados gruesos naturales.

Este hecho puede observarse también en la Fig. 3.2, en la cual se compara el rango de granulometrías de agregados gruesos reciclados, con un tamaño máximo de 25 mm y obtenidos por medio de una trituradora de mandíbulas, con los límites granulométricos fijados por la ASTM C 33 para agregados gruesos naturales de igual tamaño máximo.

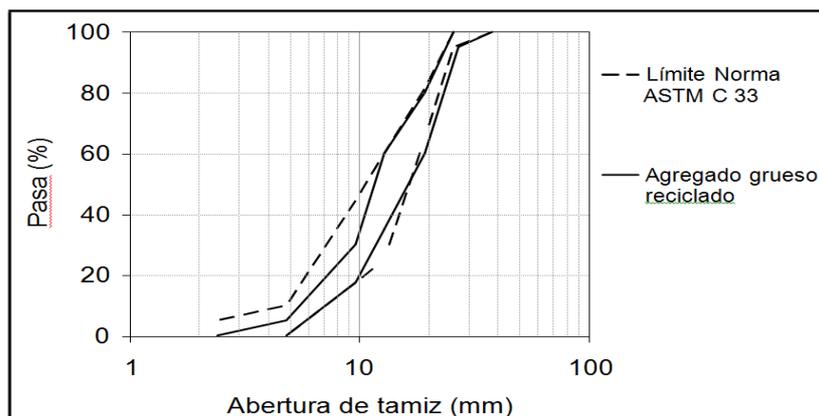


FIG: 3.2.  
Distribución  
Granulométrica  
del AGR

Otros autores han evaluado la influencia que tiene la edad del hormigón al momento de triturarlo sobre la granulometría del agregado reciclado, y observaron que los AGR obtenidos al triturar hormigones a edades comprendidas entre 1 y 28 días, con diferente resistencia y grado de hidratación, presentaban distribuciones granulométricas semejantes [Katz, 2003; Buttler, 2003] (Figura 3.6).

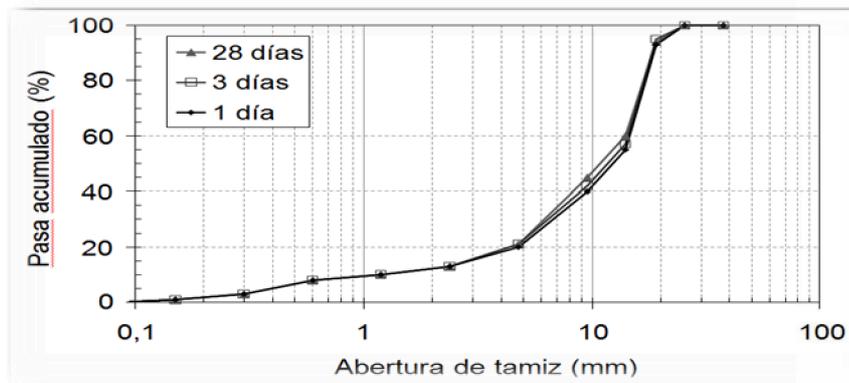


FIG: 3.6  
**GRANULOMETRÍA  
 DE LOS AGR  
 EN FUNCIÓN  
 DE LA EDAD  
 DE TRITURACIÓN**

En cuanto a la cantidad de agregado fino reciclado (AFR) (partículas de tamaño < 4.75 mm) que se genera al triturar los hormigones, algunos autores han encontrado que dicha cantidad era mayor a medida que la resistencia del hormigón que se trituraba disminuía [Sri Ravindrarajah y Tam, 1985], producto del menor contenido de cemento y mayor cuantía de arena que presentan los hormigones más pobres.

### 3.1.4. Densidad

La presencia de mortero como parte constituyente de los AGR

modifica su densidad con relación a la de los agregados naturales. En algunos estudios, los autores evaluaron la densidad de los agregados reciclados en función de la calidad del hormigón que se trituró para obtenerlos [*Hansen y Narud, 1983; Sri Ravindrarajah y Tam, 1985; Vázquez y Barra, 2002*].

### **3.1.5. Absorción de agua**

Diferentes estudios realizados a nivel internacional indican que agregados gruesos reciclados de distintos tipos arrojan valores de absorción de agua en 24 horas de entre 5 y 7 %, muy superiores a los del agregado grueso natural, que en general se encuentran debajo del 1%.

Debido a que la pasta de cemento constituye un sistema dispersivo estable, en el cual la fase acuosa se encuentra saturada de iones y los granos de cemento están cargados eléctricamente, la cantidad de agua que el agregado reciclado puede absorber depende de que el mismo se ponga en contacto directo sólo con el agua de mezclado, con la pasta o con el mortero del hormigón. Asimismo, dicha propiedad también dependerá de la condición inicial de humedad en que se halle el agregado y del tiempo en que el mismo permanece en contacto con el agua.

La alta porosidad del material reciclado, la tendencia a su disgregación y la gran cantidad de material fino que presente en los mismos, son consideradas

como las principales causas de distorsión que pueden ocurrir en la determinación de la tasa de absorción del agregado reciclado por medio de los métodos descritos en las normas vigentes para agregados naturales. Por tal motivo, *Leite et al (2000)* presentaron el desarrollo de un método alternativo para la determinación de la tasa de absorción de los agregados reciclados.

Por medio de este método han encontrado que la tasa de absorción del agregado grueso reciclado a 30 minutos de iniciado el ensayo es del 57 % de la correspondiente a 24 horas (4.95 %).

Asimismo, indican que cuanto menor es el tamaño máximo de la muestra a ensayar mayor será la tasa de absorción, obteniendo para el agregado fino reciclado una tasa de absorción a 30 minutos del 66% de la correspondiente a 24 horas (8.6 %).

### **3.1.6. Resistencia al desgaste con la máquina “Los Ángeles”**

En algunos estudios se analiza la pérdida de peso que experimentaron los AGR en el ensayo “Los Ángeles” cuando los mismos fueron obtenidos de la trituración de hormigones de distintas calidades (distinta razón a/c). En algunos estudios se encontró un aumento del porcentaje de desgaste a medida que la calidad del agregado reciclado disminuía (mayor razón a/c) [*Hansen y Narud, 1983*].

Puede concluirse que, al igual que en el caso de la absorción, en la determinación de éste parámetro también tiene una gran influencia tanto la calidad de la roca natural como la del mortero que forma parte de los agregados reciclados, presentando el ensayo de desgaste una gran variación entre diferentes muestras de AGR.

### **3.1.7. Porosidad**

Se observa una gran diferencia entre la porosidad del agregado natural y la del reciclado, lo cual es siempre atribuido al mortero de cemento que se encuentra presente en los agregados reciclados.

### **3.1.8. Contenido de mortero adherido a los agregados**

La presencia de mortero, como ya se dijo, es la causante de las mayores diferencias existentes entre las propiedades de los agregados reciclados y la de los naturales. En tal sentido, algunos autores han encontrado que el contenido de mortero presente en los agregados reciclados se incrementa a medida que el tamaño nominal del mismo disminuye [*Hansen y Narud, 1983; Limbachiya et al, 2000*].

Asimismo, indican que para una misma fracción de agregados reciclados obtenidos de hormigones de calidades diferentes, los porcentajes indicados no presentan diferencias significativas [*Hansen, 1986*].

Se podría pensar que al disminuir la calidad del hormigón que se tritura, la cantidad de mortero que se encuentre adherido a los agregados reciclados será mayor, aunque en realidad factores propios de las mezclas tales como el contenido unitario de cemento, la relación ag.grueso/ag.fino, tamaño máximo del agregado, etc., tendrán una influencia importante sobre la cantidad de mortero adherido que puede encontrarse en los agregados reciclados.

### **3.1.9. Contenido de material fino**

Si bien el contenido de finos presente en el agregado grueso reciclado es superior al del agregado natural, en la mayoría de los casos este valor ha estado por debajo del límite EHE del 1 % [*Sánchez de Juan y Alaejos Gutiérrez, 2003*].

Dicho comportamiento dependerá de la limpieza que tenga el material, pudiendo en algunos casos presentar cantidades de polvo semejantes al del agregado natural. *Hernández y Fornasier (2005)* hallaron que uno de los agregados reciclados presentaba un porcentaje de material fino similar al del agregado natural mientras que en el otro agregado dicho porcentaje era levemente superior.

### **3.1.10. Contenido de cloruros y sulfatos**

El contenido de cloruros, totales o solubles en agua, fue siempre inferior

a 0.005%, muy por debajo del límite de la EHE (0.05%). En cuanto a los sulfatos, los valores determinados en las muestras de agregados reciclados dieron valores de 0.42% (solubles en ácido) y 0.58% (compuestos totales de azufre) los cuales son inferiores a los límites de la EHE, 0.8% y 1.0% respectivamente [Sánchez de Juan y Alaejos Gutiérrez, 2003].

## **3.2. HORMIGONES RECICLADOS**

### **3.2.1. ESTADO FRESCO**

Debido a las diferencias existentes entre las propiedades de los agregados gruesos reciclados y la de los agregados gruesos naturales, fundamentalmente en lo referente a su mayor porosidad, las propiedades en estado fresco de los hormigones elaborados con dichos agregados reciclados podrán sufrir modificaciones con relación a las de los hormigones convencionales de similares características.

