

**Instituto Tecnológico de Costa Rica**  
**Escuela de Ingeniería en Construcción**  
**Programa de Licenciatura**

**Evaluación y revisión de las proporciones recomendadas para  
mezclas de concreto en obras menores utilizando  
dos fuentes de agregados nacionales**

Proyecto Final de Graduación para optar al grado de  
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Presentado por :

Alexis Fernández Umaña  
Alvaro Salas Campos

Cartago, agosto 2002

# Abstract

This report presents the results of the evaluation and revision of the proportions recommended for concrete mixture, used in small jobs, using aggregates from two regions one Guápiles and the other Heredia. The materials were selected according to local availability and commonly used in Heredia.

Laboratory tests were conducted following recommended mix proportions using aggregates as they come, after corrected grading, and by ACI mix design process too common strength (175 and 210 kg/cm<sup>2</sup>) were used. Aggregates were evaluated according to National standard MEIC-10854.

Several providers of aggregates were also intervened to obtain other information.

The results follow partial agreement with expected results. Strength results are fine for Guápiles but in case of Heredia's source, they are deficient. Limitations for each design's method, and the importance and influence from mixture in the final resistance of the concrete are presented. On a commercial level it does exist a general knowledge about current normative, neither by producers, providers, or consumers, only a few important companies involved in this business seem to know about its existence.

# Resumen

Se presentan los resultados de la evaluación y revisión de las proporciones recomendadas para mezclas de concreto en obras menores, utilizando agregados procedentes de dos fuentes, una en Guápiles y otra en Heredia y a la vez recomendar la más viable para realizar un proyecto en Heredia.

Dicho análisis consideró el diseño de mezclas de concreto con los agregados de cada fuente a partir del proporcionamiento por tablas en su condición original, granulometría corregida y según la norma ACI 211. Se consideraron dos resistencias a compresión del concreto, comúnmente usadas en obras menores: 175 y 210 kg/cm<sup>2</sup>. Para lo anterior fue necesario aplicar la norma 10854-MEIC y considerar las principales propiedades y condiciones. Así mismo se hace una referencia mediante entrevistas a diferentes empresas relacionadas con el proceso, comercio y venta de materiales.

Los resultados obtenidos muestran un cumplimiento parcial del objetivo. Los diseños cumplen satisfactoriamente para la fuente de Guápiles, pero son deficientes en el caso de la fuente de Heredia. Se logran establecer alcances y limitaciones para cada método de diseño, así como la importancia e influencia de los agregados en la resistencia final del concreto. Se determina también que a nivel comercial existe un desconocimiento e incumplimiento general en cuanto a la normativa vigente, tanto de los productores y proveedores como del consumidor, a excepción de unas pocas empresas importantes del ramo.



# Contenido

<a href="#">Prefacio.....</a>	<a href="#">4</a>
<a href="#">Resumen ejecutivo .....</a>	<a href="#">5</a>
<a href="#">Introducción.....</a>	<a href="#">7</a>
<a href="#">Marco de referencia.....</a>	<a href="#">8</a>
<a href="#">Alcances y limitaciones.....</a>	<a href="#">13</a>
<a href="#">Objetivos.....</a>	<a href="#">13</a>
<a href="#">Metodología.....</a>	<a href="#">14</a>
<a href="#">Resultados.....</a>	<a href="#">16</a>
<a href="#">Granulometría y sus propiedades</a>	
<a href="#">    principales.....</a>	<a href="#">16</a>
<a href="#">Resistencia a la compresión.....</a>	<a href="#">21</a>
<a href="#">Entrevistas.....</a>	<a href="#">28</a>
<a href="#">Análisis de resultados.....</a>	<a href="#">31</a>
<a href="#">Características de los agregados... </a>	<a href="#">31</a>
<a href="#">Resistencia a compresión.....</a>	<a href="#">33</a>
<a href="#">Análisis de las entrevistas.....</a>	<a href="#">36</a>
<a href="#">Conclusiones y recomendaciones.....</a>	<a href="#">37</a>
<a href="#">Conclusiones.....</a>	<a href="#">37</a>
<a href="#">Recomendaciones.....</a>	<a href="#">38</a>
<a href="#">Apéndices.....</a>	<a href="#">39</a>
<a href="#">Anexos.....</a>	<a href="#">42</a>
<a href="#">Referencias .....</a>	<a href="#">46</a>



# Prefacio

Es del conocimiento de muchos las serias deficiencias y la mala calidad de las mezclas de concreto que se elaboran en proyectos de construcción menores y realizados con técnicas artesanales deficientes. La mayoría de los casos se dan en proyectos de vivienda popular. Para la Escuela de Ingeniería en Construcción esta temática es de suma importancia y por esa razón se seleccionó este tema para evaluar la conveniencia de dos fuentes de material empleando las tablas de proporcionamiento para las resistencias de concreto comúnmente empleadas en este sector ( $175 \text{ kg/cm}^2$  y  $210 \text{ kg/cm}^2$ ). Los resultados obtenidos se exponen en el presente documento y llaman a la atención y reflexión sobre los resultados obtenidos de acuerdo con el objetivo general planteado.

Dicho proyecto fue realizado como requisito parcial para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción. El desarrollo y pruebas se llevaron a cabo en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Costa Rica, propiamente en el Centro de Investigación en Vivienda y Construcción (CIVCO), donde se contó con la valiosa colaboración de todo su personal administrativo, dirección, investigadores, asistentes de laboratorio y otros. A ellos agradecemos sus consejos, aportes y enorme paciencia. También deseamos dar las gracias a nuestras familias, amigos y a todos aquellas personas y empresas que de una u otra forma nos brindaron su apoyo y colaboración.

A todos nuestro más sincero agradecimiento.

Alexis Fernández Umaña  
Alvaro Salas Campos



# Resumen Ejecutivo

Nuestro país es rico en materiales aptos para agregados de mezclas de concretos. Se nota por doquier la explotación de tajos y ríos no sólo en el área metropolitana, sino también en otras provincias.

La variedad de los agregados está generando como consecuencia, variedad en las resistencias de los concretos elaborados. Se continúan realizando mezclas de concretos en obras menores con métodos de proporcionamiento por tablas desde hace décadas, que a la fecha no consideran la variedad de fuentes antes mencionadas. Los tajos metropolitanos se han venido explotando hace tiempo, algunos han cerrado y se empieza a cuestionar sobre la calidad del material que se compra en los que actualmente operan, al notar deficiencias en los morteros y los concretos colados en las obras. Se tiene literatura que señala los bajos valores de resistencia de los concretos elaborados con agregados de diferentes fuentes<sup>1</sup>, al investigar un poco al respecto se llega a la preocupante realidad de que la norma 10854 del Ministerio de Economía Industria y Comercio, que tiene como fin regular las características básicas de los agregados, es desconocida por proveedores, vendedores y consumidores.

Es por ello que el objetivo del presente trabajo fue el evaluar y revisar las proporciones recomendadas para mezclas de concreto en obras menores utilizando dos fuentes de agregados nacionales y la recomendación de una de éstas para un proyecto de construcción. Las fuentes escogidas fueron una del área metropolitana

(Heredia) y otra fuera de ésta (Guápiles). Esta escogencia se tomó por la distancia al proyecto y por consulta al comercio en general, pues estas zonas son las de mayor aporte o suministro de agregados.

Como método de diseño para el concreto se escogió el proporcionamiento por tabla propuesta entre otras por el Instituto Nacional de Aprendizaje I.N.A. en el curso de albañilería que imparte a sus estudiantes (ver apéndice 1), a la vez se comparó con la resistencia obtenida mediante el diseño por la norma ACI 211. Las resistencias de diseño de concreto se escogieron para 175 y 210 kg/cm<sup>2</sup> pues son las más comúnmente utilizadas en obras menores.