#### **3.2.1.1 Asentamiento**

La elevada porosidad, y por lo tanto, la mayor capacidad de absorción de agua que presentan los AGR hace que al momento de emplearlos para la elaboración de las mezclas puedan producirse modificaciones importantes en la trabajabilidad de las mismas, si dicha absorción de agua no es tenida en cuenta.

El bajo coeficiente de absorción efectivo de los agregados naturales hace

que prácticamente no se produzca ninguna variación en el contenido de agua de mezclado del hormigón. Esto no sucederá con los agregados reciclados ya que poseen un elevado coeficiente de absorción. La cantidad de agua que el agregado puede succionar, dependerá de que el mismo entre en contacto directo sólo con el agua de mezclado, con la pasta o con el mortero [Vázquez y Barra, 2002].

En algunos estudios, los AGR han sido empleados en las mismas condiciones de humedad en que se usan los agregados naturales, es decir, secos al aire, debiendo agregar un contenido de agua extra a las mezclas con ellos elaborados, del orden de 10 a 15 lts/m<sup>3</sup>, para obtener asentamientos semejantes a los de mezclas de similares características elaboradas con agregados naturales.

#### **3.2.1.2. Peso por unidad de volumen (PUV)**

La menor densidad que presentan los AGR, debido a la mayor porosidad del mortero de cemento presente en sus partículas, como ya se mencionó, hace que el peso por unidad de volumen (PUV) en estado fresco de las mezclas recicladas sea inferior al de las elaboradas con agregados naturales.

*Katz(2003)* observó que el peso por unidad de volumen de los hormigones reciclados se encontraba en torno a los 2150kg/m<sup>3</sup>,

independientemente de la edad de trituración del hormigón que dio origen a los agregados reciclados. Indicó además que dicho comportamiento se debía a la menor densidad que presentan los agregados reciclados, ayudado por un mayor contenido de aire naturalmente incorporado.

### **3.2.1.3 Aire naturalmente incorporado**

En algunos casos, han encontrado que el porcentaje de aire naturalmente incorporado durante la elaboración del hormigón no variaba de un hormigón convencional a uno reciclado [*Hansen y Narud, 1983*]. Otros autores en cambio concluyeron que dicho contenido de aire en los hormigones reciclados resulta superior al de los hormigones convencionales de similares características [*Di Maio et al, 2001; Hernández y Fornasier, 2005*], señalando incluso que la causa de por qué se produce dicho fenómeno no resulta del todo clara [*Katz, 2003*].

### **3.2.2. ESTADO ENDURECIDO**

La mayor rugosidad superficial que presentan los agregados reciclados con respecto a los naturales no sólo produce modificaciones de las mezclas en estado fresco, también puede influir sobre las propiedades en estado endurecido de los hormigones reciclados, debido a una potencial mejora de la zona de interface mortero-agregado, con una menor porosidad y por tanto una mayor calidad de la misma.

### 3.2.2.1. Resistencia a compresión

Para distintas calidades de agregados gruesos reciclados (H-alta, M-media, L-baja), la resistencia a compresión de los hormigones reciclados (cuando el AGR proviene de un hormigón de igual nivel resistente al elaborado con dicho agregado), resulta del mismo orden que la de los hormigones convencionales (Tabla 3.2.2.1), mientras que cuando la calidad del hormigón triturado es inferior a la del nuevo hormigón la resistencia disminuye, en mayor medida cuanto menor es la razón a/c de este último.

En tal sentido, *Hansen y Narud (1983)* indicaron que la resistencia a compresión del hormigón reciclado está muy controlada por la razón a/c del hormigón original que dio origen a los AGR, cuando los demás factores permanecen invariables. También informaron que se podrían elaborar hormigones reciclados de alta resistencia aunque el contenido de cemento se vería incrementado en comparación con un hormigón convencional.

**Tabla 2.6 – Resistencia a compresión de hormigones reciclados en función de la calidad del agregado grueso reciclado - [*Hansen y Narud, 1983*]**

Serie	Resistencia a compresión (MPa)											
	H	H/H	H/M	H/L	M	M/H	M/M	M/L	L	L/H	L/M	L/L
1	56.4	61.2	49.3	34.6	34.4	35.1	33.0	26.9	13.8	14.8	14.5	13.4
2	61.2	60.7	-	-	36.0	-	36.2	-	14.5	-	-	13.6

*Sri Ravindrarajah y Tam (1985)* por su parte, concluyeron que la resistencia de los hormigones reciclados resultó inferior a la de los hormigones

convencionales, lo cual fue atribuido a distintas causas:

- La porosidad total del hormigón reciclado es mayor que la del hormigón original;
- La resistencia del agregado grueso reciclado a las acciones mecánicas es significativamente menor que la del agregado granítico;
- La cantidad de áreas de unión frágiles en el hormigón reciclado es mayor que en el hormigón original.

Asimismo, y contrariamente a lo indicado en otras experiencias, informaron que la resistencia a compresión del hormigón reciclado está gobernada por la razón  $a/c$  del nuevo mortero y que la resistencia del hormigón a partir del cual se obtuvieron los agregados reciclados no tiene influencia.

Por otro lado, *Rasheeduzzafar (1984)* observó que para razones  $a/c < 0.45$ , la resistencia a compresión del hormigón reciclado era menor que la del hormigón convencional, en porcentajes de hasta un 30%; mientras que para razones  $a/c > 0.45$  la resistencia del hormigón reciclado era del mismo orden que la del hormigón de referencia.

Los estudios anteriormente mencionados fueron realizados empleando un 100% de AGR como reemplazo del AGN.

#### **3.2.2.2. Módulo de rotura**

El comportamiento del hormigón reciclado en flexión resulta similar al que

exhibe en tracción, presentando un menor módulo de rotura que el hormigón convencional. La variación de la razón a/c tiene más influencia sobre el ensayo de compresión que sobre éste ensayo y el comportamiento del hormigón reciclado frente a la variación de la razón a/c es comparable al de un hormigón convencional.

### **3.2.2.3. Módulo de elasticidad estático**

*Sri Ravindrarajah y Tam (1985)* encontraron que el módulo de elasticidad estático del hormigón reciclado ( $f'_c$ : entre 20 y 30 MPa) era aproximadamente un 85% del módulo del hormigón convencional (probeta cilíndrica) y del 70 % para probetas cúbicas.

*Katz (2003)* encontró que el módulo de elasticidad estático de los hormigones reciclados era menor a medida que la edad a la cual se había triturado el agregado reciclado era mayor. Los valores del módulo estático se encontraron entre el 50-63% del módulo correspondiente al hormigón convencional, debido a la utilización conjunta de las fracciones gruesa y fina reciclada.

## **CAPÍTULO 4**

# **ANÁLISIS Y ENSAYOS DE LOS MATERIALES EMPLEADOS**

## 4.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO FINO Y GRUESO.

### 4.1.1. GENERALIDADES:

Este método consiste en separar y clasificar por tamaños los granos que componen el material, a fin de determinar si cumple con las especificaciones.

### 4.1.2. Equipo utilizado:

- Balanza, con aproximación 0,1% de la masa de la muestra.
- Horno, a temperatura uniforme  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Tamices de la Serie Tyler.
- Bandeja.
- Máquina agitadora, para el tamizado (si es tamizado mecánico).

### 4.1.3. Proceso de Ensayo:

- a. Se seca la muestra. (anotamos el peso de la muestra seca)
- b. Armamos los tamices orden descendente de aberturas, y al final una bandeja para recoger para recoja el material fino.
- c. Colocar la muestra en el tamiz superior de la serie.
- d. Iniciar la tamización, puede realizarse manual o mecánicamente, durante el tiempo suficiente para que satisfaga el criterio de un tamizado correcto.

#### **4.1.4. Módulo de finura.**

Es un índice aproximado que nos describe en forma rápida la proporción de finos o de gruesos que tiene el material.

Se calcula sumando los porcentajes acumulados en las mallas Numero 4, 8, 16, 30, 50 y 100 inclusive y dividiendo el total entre cien.

Cuanto mayor sea el módulo de finura, más grueso es el agregado.

#### **4.1.5. Cálculos y Resultados:**

- Agregados gruesos naturales de la cantera “*URUZCA*”, y agregados gruesos reciclados producto de la demolición de viga y columnas construidas aproximadamente hace 20 años, que tenían una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>.
- Agregado fino (arena homogenizada) de la cantera “*HOLCIM*”-Chorrillo-Montecristi, agregado fino (arena de mar) de Montecristi sector del Estadio.

## AGN

### GRANULOMETRÍA

Nº DE TAMÍZ	PESO RETENIDO	PESO ACUMULADO	% RETENIDO	% ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES
1"	0	0	0	0	100	100
3/4"	1128	1128	13,85	13,85	86,15	84-100
1/2"	3984	5112	48,93	62,78	37,22	73-91
3/8"	1453	6564	17,85	80,63	19,37	62-81
Nº4	1420	7984	17,44	98,07	1,93	51-69
Nº10	62	8046	0,76	98,83	1,17	-
Nº16	6	8052	0,07	98,90	1,10	-
Nº30	6	8058	0,07	98,97	1,03	-
Nº50	8	8066	0,1	99,07	0,93	-
Nº100	41	8107	0,5	99,57	0,43	-
P 100	35	<b>8142</b>	0,43	100	0	-

---

<b>8142</b>
-------------

## AGR

### GRANULOMETRÍA

Nº DE TAMÍZ	PESO RETENIDO	PESO ACUMULADO	% RETENIDO	% ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES
1"	0	0	0	0	100	100
3/4"	438	438	6,47	6,47	93,53	84-100
1/2"	1899	2337	28,08	34,55	65,45	73-91
3/8"	1241	3578	18,35	52,90	47,10	62-81
Nº4	1454	5032	21,50	74,40	25,60	51-69
Nº10	1086	6118	16,06	90,46	9,54	-
Nº16	176	6294	2,60	93,06	6,94	-
Nº30	107	6401	1,58	94,64	5,36	-
Nº50	94	6495	1,39	96,03	3,97	-
Nº100	216	6711	3,19	99,22	0,78	-
P 100	52	<b>6763</b>	0,78	100	0	-

---

<b>6763</b>
-------------

## AFN (ARENA DE MAR)

### GRANULOMETRÍA

Nº DE TAMÍZ	PESO RETENIDO	PESO ACUMULADO	% RETENIDO	% ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES
Nº4	8	8	0,37	0,37	99,63	95-100
Nº10	11	19	0,51	0,88	99,12	80-100
Nº16	14	33	0,65	1,53	98,47	50-85
Nº30	23	56	1,06	2,59	97,41	25-60
Nº50	120	176	5,54	8,13	91,87	10-30
Nº100	1784	1960	82,36	90,49	9,51	2-10
P100	206	<b>2166</b>	9,51	100	0	-

**2166**

MF: 0.75

## AFN (ARENA HOMOGENIZADA)

### GRANULOMETRÍA

Nº DE TAMÍZ	PESO RETENIDO	PESO ACUMULADO	% RETENIDO	% ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES
Nº4	396	396	15,52	15,52	84,48	95-100
Nº10	827	1223	32,42	47,94	52,06	80-100
Nº16	370	1593	14,50	62,44	37,56	50-85
Nº30	268	1861	10,51	72,95	27,05	25-60
Nº50	206	2067	8,08	81,03	18,97	10-30
Nº100	349	2416	13,68	94,71	5,29	2-10
P100	135	<b>2551</b>	5,29	100	0	-

**2551**

MF: 3.24

## **4.2. CONTENIDO DE HUMEDAD.**

### **4.2.1. Generalidades.-**

Este método consiste en someter una muestra de agregado a un proceso de secado y comparar su masa antes y después del mismo para determinar su porcentaje de humedad total.

### **4.2.2. Equipo utilizado:**

- Recipiente, para introducir la muestra en el horno.
- Espátula, para permitir su revolvimiento durante el secado.
- Balanza de precisión, límite de error  $\pm 0,1\%$  del peso a determinar.
- Horno, a una temperatura de  $105 \pm 5^\circ\text{C}$ .

### **4.2.3. Proceso de ensayo.**

- a. Se pesa muestra colocada en un recipiente (debemos tener el peso del recipiente sin la muestra)
- c. Esparcir la muestra sobre el recipiente formando una capa aproximadamente uniforme.
- d. Secar en el horno hasta obtener peso constante y anotar este valor.

4.2.4. Cálculos y Resultados: – **CONTENIDO DE HUMEDAD**

**AGN**

Muestra No.			1	2	
Tara No.			79	41	
Peso en gramos	Tara + suelo húmedo	gr	70,95	85,60	
	Tara + suelo seco	gr	67,35	81,90	
	Tara	gr	6,30	6,40	
	Agua	gr	3,60	3,70	
	Suelo Seco	gr	61,05	75,50	
contenido de humedad			%	5,90	4,90

**Promedio de % de Humedad de AGN:**

ENSAYOS	MUESTRA 1	MUESTRA 2	<b>PROMEDIO</b>
% DE HUMEDAD	5,90	4,90	<b>5,40 %</b>

**AGR**

Muestra No.			1	2	
Tara No.			48	66	
Peso en gramos	Tara + suelo húmedo	gr	62,40	60,55	
	Tara + suelo seco	gr	59,40	57,60	
	Tara	gr	6,50	5,30	
	Agua	gr	3,00	2,95	
	Suelo Seco	gr	52,90	52,30	
contenido de humedad			%	5,67	5,64

**Promedio de % de Humedad de AGR:**

ENSAYOS	MUESTRA 1	MUESTRA 2	<b>PROMEDIO</b>
% DE HUMEDAD	5,67	5,64	<b>5,16 %</b>

## AFN (ARENA DE MAR)

Muestra No.			1	2	
Tara No.			38	83	
Peso en gramos	Tara + suelo húmedo	gr	73,45	59,10	
	Tara + suelo seco	gr	70,30	56,40	
	Tara	gr	6,80	5,00	
	Agua	gr	3,15	2,70	
	Suelo Seco	gr	63,50	51,40	
contenido de humedad			%	4,96	5,25

Promedio de % de Humedad de AFN (a. mar):

ENSAYOS	MUESTRA 1	MUESTRA 2	<b>PROMEDIO</b>
% DE HUMEDAD	4,96	5,25	<b>5,11 %</b>

## AFN (ARENA HOMOGENIZADA)

Muestra No.			1	2	
Tara No.			33	27	
Peso en gramos	Tara + suelo húmedo	gr	62,50	71,10	
	Tara + suelo seco	gr	56,50	64,60	
	Tara	gr	6,20	6,50	
	Agua	gr	6,00	6,50	
	Suelo Seco	gr	50,30	58,10	
contenido de humedad			%	11,93	11,19

Promedio de % de Humedad de AFN (a. homogenizada):

ENSAYOS	MUESTRA 1	MUESTRA 2	<b>PROMEDIO</b>
% DE HUMEDAD	11,93	11,19	<b>11,56 %</b>

## 4.3. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN.

### 4.3.1. DE AGREGADO FINO.

- **Gravedad Específica.-** La gravedad está definida como el peso unitario del material dividido por el peso unitario del agua destilada a 4°C.
  
- **Gravedad Específica Aparente.-** Relación entre la densidad de una sustancia y la de otra, tomada como patrón. Generalmente para sólidos y líquidos se emplea agua destilada; y, para gases, el aire o el hidrógeno.
  
- **Gravedad Específica de masa.-** Relación del peso en el aire de un volumen de la unidad de agregado (*incluso los vacíos permeables e impermeables en las partículas, pero no incluyen el vacío entre las partículas*) a temperatura declarada al peso en el aire de un volumen igual de agua destilada libre de gas a temperatura declarada.
  
- **Absorción.-** El incremento de peso del agregado debido al agua en los poros del material, no incluye el agua que adquiere la superficie externa de las partículas. Se expresa como un porcentaje de peso seco.

#### **4.3.1.1. Equipo utilizado:**

- Matraz, de 1000ml.
- Balanza de precisión, límite de error  $\pm 0,1\%$  del peso a determinar.
- Horno, para secado  $105\pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Recipiente metálico.

#### **4.3.1.2. Proceso de ensayo.**

- a. Introducir la muestra (200-500gr) en la probeta determinando su peso previamente.
- b. Llenar de agua el matraz hasta cerca del 90% de su capacidad, de ser posible a una temperatura de cerca de  $20^{\circ}\text{C}$ , y se agita a fin de liberar el aire contenido por la arena.
- c. Colocar el matraz o probeta en un baño a temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$ .
- d. Observando que no exista burbujas de aire, completar el contenido de agua hasta la marca de  $500\text{cm}^3$ , y se determinará el peso del conjunto (matraz, arena, agua).
- e. Se vierte el contenido del matraz para evitar la pérdida de las partículas.
- f. Dejar asentar las partículas sobre el recipiente metálico, y se despoja el agua del recipiente, luego colocar en el horno a  $105\pm 5^{\circ}\text{C}$  hasta conseguir el peso constante el mismo que se anota.

### 4.3.1.3. CÁLCULOS Y RESULTADOS:

#### GRAVEDAD ESPECÍFICA Y % DE ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO (Arena Homogenizada)

N° DE ENSAYO		1	P R O M E D I O	
N° DE PICNÓMETRO CALIBRADO		1		
MASA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (D)	gr	250,00		
MASA DEL PICNÓMETRO + MUESTRA + AGUA (C)	gr	487,40		
TEMPERATURA (T)	°C	28,30		
MASA DEL PICNÓMETRO + AGUA A TEMPERATURA (B)	gr	339,60		
N° DE RECIPIENTE		A		
MASA DE LA MUESTRA SECA + RECIPIENTE	gr	270,40		
MASA DEL RECIPIENTE	gr	42,10		
MASA MUESTRA SECA (A)	gr	228,30		
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (K)		0,998		
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE VOLÚMEN	S <sub>d</sub>	2,229		<b>2,229</b>
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE VOLÚMEN (SSS)	S <sub>s</sub>	2,441		<b>2,441</b>
GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE	S <sub>a</sub>	2,830		<b>2,830</b>
ABSORCIÓN	A%	9,51 %	<b>9,51</b>	