Se visitaron las respectivas fuentes y se adquirieron los agregados para la elaboración de los concretos. El orden empleado consistió en aplicar las proporciones por volumen recomendadas en la tabla utilizando los agregados en su condición original. Mientras los cilindros se curaban, se procedió a realizarles a los agregados tanto fino como grueso, el respectivo análisis granulométrico, dando como resultado que ninguna de las dos fuentes cumplía con la norma. Por lo tanto, se realizaron los ajustes para que quedaran en los rangos establecidos (ver cuadros 1,2,4,5,7,8,10 y 11 del capítulo de resultados). Una vez que se comprobó lo anterior, se procedió a la fabricación de otros cilindros pero con la granulometría corregida utilizando el mismo método de diseño.

En los cuadros 13, 14, 16 y 17 del mismo capítulo, aparecen los valores promedios de resistencia a la compresión a los 28 días para ambas condiciones. Se observa que el concreto elaborado con los agregados de la fuente Heredia no cumplió con la resistencia esperada, mientras que la resistencia promedio del concreto elaborado con los agregados de la fuente Guápiles, no cumplió para 175 kg/cm<sup>2</sup> pero sí

---

<sup>1</sup> RAMIREZ CORETTI, (Aldo), *Revista Construcción, Costa Rica, Cámara costarricense de la Construcción, Vol 23 (4), pags 18, 20-22.*



para 210 kg/cm<sup>2</sup>. Se dispuso posteriormente diseñar concretos por la norma ACI 211 para ambas fuentes y los resultados se dan en los cuadros 15 y 18 y se desprende de éstos, que los concretos diseñados con los agregados de la fuente Heredia para 175 kg/cm<sup>2</sup> y 210 kg/cm<sup>2</sup> tampoco cumplieron con las resistencias esperadas, llegando tan solo a un 75% del valor agregado. Contrariamente al fallar los cilindros de concretos para los agregados de la fuente Guápiles, éstos excedieron las resistencias esperadas en más de un 15%. Por lo anterior se concluyó que las resistencias obtenidas por medio del proporcionamiento por tabla, no se cumplieron en el caso de la fuente Heredia y parcialmente se cumplieron para la fuente de Guápiles. Con base en el análisis de los resultados obtenidos del fallamiento de cilindros y características de los agregados, así como un análisis de costos, se recomienda la fuente de agregados de Guápiles para el proyecto de construcción en Heredia.



# Introducción

Es preocupación de todo proyecto tener claro las limitaciones prácticas que se presentan a la hora de comparar el diseño teórico con el diseño real obtenido en el campo. El diseño de mezclas de concreto no es excepción; diseñamos con tablas para tal fin pero estas se basan en materiales de ciertas características que por lo general no son iguales a las que tenemos en sitio.

En ingeniería no se conocen obras de poca importancia, todas por simples que parezcan tienen un fondo de responsabilidad y/o de costos que nos obligan a realizarlas de una vez y en forma profesional.

Nos vemos obligados constantemente a mejorar nuestros tiempos de ejecución de obras así como actualizarnos periódicamente con materiales innovadores que nos ofrece el mercado de la construcción.

Mediante un vistazo actual de las nuevas tendencias de la construcción en nuestro país, podemos identificar claramente cambios en cuanto a preferencias en el desarrollo de proyectos en el campo de la construcción. Cada vez con mayor frecuencia se tienen aplicaciones más novedosas sobre el uso y economía de los materiales. Se tiene como ejemplo el uso de paneles livianos en obras de uno a varios niveles con el propósito de realizarlas en menor tiempo, bajo costo y rentabilidad en la colocación del concreto. Con lo anterior se obtienen obras no solo más livianas sino que se da un uso más racional del concreto, sin dejar de lado el elemento estructural.

No es difícil darnos cuenta que materiales tradicionales como la madera han pasado a ser escasos y a precios muy altos, además de que se ha venido creando una concientización sobre el impacto ecológico que el uso de dicho material representa para el medio ambiente. Sin embargo, se espera que el uso de madera de plantación pueda remediar en alguna medida esta situación.

Enhorabuena que materiales como el concreto se hacen presentes para cumplir con los requerimientos de durabilidad y resistencia. Son escasas las obras que no especifican concreto en sus diseños. Por años hemos venido diseñando concretos con tablas elaboradas hace ya varias décadas y que todavía son empleadas por muchos constructores.

Para el área metropolitana se vienen explotando tajos no sólo con diferentes propiedades de los agregados, sino que también se está comercializando con materiales traídos de otros lugares fuera de ésta. Es totalmente acertado que esa variabilidad de los agregados está generando también variabilidad en la resistencia de los concretos que con ellos se elaboran.

El uso inadecuado de algunas técnicas de la construcción hace pensar de qué forma se pueden aportar nuevas herramientas fáciles de interpretar para disminuir al máximo las deficiencias que se vienen detectando.

Se sabe que el correcto uso de las cualidades, tanto del agregado grueso como fino, combinado con una graduación suave y continua, influyen en forma positiva en la trabajabilidad, la economía, la durabilidad y por supuesto en la resistencia del concreto.

Llama la atención que en un país como el nuestro, en donde el Gobierno realiza grandes esfuerzos para asignar anualmente millones de colones para mejorar la calidad habitacional, aspectos básicos como la calidad del concreto de las viviendas sigue siendo un problema al cuál no se le ha dado la importancia adecuada.

Existen estudios en el ramo de la construcción que muestran datos relevantes sobre la calidad del concreto de obras civiles<sup>2</sup>. En dichas investigaciones se hace ver que los concretos diseñados para resistencias de 210 kg/cm<sup>2</sup> se colocan en sitio con resistencias que no sobrepasan los 180 kg/cm<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> *Idid, pag 18, 20-21*



No se puede obviar lo preocupante del tema, ni permitir que vidas humanas y millones de colones se pierdan tan sólo porque no se especifican las variantes por usar con agregados que se explotan en los diferentes tajos de nuestro país. Mas grave aún es el hecho que a pesar de existir regulaciones para los agregados de las mezclas de concreto, no existe un mecanismo eficiente de control, en aspectos como, peso específico, resistencia a la abrasión, granulometría y otros.

La preocupación de la mala práctica en la dosificación del concreto, debido a las variaciones de los agregados debería ser tema importante en las empresas que pretenden ser competitivas en este campo. En tal caso, se está en la obligación de dar seguimiento a todos aquellos procedimientos, que vayan en pro de las mejores prácticas constructivas

Las empresas nacionales deben cuestionarse si continúan trabajando con agregados locales, que no permiten obtener mezclas con las resistencias deseadas o por su parte, si será conveniente traerlos de otros puntos del país y con ello garantizarse mejor calidad al mejor costo.

## Marco de referencia

Costa Rica es rico en fuentes de materiales pétreos aptos para ser usados en la elaboración de concretos y morteros, (el primero contiene cemento, arena, piedra y agua, mientras que el segundo carece de la piedra) Si bien esto es beneficioso, también es preocupante la falta de control sobre la calidad de los materiales que estas fuentes producen. La participación volumétrica de la arena y la piedra en el concreto oscila entre el 60% y 80%, por lo que sus características físicas, mecánicas y químicas son determinantes.

En términos técnicos según Muñoz Umaña (1998: 46-100) a la piedra se le denomina agregado grueso y a la arena agregado fino. Agregado se define como un material mineral granular relativamente inerte que ocupa la mayor parte del volumen de la mezcla de concreto, la cual se le incorpora por razones de economía, resistencia, trabajabilidad y durabilidad.

En un principio los agregados se incorporaban a las mezclas de concreto básicamente por razones económicas, sin embargo, con el avance en la tecnología del concreto, las pruebas experimentales demostraron su gran importancia en la resistencia, trabajabilidad y durabilidad de las mezclas. Se le atribuye al agregado fino aportar fluidez, mientras que el agregado grueso aporta resistencia. Otro aspecto valioso aportado por los agregados (cuando no son químicamente activos) es la reducción de contracciones durante el secado, también si se considera su belleza ya que se aporta un buen aspecto estético al usarse concretos expuestos.