#### FÓRMULAS

$$S_d = \frac{A}{B-C} \times K$$

$$S_s = \frac{B}{B-C} \times K$$

$$S_a = \frac{A}{A-C} \times K$$

$$A\% = \frac{B-A}{A} \times 100$$

## GRAVEDAD ESPECÍFICA Y % DE ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO (Arena de Mar)

<b>N° DE ENSAYO</b>		<b>1</b>	
N° DE PICNÓMETRO CALIBRADO		1	<b>P</b>
MASA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (D)	gr	300,00	<b>R</b>
MASA DEL PICNÓMETRO + MUESTRA + AGUA (C)	gr	537,40	<b>O</b>
TEMPERATURA (T)	°C	28,30	<b>M</b>
MASA DEL PICNÓMETRO + AGUA A TEMPERATURA (B)	gr	418,60	<b>E</b>
N° DE RECIPIENTE		B	<b>D</b>
MASA DE LA MUESTRA SECA + RECIPIENTE	gr	367,90	<b>I</b>
MASA DEL RECIPIENTE	gr	80,98	<b>O</b>
MASA MUESTRA SECA (A)	gr	286,92	
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (K)		0,998	
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA DE VOLÚMEN</b>	<b>S<sub>d</sub></b>	1,580	<b>1,580</b>
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA DE VOLÚMEN (SSS)</b>	<b>S<sub>s</sub></b>	1,652	<b>1,652</b>
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE</b>	<b>S<sub>a</sub></b>	1,703	<b>1,703</b>
<b>ABSORCIÓN</b>	<b>A%</b>	4,56%	<b>4,56%</b>

### FÓRMULAS

$$S_d = \frac{A}{B-C} \times K$$

$$S_s = \frac{B}{B-C} \times K$$

$$S_a = \frac{A}{A-C} \times K$$

$$A\% = \frac{B-A}{A} \times 100$$

#### **4.3.2. DE AGREGADO GRUESO.**

##### **4.3.2.1. Equipo:**

- Balanza hidrostática, capacidad de 5kg.
- Canasta de alambre, de dimensiones: h=de 20cm; d=20cm; malla No.8.; y, Capacidad de 4000 a 7000 cm<sup>3</sup>.
- Recipiente cilíndrico, para sumergir la canasta.
- Dispositivo, para colgar la balanza.

##### **4.3.2.2. Proceso de Ensayo.**

- a. Lavar previamente la muestra para eliminar el polvo e impurezas.
- b. Dejar la muestra en el horno durante 24 horas.
- c. Sacar la muestra y sumergir en un recipiente con agua por 24 horas.
- d. Sacar la muestra del agua y dejar rodar las partículas del agregado sobre un paño absorbente, hasta que el agua superficial desaparezca.
- e. Determinar el peso de la muestra en condiciones de saturación con superficie seca (S.S.S.).
- f. Se obtiene el peso de la canastilla en el aire (vacía) utilizando el dispositivo para colgar.
- g. Colocar la muestra en la canastilla y pesar.
- h. Sumergir totalmente la muestra en agua.
- i. Determinar el peso de la muestra sumergida.
- j. Secar en el horno hasta que se obtenga un peso constante y anotamos dicho peso.

### 4.3.2.3. CÁLCULOS Y RESULTADOS

#### GRAVEDAD ESPECÍFICA Y % DE ABSORCIÓN DE (Agregado Grueso Natural)

<b>N° DE ENSAYO</b>		<b>1</b>	<b>P R O M E D I O</b>	
N° DE RECIPIENTE		1		
MASA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (B)	gr	5172,00		
MASA EN AGUA DEL AGREGADO SATURADO (C)	gr	3192,00		
TEMPERATURA (T)	°C	20,00		
N° DE RECIPIENTE		C		
MASA DE LA MUESTRA SECA + RECIPIENTE	gr	5383,70		
MASA DEL RECIPIENTE	gr	446,00		
MASA MUESTRA SECA (A)	gr	4937,70		
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (K)		1		
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA DE VOLÚMEN</b>	<b>S<sub>d</sub></b>	2,494		2,494
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA DE VOLÚMEN (SSS)</b>	<b>S<sub>s</sub></b>	2,612		2,612
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE</b>	<b>S<sub>a</sub></b>	2,828		2,828
<b>ABSORCIÓN</b>	<b>A%</b>	4,75 %		4,75 %

#### FÓRMULAS

$$S_d = \frac{A}{B-C} \times K$$

$$S_s = \frac{B}{B-C} \times K$$

$$S_a = \frac{A}{A-C} \times K$$

$$A\% = \frac{B-A}{A} \times 100$$

**GRAVEDAD ESPECÍFICA Y % DE ABSORCIÓN DE  
(Agregado Grueso Reciclado)**

<b>N° DE ENSAYO</b>		<b>1</b>	
N° DE RECIPIENTE		1	<b>P</b>
MASA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (B)	gr	6580,00	<b>R</b>
MASA EN AGUA DEL AGREGADO SATURADO (C)	gr	3098,00	<b>O</b>
TEMPERATURA (T)	°C	20,00	<b>M</b>
N° DE RECIPIENTE		E	<b>E</b>
MASA DE LA MUESTRA SECA + RECIPIENTE	gr	6129,00	<b>D</b>
MASA DEL RECIPIENTE	gr	375,00	<b>I</b>
MASA MUESTRA SECA (A)	gr	5754,00	<b>O</b>
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (K)		1	
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA DE VOLÚMEN</b>	<b>S<sub>d</sub></b>	1,652	1,652
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA DE VOLÚMEN (SSS)</b>	<b>S<sub>s</sub></b>	1,890	1,890
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE</b>	<b>S<sub>a</sub></b>	2,166	2,166
<b>ABSORCIÓN</b>	<b>A%</b>	14,36 %	14,36 %

**FÓRMULAS**

$$S_d = \frac{A}{B-C} \times K$$

$$S_s = \frac{B}{B-C} \times K$$

$$S_a = \frac{A}{A-C} \times K$$

$$A\% = \frac{B-A}{A} \times 100$$

## **4.4. PESOS VOLUMÉTRICO SUELTO Y COMPACTADO**

### **4.4.1. GENERALIDADES:**

Es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado, es decir la masa neta del agregado en el recipiente, dividida entre su volumen, representará el peso unitario para uno u otro grado de compactación, expresado en kg/m<sup>3</sup>.

### **4.4.2. Equipo:**

- Balanza con capacidad de 20kg. (Sensibilidad a 1gr).
- Varilla esférica de diámetro=1,6cm, y 60 cm de largo.
- Recipiente de acero cilíndrico torneado (d=16cm y h= 23).

### **4.4.3 Proceso Específico de Ensayo.**

- a. Asentar el recipiente de manera que no pueda oscilar.
- b. Colocar en el recipiente el material formando capas hasta llenar 1/3.
- d. Uniformizar manualmente la superficie del material.
- e. Compactar mediante aplicación de 25 golpes distribuidos en forma uniforme evitando que este golpee en el fondo del recipiente.
- h. Seguir los pasos anteriores a los 2/3 y a los 3/3.
- i. Enrasar el agregado con la varilla y pesar el recipiente más el agregado.

#### 4.4.4. CÁLCULOS Y RESULTADOS

##### PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO (Arena de Mar)

		PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO	UNIDAD	PESO VOLUMÉTRICO SUELTO	UNIDAD
<b>A=</b>	Volumen del recipiente	0,003	m <sup>3</sup>	0,003	m <sup>3</sup>
<b>B=</b>	Peso recipiente	1,640	kg	1,640	kg
<b>C=</b>	Peso ensayo 1	5,478	kg	5,255	kg
<b>D=</b>	Peso ensayo 2	4,987	kg	4,650	kg
<b>E=</b>	Peso ensayo 3	5.320	kg	5,098	kg
<b>P=(C+D+E)/3=</b>	Promedio de pesos	5,262	kg	5,001	kg
<b>Pm = P - B=</b>	Peso neto del material	3,622	kg	3,361	kg
<b>Pu = Pm/a=</b>	Peso Unitario	<b>1207,22</b>	kg/m <sup>3</sup>	<b>1120,33</b>	kg/m <sup>3</sup>
<b>Pu/1000</b>	Peso Unitario	1,21	Tn/m <sup>3</sup>	1,12	Tn/m <sup>3</sup>

% de aumento en agregado compactado **7,2%**

##### PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO (Arena Homogenizada)

		PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO	UNIDAD	PESO VOLUMÉTRICO SUELTO	UNIDAD
<b>A=</b>	Volumen del recipiente	0,003	m <sup>3</sup>	0,003	m <sup>3</sup>
<b>B=</b>	Peso recipiente	1,640	kg	1,640	kg
<b>C=</b>	Peso ensayo 1	5,551	kg	5,159	kg
<b>D=</b>	Peso ensayo 2	5,690	kg	5,145	kg
<b>E=</b>	Peso ensayo 3	5,673	kg	5,149	kg
<b>P=(C+D+E)/3=</b>	Promedio de pesos	5,638	kg	5,151	kg
<b>Pm = P - B=</b>	Peso neto del material	3,998	kg	3,511	kg
<b>Pu = Pm/a=</b>	Peso Unitario	<b>1332,67</b>	kg/m <sup>3</sup>	<b>1170,133</b>	kg/m <sup>3</sup>
<b>Pu/1000</b>	Peso Unitario	1,33	Tn/m <sup>3</sup>	1,17	Tn/m <sup>3</sup>

% de aumento en agregado compactado **12,2%**

### PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO (Natural)

		PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO	UNIDAD	PESO VOLUMÉTRICO SUELTO	UNIDAD
<b>A=</b>	Volumen del recipiente	0,003	m <sup>3</sup>	0,003	m <sup>3</sup>
<b>B=</b>	Peso recipiente	1,640	kg	1,640	kg
<b>C=</b>	Peso ensayo 1	5,769	kg	5,470	kg
<b>D=</b>	Peso ensayo 2	5,788	kg	5,438	kg
<b>E=</b>	Peso ensayo 3	5,774	kg	5,434	kg
<b>P=(C+D+E)/3=</b>	Promedio de pesos	5,777	kg	5,477	kg
<b>Pm = P - B=</b>	Peso neto del material	4,137	kg	3,807	kg
<b>Pu = Pm/a=</b>	Peso Unitario	<b>1379,00</b>	kg/m <sup>3</sup>	<b>1269,11</b>	kg/m <sup>3</sup>
<b>Pu/1000</b>	Peso Unitario	1,38	Tn/m <sup>3</sup>	1,27	Tn/m <sup>3</sup>

% de aumento en agregado compactado **8,00%**

### PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO (Reciclado)

		PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO	UNIDAD	PESO VOLUMÉTRICO SUELTO	UNIDAD
<b>A=</b>	Volumen del recipiente	0,003	m <sup>3</sup>	0,003	m <sup>3</sup>
<b>B=</b>	Peso recipiente	1,640	kg	1,640	kg
<b>C=</b>	Peso ensayo 1	5,537	kg	5,020	kg
<b>D=</b>	Peso ensayo 2	5,897	kg	5,369	kg
<b>E=</b>	Peso ensayo 3	5,244	kg	4,952	kg
<b>P=(C+D+E)/3=</b>	Promedio de pesos	5,559	kg	5,114	kg
<b>Pm = P - B=</b>	Peso neto del material	3,919	kg	3,474	kg
<b>Pu = Pm/a=</b>	Peso Unitario	1306,44	kg/m <sup>3</sup>	1157,89	kg/m <sup>3</sup>
<b>Pu/1000</b>	Peso Unitario	1,33	Tn/m <sup>3</sup>	1,17	Tn/m <sup>3</sup>

% de aumento en agregado compactado **11,4%**

## **4.5. RESISTENCIA A LA ABRASIÓN O DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS.**

### **4.5.1. Generalidades.-**

Determina la resistencia y durabilidad que tendrá el concreto.

El resultado del ensayo (% desgaste) recibe el nombre de coeficiente de desgaste de Los Ángeles.

### **4.5.2. Equipo utilizado:**

- a) Máquina de Los Ángeles, (l=500mm; d=700mm).
- b) Carga abrasiva, con esferas de acero (d = 47,6mm; p= 390 a 445 g. c/u.)
- c) Juego de tamices, según especificación.
- d) Balanza, con sensibilidad 0,1% de peso analizado.
- e) Horno para secado, 105 ± 5°C.
- f) Bandeja metálica.

### **4.5.3. Proceso de ensayo:**

Para determinar la dureza se utiliza un método indirecto, cuyo procedimiento se encuentra descrito en la norma ASTM C 131.

- a) Introducir la muestra en el horno para secado.
- c) Tamizamos la muestra a través de los tamices correspondientes (1/2 y 3/4), pesamos el retenido en cada tamiz y encontramos el tipo de ensayo según la siguiente tabla:

TAMIZ		GRADO			
		A	B	C	D
PASA	RETIENE	MASA DE AGREGADOS g.			
1 1/2"	1"	1250 ± 25			
1"	3/4"	1250 ± 25			
3/4"	1/2"	1250 ± 10	1250 ± 10		
1/2"	3/8"	1250 ± 10	1250 ± 10		
3/8"	1/4"			1250 ± 10	
1/4"	N° 4			1250 ± 10	
N° 4	N° 8				5000 ± 10
MASA TOTAL gr.		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10
N° ESFERAS		12	11	8	6
MASA DE ESFERAS gr.		5000 ± 25	4584 ± 20	3320 ± 15	2500 ± 10

d) Colocar la muestra de prueba y las esferas abrasivas en la máquina.

e) Colocar la tapa y poner en marcha la máquina, haciéndola girar a 30 – 33 rpm hasta 500 rotaciones para material de composición granulométrica A, B, C y 1000 con los demás.

f) Se retira la carga y se tamiza la muestra por el tamiz No.12.

#### 4.5.4. CÁLCULOS Y RESULTADOS:

##### AGN

<u>GRADUACIÓN</u>	<u>B</u>
PESO INICIAL DE LA MUESTRA	5000
RETENIDO EN EL TAMIZ N°12 DESPUÉS DE 500 REVOLUCIONES (gr)	3188
PÉRDIDA DESPUÉS DE 500 REVOLUCIONES (gr)	1812
% PÉRDIDA DESPUÉS DE 500 REVOLUCIONES (gr)	36,24

➤ Datos: P1= 5000 P2= 3188

$$\% \text{ desgaste} = \frac{5000 - 3188}{5000} \times 100 = 36,24\%$$



## 4.6. LÍMITES DE ATTERBERG (CONSISTENCIA).

### 4.6.1. LÍMITE LÍQUIDO

**4.6.1.1. Generalidades.-** Es el contenido de agua que posee el suelo y se lo determina cuando el suelo pasa del estado plástico al estado líquido.

#### **4.6.1.2. Equipo:**

- a) Plato de evaporación, de un diámetro aproximado de 120 mm.
- b) Espátula, con una hoja flexible de: l=75mm y a=20mm.
- c) Taza de bronce (casagrande) con una masa de  $200 \pm 20$ (g) montada en un dispositivo de apoyo fijado a una base de plástico.
- d) Acanalador:
- e) Recipientes, para las muestras de contenido de humedad.
- f) Balanza, con una precisión de 0.01 (g).
- g) Probeta, con una capacidad de 25 ml.
- h) Horno, para secado  $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

#### **4.6.1.3. Proceso del ensayo:**

1. Colocar en un recipiente el material que pasa el tamiz N° 40 (0.425mm)
2. Agregar de 15 a 20 ml de agua destilada revolviendo, amasando y cortando con la espátula a fin de homogenizar la muestra. Se efectuará incrementos de agua de 1 a 3 ml.

3. Colocar la muestra en un recipiente que impida la evaporación hasta que se sature la muestra por un tiempo mínimo de 16 horas.
4. Colocar una cantidad de la muestra en la cuchara de Casagrande, comprimiéndola hacia abajo.
5. Extenderla con la espátula del centro hacia los extremos, hasta que la altura de la muestra en el punto más bajo sea de 10mm.
6. Con una firme pasada del ranurador, hacer una abertura en la parte central de la muestra.
7. Accionar el equipo para alzar y dejar caer la cuchara hasta lograr que las dos mitades se unan. (se registra el número de golpes que se dio para que se unan las mitades).
8. Se toma una rodaja de la muestra y se la coloca en un recipiente para su posterior secado en el horno.
9. Retirar la muestra de la cuchara y colocarla en el plato de mezclado.
10. Se repite estos pasos por lo menos 2 veces.

#### **4.6.2. LÍMITE PLÁSTICO**

**4.6.2.1. Generalidades.-** El límite plástico de un suelo es el contenido de agua que este contiene para que pase de un estado semisólido a sólido.

#### **4.6.2.2. Equipo:**

- a) Plato de porcelana, de un diámetro aproximado de 120 mm.
- b) Espátula, con una hoja flexible de: l=75mm y a=20mm.

- c) Superficie de rodadura, (placa de vidrio esmerilado).
- d) Recipientes, resistentes a la corrosión.
- e) Balanza, con una precisión de 0.01 (g).
- f) Horno, para secado  $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

#### **4.6.2.3. Proceso del ensayo:**

1. Tomar una porción de 1.5 a 2.0 gr de la masa de suelo y formar una masa elipsoidal.
2. Ruede la masa del suelo entre la palma de la mano y la placa de vidrio hasta obtener un hilo de diámetro uniforme (aprox. 3 mm)
3. Cuando este hilo no se ha desmoronado, romperlo en 6 u 8 pedazos para formar una nueva masa elipsoidal y nuevamente enrolle. Repetir el proceso cuantas veces sea necesario hasta que se desmorone por sí solo al momento de alcanzar dicho diámetro.
4. Luego estos rollitos se colocan en dos recipientes y se pesan en una balanza, y se meten a al horno, por un intervalo de 24 horas.
5. Después de pasadas las 24 horas se retiran las dos muestras y se pesan, para así determinar, con las diferencias de peso, el contenido de humedad.
6. Se tomaron dos muestras, para que con el promedio de los dos contenidos de humedad, determinar el límite plástico de la muestra.