De acuerdo con su tamaño, los agregados se subdividen en grueso y fino. Agregado grueso (piedra) es aquel material retenido en la malla de 4,75 mm, pero para concretos estructurales se sugiere como tamaño máximo el de 38,1 mm. ya que mayores tamaños afectan la adherencia con la pasta debido a su peso. Agregado fino (arena), es aquel cuyos tamaños corresponden a la fracción que pasa la malla de 4,75 mm. y se retiene en la de 75  $\mu$  m.

La distribución de las partículas de un agregado se determina haciendo uso de un conjunto de mallas, ordenadas de la abertura más grande a la más pequeña, las cuales son agitadas manual o mecánicamente, hasta obtener la cantidad de agregado retenido en cada una de ellas. La graduación se relaciona con la distribución por tamaños de las partículas de un agregado, la granulometría es la forma en que se expresa dicha graduación y análisis granulométrico es el análisis a partir del cuál se determina la granulometría. Al tener el tamiz (malla) inmediato inferior una abertura que es la mitad del tamiz inmediatamente superior, se logra dar una curva granulométrica que asegura una distribución equilibrada entre agregado grueso y fino que da lugar a un concreto compacto, donde la cantidad de pasta utilizada resulta ser esencialmente la mínima requerida y el concreto resultante, en términos de materiales (cemento, arena, piedra) equilibra los aspectos de economía, resistencia y durabilidad. Si bien una mayor cantidad de arena permitirá llenar más vacíos interparticulares y daría mayor lubricación, se debe usar la cantidad mínima que logre ambos objetivos, pues el tener mayor superficie específica a cubrir, aumenta el consumo de pasta y con ello el costo de la mezcla.





Dependiendo de la graduación, al agregado grueso se le puede dividir en las siguientes clases:

- Primera: de 50.8 mm a 76.2 mm (2" a 3")
- Segunda: de 38.1mm a 50.8mm (1½" a 2")
- Tercera: de 25.4 mm a 38.1mm (1" a 1 ½")
- Tercerilla: de 19.05mm a 25.4mm(¾" a 1")
- Cuarta: de 12.7mm a 19.05mm (1/2" a ¾")
- Quinta: de 9.52mm a 12.7mm (3/8" a 1/2")
- Quintilla: de 9.52 mm a 19.05 mm (3/8" a ¾") (conocida también como arenón el cual sirve para repellos)
- Polvo de piedra. (arena manufacturada)

Según el peso unitario masivo seco ( $\delta_b$ ), se clasifica a los agregados de la siguiente manera:

Pesado: peso unitario  $\delta_b$  mayor a 1900  $\text{kg/m}^3$ .

Normales: peso unitario  $\delta_b$  de 1120-1900  $\text{kg/m}^3$ .

Livianos: peso unitario  $\delta_b$  menor a 1120  $\text{kg/m}^3$ .

Entre otras propiedades importantes, los agregados deben resistir cargas a compresión, por regla general éstos deben tener una resistencia similar o mayor a la diseñada, deben también absorber en forma de trabajo de deformación, una cierta cantidad de energía mecánica y otra característica importante es la dureza como la propiedad que expresa la capacidad de un material para oponerse a ser deformado en su superficie por la acción física de otro. Deben ser químicamente estables, es decir no reaccionar negativamente con el cemento, la humedad o al contacto con la tierra, La forma y textura del agregado determinan en buena medida la trabajabilidad, mientras que la adherencia entre la pasta y los agregados se ve afectada por las impurezas orgánicas (materiales deletéreos) los limos y arcillas adheridos al agregado, reducen la adherencia con la pasta de cemento y/o pueden afectar las reacciones de hidratación del cemento.

Como ya se mencionó la graduación define la distribución por tamaño de las partículas de un agregado. Si la graduación se hace en forma correcta, se logra obtener una mezcla densa en la que las partículas más finas llenan los espacios que quedan entre las de mayor tamaño, obteniéndose así una disminución en los espacios vacíos y una mejor adherencia de las partículas gruesas que normalmente tienden a

segregarse. A este tipo de graduación se le conoce como suave y continua, la cual influye positivamente en aspectos como trabajabilidad, resistencia y economía.

Una partícula de agregado se debe percibir como compuesta de material sólido, poros impermeables (dentro del sólido) y poros permeables (en el perímetro del sólido). Al estar el material en estado seco, el peso lo proporciona el sólido. La absorción responde al agua que tiene el sólido en los poros permeables y la saturación responde a la cantidad máxima de agua que se puede alojar en los poros permeables (100% llenos). Una vez que esto ha sucedido, el agua se comienza a adherir en la superficie por medio del fenómeno de capilaridad e inicia el hinchamiento (se da solo en el agregado fino). Se forma un menisco o capa de agua sobre la superficie del agregado que da lugar al aumento del volumen. El hinchamiento aumenta en presencia de más agua libre y alcanza su máximo para una cantidad que está entre el 5% y 8% del peso seco, dependiendo de la granulometría del agregado fino.

Con el fin de facilitarle al lector la comprensión del trabajo aquí descrito, a continuación se hace una breve referencia de los términos más empleados en el presente estudio:

**Absorción:** Penetración de moléculas de un fluido en un sólido.

**ACI:** Instituto Estadounidense del Concreto (American Concrete Institute).

**Agregado:** Es toda aquella partícula de mineral, relativamente inerte que ocupa el mayor volumen de la mezcla de concreto.

**Agregado fino:** El agregado fino consistirá de arena natural, arena manufacturada o combinación de ambas, que pasa el tamiz N° 4 (4.75 mm), casi pasa completamente el tamiz N° 200 (0.075 mm). La arena manufacturada consistirá de polvo de piedra en su condición natural o lavado que se ajusta a los requisitos de calidad especificadas.

**Agregado grueso:** El agregado grueso consistirá de grava, de piedra o grava quebrada o una mezcla de materiales anteriores, este agregado es retenido en su totalidad en el tamiz N° 4 (4.75 mm).

**ASTM:** Sociedad Estadounidense de Pruebas y Materiales (American Society for Testing and Materials).



**AASHTO:** Asociación Estadounidense de Funcionarios de Carreteras Estatales y de Transporte (American Association of State Highways and Transportation Officials).

**Concreto:** mezcla de agregados pétreos y cemento.

**Cuartear:** partir o dividir una cosa en cuartas partes.

**Encofrado de cilindros:** Sistema de moldes destinados a dar apoyo y dar forma a los elementos de concreto mientras este adquiere resistencia propia.

**Granulometría:** Procedimiento mediante el cual se establecen las proporciones de las partículas de los diversos tamaños que componen el agregado fino o grueso.

**Gravedad específica:** Relación peso/volumen de un cuerpo comparado con la relación /peso volumen del agua.

**Humedad:** Ligeramente impregnado de agua u otro líquido.

**Módulo de finura:** Es un factor empírico que se obtiene sumando los porcentajes retenidos acumulado en los tamices N°100, N°50, N°30, N°16, N°8, N°4, 9.5 mm, 19.0 mm y 37.5 mm y dividiendo la suma entre 100.

**Proporcionamiento:** Disposición adecuada de las partes o cosas a fin de conseguir lo que se desea.

**Revenimiento:** Encogimiento de una cosa poco a poco.

También es oportuno indicar las principales condiciones que deben tomarse en cuenta con respecto a los agregados finos y gruesos según la Norma Oficial de Especificaciones para los Agregados Finos y Gruesos para Concreto del Ministerio de Economía de Industria y Comercio (Norma # 10854-MEIC). Dentro de lo que interesa señalar se presenta los principales requisitos granulométricos para ambos agregados y algunas consideraciones importantes.