#### 4.6.3. CÁLCULOS Y RESULTADOS: (límite de atterberg)

##### ARENA DE MAR

<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>			
<b>MUESTRA</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>GOLPES</b>	<b>28</b>	<b>20</b>	<b>9</b>
Peso de la muestra húmeda más tara (gr)	36.93	40.65	40.90
Peso de la muestra seca más tara (gr)	34.60	38.82	37.59
Peso de la tara (gr)	6.2	6.7	6.75
Peso de la muestra seca (gr)	28.40	31.80	30.84
Peso perdido (gr)	2.33	2.15	3.31
% de humedad	8.20	6.76	10.73
<u>% de humedad promedio</u>		<b>8.57</b>	

$$LL = \%W * (N/25)^{0.121}$$

$$LL = 8.57 * (19/25)^{0.121}$$

$$LL = 8.57 * 0.967$$

$$LL = \mathbf{8.29}$$

<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>		
<b>MUESTRA</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Peso de la muestra húmeda más tara (gr)	14.52	14.21
Peso de la muestra seca más tara (gr)	14.00	13.55
Peso de la tara (gr)	6.2	6.7
Peso de la muestra seca (gr)	7.80	6.85
Peso perdido (gr)	0.52	0.66
% de humedad	6.67	9.64
% de humedad promedio		<b>8.15</b>

**ÍNDICE PLÁSTICO= 0.42**

## ARENA HOMOGENIZADA

<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>			
<b>MUESTRA</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>GOLPES</b>	<b>30</b>	<b>21</b>	<b>10</b>
Peso de la muestra húmeda más tara (gr)	31.50	35.24	33.45
Peso de la muestra seca más tara (gr)	26.33	29.69	25.12
Peso de la tara (gr)	6.52	6.39	5.64
Peso de la muestra seca (gr)	19.81	23.30	19.48
Peso perdido (gr)	5.17	5.55	8.33
% de humedad	26.10	23.82	42.76
% de humedad promedio	<b>30.89 %</b>		

LL=	<b><math>%W \cdot (N/25)^{0.121}</math></b>
LL=	$30.89 \cdot (20.33/25)^{0.121}$
LL=	$30.89 \cdot 0.9753$
LL=	<b>30.13</b>

<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>		
<b>MUESTRA</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Peso de la muestra húmeda más tara (gr)	12.75	13.22
Peso de la muestra seca más tara (gr)	11.92	12.10
Peso de la tara (gr)	6.80	6.20
Peso de la muestra seca (gr)	5.12	5.9
Peso perdido (gr)	0.93	1.12
% de humedad	18.16	18.98
% de humedad promedio	<b>18.57 %</b>	

<b>ÍNDICE PLÁSTICO=</b>	<b>12.32</b>
-------------------------	--------------

## **4.7. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

### **4.7.1. Generalidades**

El concreto como material para la construcción presenta una alta resistencia a la compresión pero con baja resistencia a la tensión, es por esto que con este ensayo se busca determinar:

¿Qué tan resistente es un concreto cuando este es sometido a una fuerza axial y los esfuerzos y deformaciones que se generan a base de la acción de esta fuerza?

### **4.7.2. Equipo a utilizar**

- Molde cilíndrico (d=15cm; y, l=30cm).
- Varilla de apisonado (lisa con punta redondeada) (d=16mm; y, l=600mm).
- Martillo de hule.
- Maquina universal para aplicar carga.
- Dial de carga.

### **4.7.3. Proceso de Ensayo**

1. Los moldes, previamente nivelados, deben tener las paredes aceitadas.
2. Los cilindros se llenan con hormigón en 3 capas iguales (3 capas si es con varilla y 2 si se realiza con vibrador).

3. En cada capa de deben de dar 25 golpes uniformemente por toda la sección transversal del molde. Se debe procurar que solo se varille la capa que se llena sin golpear el fondo del molde.
4. Para cerrar los vacíos se dan unos pequeños golpes en las paredes del molde cilíndrico.
5. Con la misma varilla se procede al moldeo, sacando el exceso de material existente en el cilindro y dejando una superficie plana.
6. Luego de aproximadamente 24 horas sacamos la muestra del cilindro, se identifica y se procede al fraguado.

#### 4.7.4. Cálculos y resultados

AGN

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN									
CILINDROS	ELEMENTO			ELEMENTO			ELEMENTO		
	COLUMNAS PLANTA BAJA - HGL&M			COLUMNAS PLANTA BAJA - HOLCIM			FOSA DE ASCENSOR - PLANTA BAJA - HOLCIM		
	MUESTRAS			MUESTRAS			MUESTRAS		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
FECHA DE ELABORACIÓN MUESTRA	15-feb-13	15-feb-13	15-feb-13	18-feb-13	18-feb-13	18-feb-13	18-feb-13	18-feb-13	18-feb-13
FECHA DE ENSAYO	15-mar-13	15-mar-13	15-mar-13	18-mar-13	18-mar-13	18-mar-13	18-mar-13	18-mar-13	18-mar-13
EDAD DE LA MUESTRA (días)	28	28	28	28	28	28	28	28	28
ESPESOR O ALTURA (mm)	303	300	300	300	301	302	301	300	301
DIAMETRO (mm)	154	152	153	153	152	152	153	152	151
AREA DE LA MUESTRA (mm <sup>2</sup> )	18626,55	18145,88	18385,43	18385,43	18145,88	18145,88	18385,43	18145,88	17907,91
MASA (gr)	12985	12569	12720	12488	12555	12560	12578	12473	12499
VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	5643,84	5443,76	5515,63	5515,63	5461,91	5480,06	5534,01	5443,76	5390,28
DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )	2,30	2,31	2,31	2,26	2,30	2,29	2,27	2,29	2,32
ESBELTEZ - RELACION (L/D)	2	2	2	2	2	2	2	2	2
FACTOR DE CORRECCIÓN	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CARGA MAXIMA (KN)	376,83	378,24	403,9	378,69	375,14	380,07	379,82	377,57	378,45
RESISTENCIA (Mpa)	20,23	20,84	21,97	20,60	20,67	20,95	20,66	20,81	21,13
RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	206,44	212,70	224,17	210,18	210,95	213,73	210,80	212,32	210,05
RESISTENCIA EN %	98,30%	101,28%	106,75%	100,08%	100,45%	101,77%	100,38%	101,11%	100,02%
RESISTENCIA TOTAL (kg/cm <sup>2</sup> )	224,17			213,73			212,32		

NOTA: 1MPa= 10.2 kg/cm<sup>2</sup>

OBSERVACIONES: Las muestras fueron elaboradas y curadas en obra

<b>PROYECTO:</b>	<b>TESIS "ANÁLISIS INVESTIGATIVO DEL USO DE AGREGADOS GRUESOS RECICLADOS PARA EL DISEÑO DE HORMIGONES SIMPLES"</b>		
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	Manta-Portoviejo		
<b>DIRECTOR DE TESIS:</b>	Ing. Yuri Rodríguez		
<b>FECHA:</b>			
<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	Hormigón - Simple		
<b>RESISTENCIA REQUERIDA:</b>	210 Kg/cm <sup>2</sup>	<b>NORMA:</b>	INEN 1573


ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN																
CILÍNDROS	DISEÑO 1	DISEÑO 2					DISEÑO 3					DISEÑO 4				
	MUESTRAS	MUESTRAS					MUESTRAS					MUESTRAS				
	1	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
FECHA DE ELABORACIÓN MUESTRA	16-feb-13	02-mar-13	02-mar-13	02-mar-13	02-mar-13	22-mar-13	02-mar-13	02-mar-13	02-mar-13	02-mar-13	22-mar-13	02-mar-13	02-mar-13	02-mar-13	02-mar-13	22-mar-13
FECHA DE ENSAYO	23-feb-13	09-mar-13	19-mar-13	01-abr-13	01-abr-13	01-abr-13	09-mar-13	19-mar-13	01-abr-13	01-abr-13	01-abr-13	09-mar-13	19-mar-13	01-abr-13	01-abr-13	01-abr-13
EDAD DE LA MUESTRA (días)	8	7	17	30	30	50	7	17	30	30	50	7	17	30	30	50
ESPESOR O ALTURA (mm)	303	303	304	303	303	302	305	302	303	304	301	303	301	300	300	301
DIAMETRO (mm)	151	154	153	153	153	152	153	153	153	153	152	153	152	153	153	153
AREA DE LA MUESTRA (mm <sup>2</sup> )	17907,91	18626,55	18385,43	18385,43	18385,43	18145,88	18385,43	18385,43	18385,43	18385,43	18145,88	18385,43	18145,88	18385,43	18385,43	18385,43
MASA (gr)	11956	11952	12065	12291	12190	12289	11895	11896	11695	11970	11988	11941	18145,8	12203	11890	11905
VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	5426,10	5643,84	5589,17	5570,78	5570,78	5480,06	5607,56	5552,40	5570,78	5589,17	5461,91	5570,78	5461,91	5515,63	5515,63	5534,01
DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )	2,20	2,12	2,16	2,21	2,19	2,24	2,12	2,14	2,10	2,14	2,19	2,14	3,32	2,21	2,16	2,15
ESBELTEZ - RELACION (L/D)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
FACTOR DE CORRECCIÓN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CARGA MAXIMA (KN)	190	174,5	232,5	253	258,7	261,5	287,1	401,4	431,1	406,3	411,7	162,4	193,6	283,1	248,6	302,9
RESISTENCIA (Mpa)	10,61	9,37	12,65	13,76	14,07	14,41	15,62	21,83	23,45	22,10	22,69	8,83	10,67	15,40	13,52	16,48
RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	108,26	95,60	129,04	140,42	143,58	147,05	159,34	222,78	239,26	225,50	231,51	90,13	108,87	157,12	137,98	168,11
RESISTENCIA EN %	51,55%	45,52%	61,45%	66,87%	68,37%	70,02%	75,88%	106,09%	113,94%	107,38%	110,24%	42,92%	51,84%	74,82%	65,70%	80,05%
RESISTENCIA TOTAL (kg/cm <sup>2</sup> )	108,26	147,05					239,26					168,11				

NOTA: 1MPa= 10.2 kg/cm<sup>2</sup>

## **CAPÍTULO 5**

# **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1. CONCLUSIONES.

1. Relacionando nuestro tema con las razones medioambientales, el uso de los AR nos presenta tres beneficios: 1) Uso de un material de desecho, disminuyendo las cantidades que se depositan en zonas inapropiadas; 2) Reduce la cantidad de agregados naturales que se extraen de las fuentes no renovables, dando lugar a una CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE; 3) La energía consumida podría resultar menor que cuando se tritura piedra natural, debido a una menor resistencia por parte de los mismos.