## Especificaciones para el agregado fino

El análisis granulométrico para una arena bien graduada, deberá estar dentro de los límites especificados en Cuadro A, tener un módulo de finura no menor de 2.3 y ni mayor de 3.1 y no tener más de 45% de agregado retenido entre dos tamices consecutivos.

**Cuadro A**  
**Requisitos Granulométricos**  
**para los Agregados Finos**

Tamiz	Porcentaje que pasa
9.5 m.m	100
Nº 4 (4.75 m.m)	95 a 100
Nº 8 (2.36 m.m)	80 a 100
Nº 16 (1.18 m.m)	50 a 85
Nº 30 (0.30 m.m)	25 a 60
Nº 50 (0.30 m.m)	10 a 30
Nº 100 (0.15 m.m)	2 a 10

Fuente: Norma Oficial 10854.

Agregado fino que no cumpla los requisitos anteriores de granulometría, módulo de finura o de porcentaje retenido entre dos tamices mayor a 45%, podrá ser aceptado, una vez que se compruebe mediante el diseño de mezclas de prueba que ese agregado fino es adecuado para producir concreto de la calidad deseada.

Si el módulo de finura varía en más de 0.20 del valor considerado en el proporcionamiento de las mezclas de concreto, el agregado fino deberá ser rechazado a no ser que se realicen los ajustes necesarios en las proporciones del concreto para compensar las deficiencias en graduación.

## Sustancias deletéreas:

La cantidad de sustancias deletéreas o dañinas contenidas en los agregados finos no deberá exceder los límites indicados en el Cuadro B.



**Cuadro B**  
**Límites Máximos de Sustancias Deletéreas**  
**Contenidas en el Agregado Fino para Concreto**

Item	Porcentaje por peso en la muestra total Máxima
Terrones de arcilla y partículas friables	
a) Arenas de río y mar	3.0
b) Arenas de tajo	4.0
Material que pasa el tamiz N° 200	
a) Arenas de río y mar	4.0
b) Arenas manufacturadas	5.0 <sup>(1)</sup>
c) Arenas de tajo	7.0 <sup>(1)</sup>
Carbón y lignito	
* Cuando las apariencias de la superficie de concreto es de importancia	0.5
* Todos los otros concretos	1.0

(1) El porcentaje permisible de material pasando el tamiz N° 200, considera que es prácticamente libre de arcilla o pizarra. Si contiene arcilla el límite permisible debe bajarse a 3.0% en el b) y a 5% en c).

**Fuente: Norma Oficial 10854.**

## Impurezas orgánicas

El agregado fino deberá estar libre de impurezas orgánicas en cantidades que sean perjudiciales. Con excepción de lo que la presente norma indica, deberán ser rechazadas aquellos agregados finos que sometidos a la prueba de impurezas orgánicas producen un color más oscuro que el normalizado.

El agregado fino que no pase la prueba anterior podrá ser empleado con la condición de que cuando se determine el efecto de las impurezas orgánicas sobre la resistencia del mortero, la resistencia relativa a los 7 días no sea menor de 95%, calculada de acuerdo al método descrito en la norma ASTM C87.

## Especificaciones para el agregado grueso

### Análisis granulométrico:

El análisis granulométrico para los agregados deberá cumplir con los requisitos indicados en el Cuadro C.

## Sustancias deletéreas o dañinas:

La cantidad de sustancias deletéreas o dañinas contenidas en los agregados gruesos no deberán exceder los límites indicados en el Cuadro D.



**Cuadro C**  
**Requisitos Granulométricos para los Agregados Gruesos**

Tipo de piedra	Tamaño nominal (tamices con aberturas cuadradas)	Porcentajes por peso que pasan a los diferentes tamices									
		75 mm	63 mm	50 mm	37.5 mm	25.0 mm	19.0 mm	12.5 mm	9.5 mm	Nº4 4.75mm	Nº8 2.36mm
1ª	63 a 37.5 mm	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5				
2ª	50 a 4.75 mm		100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5	
3ª	37.5 a 4.75 mm (Nº4)			100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5	
4ª	25.0 a 4.75 mm (Nº4)				100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5
4tilla	19.0 a 4.75 mm (Nº4)					100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5
5ª	12.5 a 4.75 mm (Nº4)						100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5
5tilla	9.5 a 2.36 mm (Nº8)							100	85 a 100	10 a 30	0 a 10

Fuente: Norma Oficial 10854

**Cuadro D**  
**Límites Máximos de Sustancias Deletéreas**  
**y Propiedades Físicas en el Agregado Grueso**  
**para Concreto**

Item	Porcentaje por peso en la muestra total Máx.
Terrones de arcilla y partículas desmenuzadas	5.0
Material que pasa el tamiz N°200	1.0 <sup>(1)</sup>
Carbón y lignito	0.5
Porcentaje de pérdidas por abrasión	50
Sanidad (porcentaje de pérdida en cinco ciclos con sulfato de sodio)	18 <sup>(2)</sup>

(1) En el caso de piedra quebrada si el material más fino que el tamiz N° 200 consiste de polvo de piedra, libre de arcilla o pizarra el porcentaje indicado puede aumentarse a 2.0%

(2) Agregado grueso que no cumpla con con el requisito de sanidad específico puede ser aceptado si se demuestra que existen concretos de la calidad requerida con agregados de la misma procedencia, los cuales han dado un servicio satisfactorio.

Fuente: Norma Oficial 10854



# Alcances y limitaciones

Este proyecto pretende evaluar y revisar las proporciones recomendadas para mezclas de concreto, utilizando la tabla de diseño propuesta, entre otras, por el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA). Además, seleccionar el agregado adecuado mediante una comparación de la resistencia a compresión del concreto y el análisis económico. Se utilizaron agregados de dos fuentes (Guápiles y Heredia), que en la actualidad se comercializan en la provincia de Heredia. Los agregados de la fuente seleccionada se recomendarán para ser usados en la construcción de una obra menor en dicha provincia.

El nivel de utilidad que pueda tener este proyecto está basado en la percepción y actitud que tenga el usuario en la implementación de la propuesta. No se busca crear una solución que se adapte a toda circunstancia, se pretende comprobar si los agregados de las dos fuentes, dosificados con base en una tabla común de proporcionamiento por volumen (Ver apéndice 1), por ejemplo 1:2:3 (cemento: arena: piedra) cumplen con la resistencia indicada. De esta forma se busca un trabajo técnico que sirva para que los constructores tomen un mejor criterio a la hora de trabajar con las mezclas de concreto especificadas.

Dentro de las limitaciones que podemos señalar está el tiempo disponible para la ejecución del proyecto, lo que no permitió el control detallado de todas las variables involucradas, en especial el elevado porcentaje de absorción. Así mismo, la cantidad de ensayos estuvo limitada por la disponibilidad de equipo y por los escasos recursos económicos. Los resultados que se presentan constituyen una evaluación preliminar de los mismos, pues se debe analizar entre otros el efecto de las diferentes relaciones agua/cemento (A/C) en las resistencias obtenidas, aparte del hecho de que los resultados corresponden al material que se estaba dispensando en ese momento. También debemos señalar que no fue posible llevar a cabo el diseño de mezcla por la norma ACI con el material original, debido a que en esta condición en ninguna de las dos fuentes las granulometrías

se ajustaban a la norma 10854-MEIC y en el caso de Guápiles el módulo de finura obtenido estuvo por fuera del rango 2.3-3.1.

## Objetivos

### OBJETIVO GENERAL

Evaluar y revisar las proporciones recomendadas para mezclas de concreto en obras menores mediante la utilización de dos fuentes de agregados, mediante la realización de ensayos y el análisis económico, que permita la recomendación de una de éstas para un proyecto de construcción en Heredia.