2. Un punto que debemos tener en cuenta al momento de sacar conclusiones sobre el uso de AGR para el diseño de hormigones, es que los resultados obtenidos en los ensayos efectuados corresponden a muestras tomadas con un 100% de AGR, los cuales mejorarían indudablemente si aquellos ensayos se realizan combinando AGN-AGR.

**3.** Realizado el análisis de precios para considerar la opción de diseñar hormigones con AGR en lugar del AGN vamos a tener una diferencia económica de 7,7% siendo más costoso el hormigón usando AGR, recalando que estos valores surgieron de un análisis en el que consideramos un gasto por transporte. Si el AGR se va a reutilizar en el mismo sitio de producción, el costo de este hormigón sería igual al del hormigón hecho con AGN.

**4.** Se compararon las propiedades de los AGN y de los AGR mediante ensayos de laboratorio, obteniéndose como resultados que los AGR presentan en:

- GRANULOMETRÍA: Se observa un mayor porcentaje de material fino.
- CONTENIDO DE HUMEDAD: Se obtienen resultados similares.
- ABSORCIÓN: Refleja una absorción de entre el 9 y 10% mayor.
- PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO: Existe un incremento que varía entre el 3 y 4%.
- RESISTENCIA A LA ABRASIÓN: Presenta un mayor desgaste que va entre el 4 y 5%.

## 5.1. RECOMENDACIONES.

1. Difundir mayor información sobre el uso de agregados reciclados a la población afín al área investigativa (ingenieros, arquitectos, estudiantes de ingeniería civil).
2. Utilizar los agregados reciclados para diseñar hormigones simples (*camineras, replantillos*), ya que la resistencia de los hormigones con AGR no es óptima y no va a soportar cargas mayores.
3. Para que ésta opción de uso y de construcción sustentable brinde realmente un beneficio medioambiental, es recomendable que se tome el material reciclado del mismo sitio en donde se está construyendo, evitando así el gasto por transporte.

**CAPÍTULO 6**

**ANEXOS**

**Y**

**BIBLIOGRAFÍA**

## 6.1. ANEXOS

### 6.1.1. ENCUESTA

#### 6.1.1.1. ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

Para un aporte extra en información de este trabajo investigativo, fue necesario realizar una encuesta como nuestra principal técnica de recolección de datos. La misma se concretó de la siguiente manera:

##### UNIVERSO:

- 1.- Se tomó de la base de datos del Colegio de Ingenieros Civiles de la provincia de Manabí, el número de profesionales inscritos, arrojando un total de 1925. En éste parámetro, se consideró como “Universo” el 10% del listado, **es decir 193 profesionales.**
- 2.- La encuesta fue realizada entre el mes de Marzo y Abril del 2013.

##### MUESTRA:

FÓRMULA PARA IDENTIFICAR LA MUESTRA: 
$$n = \frac{Z^2 pqN}{e^2 (N-1) + Z^2 PQ}$$

##### Donde:

n= Tamaño de la muestra

N= Universo

z= Porcentaje de fiabilidad

P= probabilidad de ocurrencia

q= probabilidad de no ocurrencia

e= error de muestreo

“Para determinar la muestra que se va a enfocar en este proyecto, tenemos:

- ✓ Se considerarán dos niveles de confianza: **(a)** del 95% y un error del 5%
- ✓ **(b)** del 92% y un error del 8%
- ✓ Para un  $N \geq 160$ , “**q**” va del 5 al 20%. En este caso se asume  $q=0,05\%$
- ✓ Como  $p+q=1$ ; la Probabilidad máxima ( $p$ )= $1-q$ . En este caso  **$p= 0,05$** <sup>1</sup>

### **NIVEL DE CONFIANZA DEL 95%**

**n**= Tamaño de la muestra

**N**= Universo = 289

**z**= Porcentaje de fiabilidad = 1,96

**P**= probabilidad de ocurrencia = 0,5

**q**= probabilidad de no ocurrencia = 0,5

**e**= error de muestreo = 0,05

Se obtiene una muestra de **165 personas**.

### **NIVEL DE CONFIANZA DEL 95%**

**n**= Tamaño de la muestra

**N**= Universo = 289

**z**= Porcentaje de fiabilidad = 1,75

**P**= probabilidad de ocurrencia = 0,5

**q**= probabilidad de no ocurrencia = 0,5

**e**= error de muestreo = 0,08

Se obtiene una muestra de **85 personas**.

Se comparan ambos resultados, y se elige 165 personas, ya que es el que tiene menor margen de error y presenta por consecuencia una mayor confiabilidad.

---

<sup>1</sup> Raj, D. (1.979). *La estructura de las encuestas de muestreo*. México: Fondo de Cultura económica.

### **6.1.1.2. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE ENCUESTA:**

**PREGUNTA 1:** Conteste SI o NO *¿Tiene usted conocimiento del significado de “Cultura Verde” en el área de la construcción?*

- a) SI .....
- b) NO .....

**Tabla no. 1:**

<b>ATRIBUTOS</b>	<b>F</b>	<b>%</b>
SI	95	57,58%
NO	70	42,42%
<b>TOTAL.....</b>	<b>165</b>	<b>100,00%</b>

**Gráfico No. 1:**



El 57,58% afirma tener conocimiento del significado de la “cultura verde”, mientras que el 42,42% desconoce del particular.

Estas respuestas dejan ver que es necesario una mayor difusión del criterio de reciclaje.

**PREGUNTA 2:** ¿Ha considerado factible la posibilidad de utilizar agregados gruesos reciclados para el diseño de hormigones en la construcción?:

- c) SI .....
- d) A VECES .....
- e) NO .....

**Tabla no. 2:**

ATRIBUTOS	F	%
SI	87	52,73%
A VECES	27	16,36%
NO	51	30,91%
<b>TOTAL.....</b>	<b>165</b>	<b>100,00%</b>

**Gráfico No. 2:**



Las respuestas indican que un porcentaje mayoritario de los encuestados están abiertos a la posibilidad de utilizar material de construcción reciclado. Mientras que el 16,36% lo consideraría sólo eventualmente, y por último un 30,91% se manifiestan opuestos a esta posibilidad.

**PREGUNTA 3:** ¿Cuál considera que es la razón por la que se debería prestar mayor atención en el estudio y diseño de este tipo de hormigones con agregados reciclados?

- a) Economía .....
- b) Fomentar la protección del medio ambiente .....
- c) Otros .....

**Tabla no. 3:**

ATRIBUTOS	F	%
Economía	78	47,25%
Fomentar la protección del medio ambiente	55	33,31%
Otros	32	19,38%
<b>TOTAL.....</b>	<b>165</b>	<b>100%</b>

**Gráfico No. 3:**



Se nota claramente que la mayoría de los encuestados (47,25%), considerarían la utilización de material reciclado de construcción principalmente por el factor de la economía; el 33,31% lo haría por el medio ambiente, mientras que el restante porcentaje (19,38%) lo haría por otras razones (curiosidad, innovación, etc.)

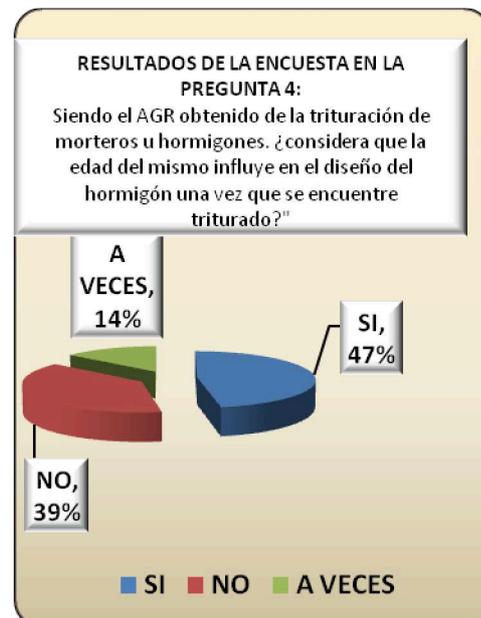
**PREGUNTA 4:** Siendo el AGR obtenido de la trituración de morteros u hormigones. ¿Considera que la edad del mismo influye en el diseño del hormigón una vez que se encuentre triturado?

- a) SI .....
- b) A VECES .....
- c) NO .....

**Tabla no. 4:**

ATRIBUTOS	F	%
SI	78	47,27%
NO	64	38,79%
A VECES	23	13,94%
<b>TOTAL.....</b>	<b>165</b>	<b>100,00%</b>

**Gráfico No. 4:**



El 47,27% estima que tiene influencia en el diseño del hormigón la edad del agregado reciclado que se emplee; un 38,79% estima que es indiferente la edad del agregado reciclado, mientras que un 13,94% opinan que sólo en ciertas condiciones y elementos estructurales es factor crucial la edad.