Para el logro de este objetivo se establecieron los siguientes objetivos específicos:

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Preparar concretos con agregados en su condición original, mediante el proporcionamiento establecido en tablas, para mezclas de concreto con resistencias a la compresión de 175 y 210 kg/cm<sup>2</sup>, realizando el fallamiento posterior de las muestras.
2. Realizar análisis y posibles ajustes de la granulometría de las muestras de agregados tomados de las fuentes propuestas y las mezclas correspondientes.
3. Preparar concretos con agregados en su condición granulometría corregida, mediante la aplicación de la norma ACI 211, para mezclas de concreto con resistencias a la compresión de 175 y 210 kg/cm<sup>2</sup>, realizando el fallamiento posterior de las muestras.
4. Realizar entrevistas para estimar en parte el grado de conocimiento que tienen el proveedor, el vendedor y el consumidor sobre la escogencia de los agregados para el concreto.



# Metodología

Para evaluar y revisar las proporciones recomendadas para mezclas de concreto por medio de la tabla de dosificación recomendada, entre otras, por el INA, se hizo necesario determinar antes el tamaño máximo del agregado grueso a usar, así como la consideración de las fuentes disponibles de agregados en la zona del proyecto. Para el primer caso después de revisar las dimensiones del elemento, la cantidad de acero a usar, el espacio disponible entre éste y la cimbra, se determinó el uso de piedra quinta como tamaño máximo del agregado grueso y la arena común como agregado fino, para la chorrea o colado de un elemento estructural, que es parte de un proyecto de construcción que se está llevando en Heredia. En el segundo caso se determinó por consulta hecha al comercio en general, que las zonas de Guápiles y Heredia son las de mayor aporte o suministro en cuanto a agregados para concreto en la zona específica del proyecto

En Guápiles se escogió el tajo Piedra Grande, localizado entre el río Toro Amarillo y el río Blanco (Ver anexo 1, hoja cartográfica Guápiles). En Heredia, luego de un sondeo que abarcó las zonas de Barreal, San Rafael, Lagunilla, Barva, Santa Bárbara, San Miguel y San Isidro, no se pudo encontrar un sitio de extracción que cumpliera con la disposición de que se procesaran agregados finos y gruesos. Ante tal circunstancia se visitaron varios comercios siempre en Heredia a fin de determinar en cuáles de éstos se podía adquirir ambos agregados, que a su vez fueran del mismo lugar de procedencia y distribuidos en Heredia. En el depósito de materiales “El Lagar” de dicha Provincia se compraron ambos (finos y gruesos) procedentes del sector de “Cerro Minas”, ubicado en la zona de Santa Ana (Ver anexo 2, hoja cartográfica Abra).

Una vez obtenidas las muestras de agregados necesarios en el campo, se procedió a su traslado al laboratorio de materiales de la Escuela de Ingeniería en Construcción del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Una vez allí se procedió a la toma de muestras para las diferentes pruebas a realizar a cada tipo de agregados. Esta labor se hizo siguiendo el método de cuarteo según lo dispuesto en la norma ASTM C-702.

Con dichos agregados se prepararon mezclas de concreto con las dos resistencias más comúnmente usadas en la construcción de viviendas, a saber:  $175 \text{ kg/cm}^2$  y  $210 \text{ kg/cm}^2$ . Se partió de una tabla establecida para dosificaciones del concreto utilizando los materiales de dichas zonas, para así poder determinar la veracidad de las resistencias esperadas según la tabla, comparada con los resultados reales, lo anterior se evaluó por medio del fallamiento de muestras a 7 y 28 días.

Los proporcionamientos se hicieron siguiendo combinaciones en el orden cemento, arena y piedra de más uso en el campo. Dichas proporciones fueron 1:2:4 para concretos con resistencia esperada de  $175 \text{ kg/cm}^2$  y 1:1.5:3 para concretos con resistencia esperada de  $210 \text{ kg/cm}^2$ . Lo anterior según tabla de proporcionamiento que se utiliza en el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA) en el curso de albañilería, dirigido a maestros de obras y constructores (Ver apéndice 1).

La primera mezcla de concreto se hizo usando las referencias ya indicadas para  $175 \text{ kg/cm}^2$  y  $210 \text{ kg/cm}^2$  y una relación agua/cemento según un determinado revenimiento máximo permitido. En ambos casos, tanto la mezcla de concreto como el revenimiento, se hicieron ajustándonos a los procedimientos indicados en la norma ASTM C-192 y C-143.

El procedimiento anterior se denominó “condición original” y tuvo como fin determinar la resistencia real de dichos concretos en su condición original, tal como se podría dar en el



campo y ver si los resultados obtenidos concordaban con lo esperado en cada caso.

Posteriormente se continuó con la revisión de las condiciones de los agregados finos y gruesos en su granulometría y características básicas. Se siguieron los procedimientos establecidos por las normas ASTM aplicables en estos casos, entre estos, contenido de material más fino que la malla N° 200, pesos unitarios, impurezas orgánicas, gravedad específica y otros (ASTM C-40, C-117, C-136, C-131, C-29, C-127, C-128).

El análisis granulométrico, en ambas fuentes incumplía la norma. Para hacerlos cumplir se realizaron los ajustes necesarios agregando o eliminando ciertos tamaños de partículas hasta obtener la granulometría satisfactoria. En el caso del agregado grueso aunque esta labor fue sencilla, por condiciones propias del material, dicho ajuste con la norma se logró hasta un segundo intento o revisión. Para el caso del agregado fino, debido al tamaño de las partículas, la separación fue más laboriosa, especialmente en el caso de la arena de Heredia que por su alto contenido de finos y por la dificultad de separación de las partículas, se hizo necesario recurrir al lavado mecánico de la arena, mediante el uso de batidora.

Una vez obtenida la granulometría de acuerdo con la norma para cada agregado y conociendo el contenido de humedad y absorción se procedió a elaborar la segunda mezcla de concreto para 175 y 210 kg/cm<sup>2</sup>. En este caso partiendo nuevamente de una condición de revenimiento mínimo (7,5 cm). Se siguieron las normas ASTM C-192, C-143 y C-138 y se obtuvo una segunda condición de concreto llamada "condición granulometría corregida". Nuevamente se obtuvieron los resultados de la resistencia a los 7 y 28 días para determinar y analizar aquellos cambios ocurridos.

Una vez obtenida la condición granulométrica para los diferentes agregados en cada fuente y teniendo además establecido como ya se mencionó las características de éstos, tales como absorción, humedad, gravedad específica, peso unitario y otros, se procedió a realizar un diseño para mezclas de concreto siguiendo el procedimiento establecido en la norma ACI-211 para resistencias de compresión 175 y 210 kg/cm<sup>2</sup>. Se obtuvo así una tercera mezcla de concreto, esta vez denominada como "condición

ACI". Al igual que los casos anteriores, se obtuvo los valores y se realizaron los análisis en el apartado correspondiente. Se realizaron 6 repeticiones por condición, para un total de 144 ensayos de cilindros.

Con respecto a la recolección de la información acerca de los procedimientos empleados en la comercialización de éstos materiales, se realizaron entrevistas con personeros de empresas reconocidas y de amplia trayectoria nacional en el diseño de mezclas de concreto, así como a diversos sectores dentro de la actividad o mercado relacionado con la explotación, venta y uso de agregados. Lo anterior para obtener una referencia cercana a la realidad actual y establecer las observaciones y comentarios que correspondan y que puedan ligarse con a los resultados obtenidos.

Los resultados se presentan en cuadros y figuras resumen para posteriormente establecer aquellas conclusiones y recomendaciones que se estiman pertinentes.



# Resultados

## Granulometría y sus propiedades principales.

Para fines del presente proyecto se escogieron como sitios de estudio la explotación sobre el río Toro Amarillo, de nombre “Piedra Grande” (ver ubicación en hoja cartográfica Guápiles, anexo 1) y el cual hemos llamado Fuente Guápiles. El otro sitio fue el tajo “Cerro Minas” (ver ubicación en hoja cartográfica Abra, anexo 2), material que fue adquirido en el depósito de materiales “El Lagar” ubicado en Heredia motivo por el cual le hemos denominado como Fuente Heredia.

De dichas fuentes se tomaron agregados finos y gruesos, que fueron trasladados al laboratorio de materiales. Posteriormente se realizó el cuarteo respectivo y se separaron las muestras para las diferentes pruebas a realizar:

- En condición granulometría original.
- En condición granulometría corregida.

### Fuente Guápiles

#### Granulometría original

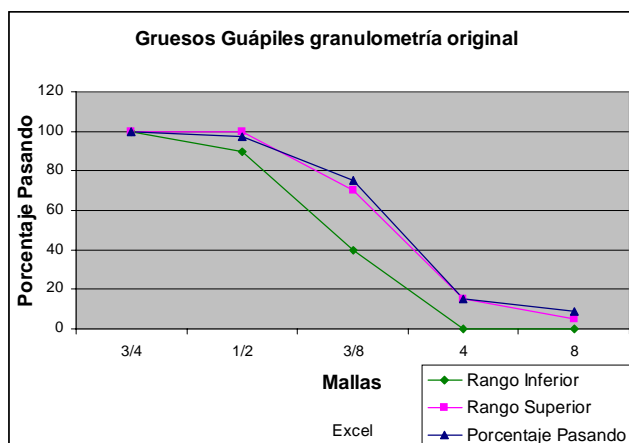
Se muestra a continuación los resultados obtenidos de las granulometrías del agregado grueso y fino, así como sus principales características en su condición original.

En el cuadro 1 se presentan los resultados de la granulometría original para el agregado grueso, comparados con la norma oficial #10854-MEIC, dichos valores se presentan graficados en la figura 1.

**Cuadro 1. Agregado grueso Guápiles  
Granulometría original**

Malla #	Peso Retenido (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasando	Norma 10854
3/4	18	0.35	0.35	99.6	100
1/2	130	2.54	2.89	97.1	90 al 100
3/8	1115	21.80	24.69	75.3	40 al 70
4	3061	59.84	84.54	15.5	0 al 15
8	339	6.63	91.16	8.8	0 al 5
Peso total retenido(gr)			4663		
Pasando malla# 8 (gr)			452		
Peso total (gr)			5115		

Excel



**Figura 1. Gráfico gruesos Guápiles granulometría original**

En el cuadro 2 se muestra información correspondiente al agregado fino, igualmente en la figura 2 se muestra el gráfico respectivo.

En ambos casos, se tiene que los agregados no se ajustan a la granulometría según las normas, por lo que se procedió a hacer los ajustes necesarios a fin de obtener agregados que cumplieran con estas. Para todos los casos





esto se logró luego de varios intentos. (Ver anexo 3 sobre ajustes granulométricos Guápiles).

### Cuadro 2. Agregado fino Guápiles Granulometría original

Malla #	Peso Retenido (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasando	Norma 10854
9.5	29.49	6.51	6.51	93.5	100
4	24.77	5.46	11.97	88.0	95 al 100
8	65.75	14.50	26.47	73.5	80 al 100
16	81.78	18.04	44.52	55.5	50 al 85
30	92.7	20.45	64.97	35.0	25 al 60
50	82.01	18.09	83.06	16.9	10 al 30
100	42.33	9.34	92.40	7.6	2 al 10
200	15.2	3.35	95.75	4.3	0 al 5
Peso total retenido (gr)			434.03		
Peso seco sin lavar (gr)			453.30		
Finos pas. malla 200 (gr)			19.27		
Modulo de finura			3.30		

Excel

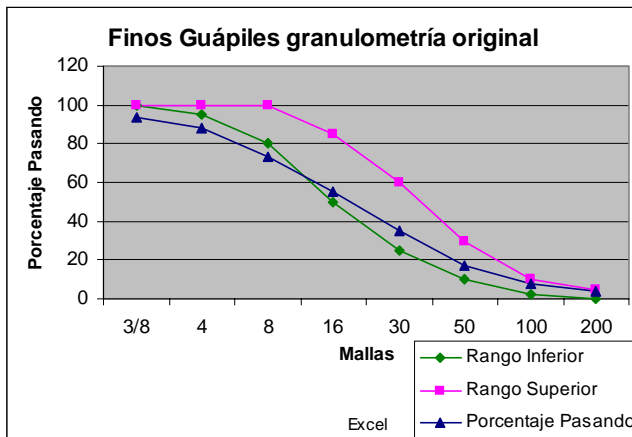


Figura 2. Gráfico finos Guápiles granulometría original

En el cuadro 3 se tiene información de las propiedades o características principales, tanto del agregado fino como del grueso en su condición granulométrica original.

### Cuadro 3. Propiedades de agregados Guápiles Granulometría original

Propiedad		Agregado Fino	Agregado Grueso
Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )	Suelto	1515	1422
	Envarillado	-----	1526
Gravedad específica	Bruta	2.52	2.75
	Super. saturada seca	2.62	2.80
	Aparente	2.79	2.90
Absorción (%)		3.87	1.89
Vacíos (%)		39.72	48.27
Humedad (%)		6.20	2.15
Abrasión (%)		-----	No se obtuvo
Sustancias deletéreas		No contienen	

Excel

### Granulometría corregida

Se muestran a continuación los resultados obtenidos de las granulometrías del agregado grueso y fino, así como sus principales características en su condición corregida.

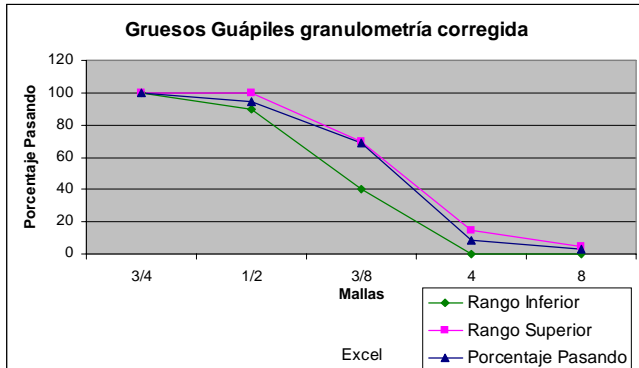
En el cuadro 4 se presentan los resultados de la granulometría corregida para el agregado grueso, comparados con la norma oficial #10854-MEIC, dichos valores se presentan graficados en la figura 3.

### Cuadro 4. Agregado grueso Guápiles Granulometría corregida

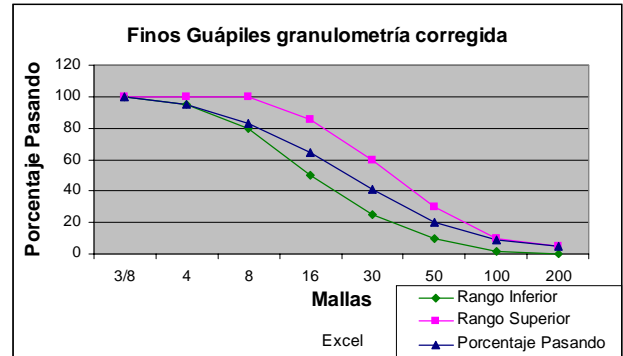
Malla #	Peso Retenido (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasando	Norma 10854
3/4	0	0.00	0.00	100.0	100
1/2	288	5.68	5.68	94.3	90 al 100
3/8	1285	25.34	31.01	69.0	40 al 70
4	3080	60.73	91.74	8.3	0 al 15
8	272	5.36	97.10	2.90	0 al 5
Peso total retenido(gr)			4925		
Pasando malla# 8 (gr)			147		
Peso total (gr)			5072		

Excel





**Figura 3.** Gráfico gruesos Guápiles granulometría corregida



**Figura 4.** Gráfico finos Guápiles granulometría corregida

En el cuadro 5. se muestra la información para el agregado fino, igualmente se muestra el gráfico correspondiente ( ver figura 4).