**PREGUNTA 5:** Al referirnos a la relación a/c de los hormigones con agregados reciclados, Usted considera que la mayor dosificación de agua en el diseño resulta:

- a) Favorable .....
- b) Desfavorable .....

**Tabla no. 5:**

ATRIBUTOS	F	%
Favorable	19	11,52%
Desfavorable	146	88,48%
<b>TOTAL.....</b>	<b>165</b>	<b>100,00%</b>

**Gráfico No. 5:**



Un altísimo porcentaje de los encuestados (88,48%), concuerdan en que es desfavorable considerar una alta dosificación de agua, dentro del diseño del hormigón con agregados reciclados.

**PREGUNTA 6:** ¿Cuál cree que es la mayor causa para que los hormigones con AGR tengan menor resistencia que un hormigón convencional?

- a) La porosidad. ....
- b) La resistencia del AGR a las acciones mecánicas significativamente menor que la del agregado granítico. ....
- c) La cantidad de áreas de unión frágiles en el hormigón reciclado mayor que en el hormigón convencional .....

**Tabla no. 6:**

ATRIBUTOS	F	%
La porosidad	56	33,94%
La resistencia del AGR	70	42,42%
Las áreas de unión	39	23,64%
<b>TOTAL.....</b>	<b>165</b>	<b>100,00%</b>

**Gráfico no. 6:**



Se aprecia que profesionales de la construcción (42,42%) consideran que la resistencia del AGR a las acciones mecánicas menores que la del AGN sería la causa principal de una resistencia menor. Un 33,94% considera factor crucial la porosidad; y, un 23,64% la cantidad de áreas de unión frágiles en el hormigón reciclado mayor que en el hormigón convencional.

## 6.1.2. DISEÑOS Y DOSIFICACIONES:

### DISEÑO 1

CANTIDAD	UNIDAD	MATERIAL
0,5	SACO	CEMENTO
0,016	M3	A. MAR
0,016	M3	A. HOMOGENIZADA
0,064	M3	RIPIO RECICLADO
24	LITROS	AGUA

ASENTAMIENTO: 18 cm

**\* NOTA:** POR SER PRIMER DISEÑO, COLOCAMOS LA MISMA DOSIFICACIÓN COMO SI SE TRATARA DE UN HORMIGÓN CONVENCIONAL, APLICADO PARA MEDIO SACO DE CEMENTO.

### DISEÑO 2

CANTIDAD	UNIDAD	MATERIAL
0,5	SACO	CEMENTO
0,016	M3	A. MAR
0,016	M3	A. HOMOGENIZADA
<u>0,048</u>	<u>M3</u>	<u>RIPIO RECICLADO</u>
23	LITROS	AGUA

ASENTAMIENTO: 18 cm

**\* NOTA:** BAJA EL VOLUMEN DE AGR, PARA CONTROLAR EL PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.

### DISEÑO 3

CANTIDAD	UNIDAD	MATERIAL
1	SACO	<u>CEMENTO</u>
0,016	M3	A. MAR
0,016	M3	A. HOMOGENIZADA
<u>0,064</u>	<u>M3</u>	RIPIO RECICLADO
25,5	LITROS	AGUA

ASENTAMIENTO: 15 cm

**\*NOTA:** AUMENTAMOS LA CANTIDAD DE CEMENTO PARA ELEVAR SU RESISTENCIA.

### DISEÑO 4

CANTIDAD	UNIDAD	MATERIAL
0,5	SACO	CEMENTO
0,016	M3	A. MAR
0,016	M3	A. HOMOGENIZADA
<u>0,064</u>	<u>M3</u>	RIPIO RECICLADO
18	LITROS	AGUA
12	OZ	<u>ADITIVO</u>

ASENTAMIENTO: 17 cm

**\*NOTA:** USAMOS ADITIVO PLASTIFICANTE (POZZOLITH) PARA DAR MANEJABILIDAD A LA MUESTRA EVITANDO AUMENTARLE EL PORCENTAJE DE AGUA.

**6.1.3. ANÁLISIS DE MATERIALES PARA  
1 M3 DE HORMIGÓN DE  $f'_c=210\text{Kg/cm}^3$**

***DISEÑO GENERAL PARA 1m<sup>3</sup> DE HORMIGÓN USANDO AGN***

CEMENTO	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO		AGUA	ADITIVO
		A. MAR	A. HOMOGENIZADA		
U	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	lts	oz
1	0,128	0,032	0,032	19,5	12

***DISEÑO GENERAL PARA 1m<sup>3</sup> DE HORMIGÓN USANDO AGR***

CEMENTO	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO		AGUA	ADITIVO
		A. MAR	A. HOMOGENIZADA		
U	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	lts	oz
1,5	0,128	0,032	0,032	24	12

## 6.1.4. ANÁLISIS DE COSTOS EN 1 M3 DE HORMIGÓN CON f'c=210Kg/cm3

### COSTOS GENERALES PARA 1m3 DE HORMIGÓN USANDO AGN

CEMENTO	AGREGADO GRUESO	GASTOS POR TRANSPORTE	AGREGADO FINO				AGUA	ADITIVO		
			A. MAR	GASTOS POR TRANSPORTE	A. HOMOGENIZADA	GASTOS POR TRANSPORTE				
U	m3	km	m3	km	m3	km	lts	lts		
7	0,128	36	0,032	42	0,032	40	19,5	2,48		
PRECIOS ->	\$ 49,00	\$ 2,56	\$ 5,04	\$ 0,29	\$ 0,19	\$ 0,48	\$ 0,18	\$ 0,05	\$ 4,59	<b>\$ 62,38</b>

### COSTOS GENERALES PARA 1m3 DE HORMIGÓN USANDO AGR

CEMENTO	AGREGADO GRUESO	GASTOS POR TRITURACIÓN Y TRANSPORTE	AGREGADO FINO				AGUA	ADITIVO		
			A. MAR	GASTOS POR TRANSPORTE	A. HOMOGENIZADA	GASTOS POR TRANSPORTE				
U	m3	GL	m3	km	m3	km	lts	oz		
8	0,128	36	0,032	42	0,032	40	24	2,98		
PRECIOS ->	\$ 55,86	\$ 0,00	\$ 5,04	\$ 0,29	\$ 0,19	\$ 0,48	\$ 0,18	\$ 0,07	\$ 5,51	<b>\$ 67,62</b>

\* DIFERENCIA DE COSTOS: **- \$ 5,24**

### CONCLUSIÓN

TERMINADO EL ANÁLISIS DE PRECIOS ESTABLECIENDO VALORES ENTRE EL USO DE AGR Y AGN PARA EL DISEÑO DE HORMIGONES SIMPLES, OBSERVAMOS QUE TENEMOS UNA DIFERENCIA DE UN 7,7% DE MAYOR COSTO EN EL USO DE AGR

## 6.1.5. ANEXOS FOTOGRÁFICOS



1) Agregado grueso reciclado, usado para los ensayos de laboratorio.

2) Preparado de Hormigón.

3) Preparación (limpieza y nivelación) de moldes cilíndricos para la toma de muestras de hormigón.





#### 4) Pruebas de revenimiento

#### 5) Toma de muestras de hormigón para establecer la resistencia a la compresión.





**6) Muestras desencofradas.**

**7) Curado y fraguado de muestras cilíndricas de hormigón.**

**8) Muestras listas para transportarlas desde la obra hasta el laboratorio.**

**9) Rotura de cilindros.**





10) Proceso fotográfico de los ensayos para evaluar las propiedades de los materiales usados para los hormigones diseñados.





10) Proceso fotográfico de los ensayos para evaluar las propiedades de los materiales usados para los hormigones diseñados.



## 6.2. BIBLIOGRAFÍA

### ANEJO

“Proyecto de Recomendación para la utilización de Hormigones Reciclados” (España).// [2006]

### CEAC, S.A.

“Técnica y práctica del hormigón Armado”, monografías sobre construcción y arquitectura; ediciones CEAC; Barcelona, España.// 1981.

### COMITÉ ACI 318.

Requisitos de Reglamentos para Concreto Estructural (ACI 318S-08) y comentario. // Versión en español, 2008.

### ECO. Humberto

“Cómo se hace una tesis – técnica y procedimientos de estudio, investigación y escritura” Colección Libertad y Cambio, Séptima Edición, Editorial Gedisa S.A. Barcelona – España.// 1989.

FIDIAS G. Arias

“El proyecto de investigación, Guía para su elaboración”, 3era Edición. Caracas-Venezuela.// 1990.

Ing. Carmen Terrenos de Varela é Ing. Víctor Moreno Lituma.

“Mecánica de Suelos – Laboratorio”, Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil – Ecuador  
// 1995

#### **PÁGINAS WEB**

- [www.google.com](http://www.google.com)
- [www.es.wikipedia.org](http://www.es.wikipedia.org)
- <http://www.slideshare.net/iific/concreto-reciclado>
- <http://notasdeconcretos.blogspot.com/2011/04/agregados-de-concreto-reciclado.html>
- <http://www.imcyc.com/revista/1998/junio/rilem.htm>