En el cuadro 6. se tiene información sobre las propiedades o características principales del agregado fino y del agregado grueso en su condición granulométrica corregida.

**Cuadro 5. Agregado fino Guápiles Granulometría corregida**

Malla #	Peso Retenido (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasando	Norma 10854
9.5	0	0.00	0.00	100.0	100
4	26.89	4.98	4.98	95.0	95 al 100
8	64.23	11.89	16.87	83.1	80 al 100
16	101.3	18.76	35.63	64.4	50 al 85
30	127.84	23.67	59.31	40.7	25 al 60
50	111.98	20.74	80.04	20.0	10 al 30
100	58.52	10.84	90.88	9.1	2 al 10
200	22.36	4.14	95.02	5.0	0 al 5
Peso total retenido (gr)			513.12		
Peso seco sin lavar (gr)			540.02		
Finos pas. malla 200 (gr)			26.90		
Modulo de finura			2.88		

Excel

**Cuadro 6. Propiedades de agregados Guápiles Granulometría corregida**

Propiedad		Agregado Fino	Agregado Grueso
Peso unitario (kg/m3)	Suelto	1595	1317
	Envarillado	-----	1424
Gravedad específica	Bruta	2.55	2.66
	Super. saturada seca	2.64	2.70
	Aparente	2.81	2.76
Absorción (%)		3.57	1.33
Vacíos (%)		37.38	42.64
Humedad (%)		2.17	0.86
Abrasión (%)		-----	22,4 (*)
Sustancias deletéreas		No contienen	

(\*) El agregado utilizado para esta prueba corresponde a la fuente original, pero de una segunda muestra. Excel



## Fuente Heredia

### Granulometría original

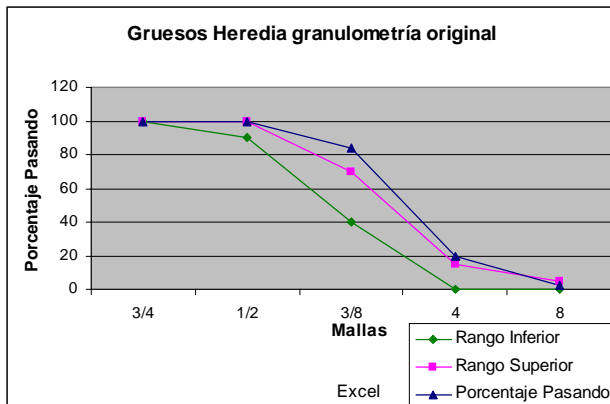
Se muestra a continuación los resultados obtenidos de las granulometrías para el agregado grueso y fino, así como sus principales características en su condición original.

En el cuadro 7 se presentan los resultados de la granulometría original para el agregado grueso, comparados con la norma oficial #10854-MEIC, dichos valores se presentan graficados en la figura 5.

**Cuadro 7. Agregado grueso Heredia Granulometría original**

Malla #	Peso Retenido (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasando	Norma 10854
3/4	0	0.00	0.00	100.0	100
1/2	18	0.40	0.40	99.6	90 al 100
3/8	720	16.02	16.43	83.6	40 al 70
4	2874	63.97	80.39	19.6	0 al 15
8	760	16.92	97.31	2.7	0 al 5
Peso total retenido(gr)			4372		
Pasando malla# 8 (gr)			121		
Peso total (gr)			4493		

Excel



**Figura 5. Gráfico gruesos Heredia granulometría original**

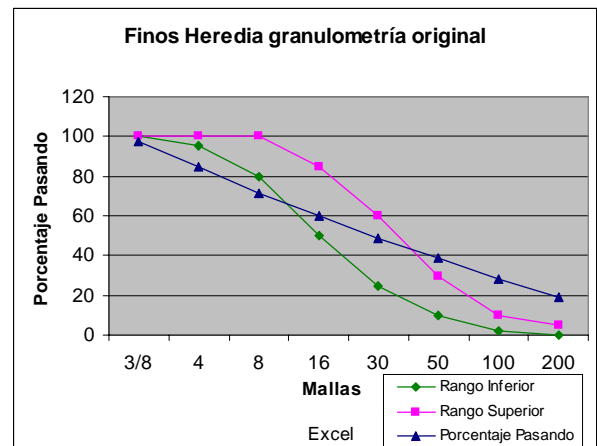
En el cuadro 8 se muestra la misma información anterior, pero para el agregado fino, igualmente se muestra el gráfico correspondiente (ver figura 6).

En ambos casos se tiene que dichos agregados no se ajustan a la granulometría según las normas, por lo que se procedió a hacer los ajustes necesarios a fin de obtener agregados que cumplieran con estas. Para todos los casos esto se logró luego de varios intentos (ver anexo 4 sobre ajustes granulométricos Heredia).

**Cuadro 8. Agregado fino Heredia Granulometría original**

Malla #	Peso Retenido (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasando	Norma 10854
9.5	9.78	2.39	2.39	97.6	100
4	53.97	13.21	15.61	84.4	95 al 100
8	54.67	13.38	28.99	71.0	80 al 100
16	46.33	11.34	40.34	59.7	50 al 85
30	44.11	10.80	51.13	48.9	25 al 60
50	42.23	10.34	61.47	38.5	10 al 30
100	42.1	10.31	71.78	28.2	2 al 10
200	38.05	9.32	81.10	18.9	0 al 5
Peso total retenido (gr)			331.24		
Peso seco sin lavar (gr)			408.45		
Finos pas. malla 200 (gr)			72.21		
Modulo de finura			2.72		

Excel



**Figura 6. Finos Heredia granulometría original.**

En el cuadro 9 se tiene información sobre las propiedades o características principales, para el agregado fino y grueso en su condición granulométrica original.



**Cuadro 9. Propiedades de agregados Heredia Granulometría original**

Propiedad		Agregado Fino	Agregado Grueso
Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )	Suelto	974	1292
	Envarillado	-----	1365
Gravedad específica	Bruta	1.68	2.56
	Super. saturada seca	1.98	2.64
	Aparente	2.42	2.77
Absorción (%)		18.43	2.95
Vacíos (%)		41.76	46.75
Humedad (%)		21.15	3.14
Abrasión (%)		-----	No se obtuvo
Sustancias deletéreas		No contienen	

Excel

## Granulometría corregida

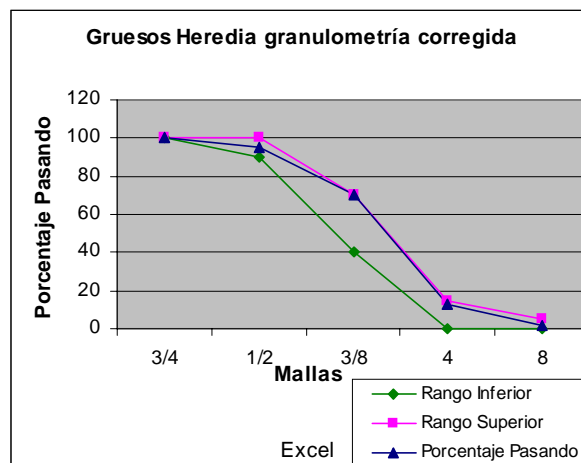
Se muestra a continuación los resultados obtenidos de las granulometrías del agregado grueso y fino, así como sus principales características en su condición corregida.

En el cuadro 10 se presentan los resultados de la granulometría corregida para el agregado grueso, comparados con la norma oficial #10854-MEIC, dichos valores se presentan graficados en la figura 7.

**Cuadro 10. Agregado Grueso Heredia Granulometría corregida**

Malla #	Peso Retenido (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasando	Norma 10854
3/4	0	0.00	0.00	100.0	100
1/2	245	4.92	4.92	95.1	90 al 100
3/8	1251	25.13	30.05	70.0	40 al 70
4	2824	56.72	86.76	13.2	0 al 15
8	559	11.23	97.99	2.01	0 al 5
Peso total retenido(gr)			4879		
Pasando malla# 8 (gr)			100		
Peso total (gr)			4979		

Excel



**Figura 7. Gráfico Gruesos Heredia granulometría corregida**

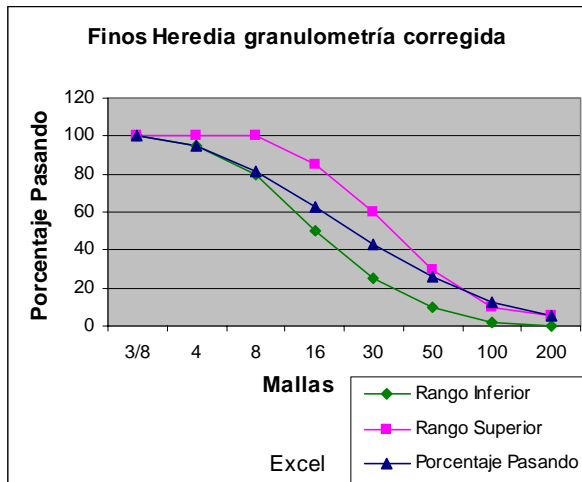
En el cuadro 11 se muestra la misma información anterior, pero para el agregado fino, igualmente se muestra en el gráfico correspondiente (ver figura 8).

**Cuadro 11. Agregado fino Heredia Granulometría corregida**

Malla #	Peso Retenido (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasando	Norma 10854
9.5	0	0.00	0.00	100.0	100
4	27.08	4.99	4.99	95.0	95 al 100
8	72.84	13.41	18.40	81.6	80 al 100
16	104.9	19.32	37.72	62.3	50 al 85
30	103.9	19.13	56.85	43.1	25 al 60
50	93.32	17.18	74.04	26.0	10 al 30
100	74.26	13.67	87.71	12.3	2 al 10
200	39.94	7.35	95.06	4.9	0 al 5
Peso total retenido (gr)			516.24		
Peso seco sin lavar (gr)			543.04		
Finos pas. malla 200 (gr)			26.80		
Modulo de finura			2.80		

Excel





**Figura 8.** Gráfico Finos Heredia granulometría corregida

En el cuadro 12 se tiene información sobre las propiedades o características principales para el agregado fino y grueso en su condición granulométrica corregida.

**Cuadro 12. Propiedades de agregados Heredia Granulometría corregida**

Propiedad		Agregado Fino	Agregado Grueso
Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )	Suelto	1153	1185
	Envarillado	-----	1273
Gravedad específica	Bruta	1.79	2.27
	Super. saturada seca	2.03	2.43
	Aparente	2.37	2.69
Absorción (%)		13.65	6.94
Vacíos (%)		35.39	42.64
Humedad (%)		3.18	1.60
Abrasión (%)		-----	25,3 (*)
Sustancias deletéreas		No contienen	

(\*) El agregado utilizado para esta prueba corresponde a la fuente original, pero de una segunda muestra. Excel

## Resistencia a la compresión

Se elaboraron mezclas de concreto para cada una de las fuentes mediante el proporcionamiento por tablas de uso común y la norma ACI-211 específicamente para concretos de resistencias a la compresión a 28 días de 175 kg/cm<sup>2</sup> y 210 kg/cm<sup>2</sup>. El concreto elaborado se conformó de agregados en condición de granulometría original y condición de granulometría corregida. Para el diseño por la norma ACI-211, se utilizan los resultados de las características de la granulometría corregida de ambos agregados. Los valores de las resistencias se muestran para cada caso a los 7 y 28 días.

### Fuente Guápiles

#### Granulometría original

Se presenta a continuación los valores de resistencia a la compresión para cada condición de diseño de granulometría original aplicando el proporcionamiento según tabla INA, a las edades de 7 y 28 días, así como el gráfico de resistencia promedio correspondiente (ver cuadro 13 y figura 9).

#### Granulometría corregida

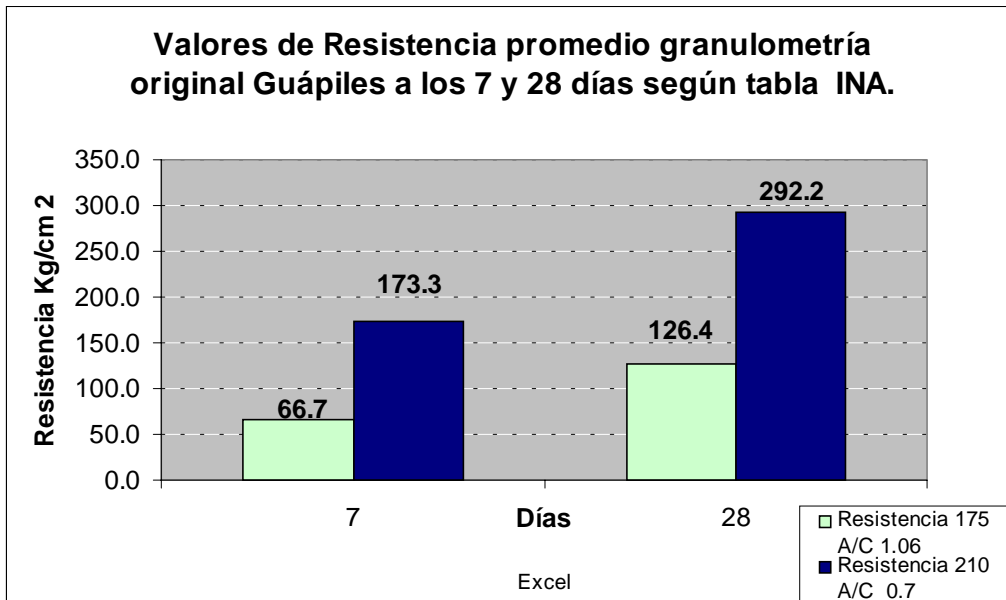
El cuadro 14 y la figura 10 presentan los valores de resistencia a la compresión para cada condición de diseño de granulometría corregida aplicando el proporcionamiento según tabla INA las edades de 7 y 28 días. Adicionalmente se muestran los valores de resistencia de la compresión para cada condición de diseño de granulometría corregida a las edades de 7 y 28 días aplicando la norma ACI- 211, igualmente el gráfico de resistencia promedio correspondiente. (ver cuadro 15 y figura 11).



**Cuadro 13. Valores de resistencia Guápiles granulometría original**

Método de diseño		Según tabla INA											
Tiempo de Falla		7 Días						28 Días					
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Cilindro #	Para 175			Para 210			Para 175			Para 210		
	1	61.77			137.09			131.89			305.90		
	2	74.79			183.80			136.37			297.33		
	3	74.34			173.40			126.68			292.94		
	4	68.22			182.48			112.30			288.56		
	5	60.44			177.68			99.65			293.76		
	6	60.63			185.44			151.78			274.89		
Promedio		66.70			173.32			126.45			292.23		
Desviación		6.729			18.289			18.37			10.29		
Revenimiento (cm)		10			4.5			10			4.5		
Cantidad Agua (l)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	
	12.74	15.44	18.28	16	13.24	16.08	12.74	15.44	18.28	16	13.24	16.08	
Relación A/C	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	
	0.74	0.90	1.06	0.69	0.58	0.70	0.74	0.90	1.06	0.69	0.58	0.70	
Proporción por volumen (pie3)		1:2:4			1:1,5:3			1:2:4			1:1,5:3		
Proporción por volumen (pie 3) considerando hinchamiento		1:1,54:4			1:1,15:3			1:1,54:4			1:1,15:3		
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )		2292			2322			2292			2322		
Fecha de la Prueba		13-May			13-May			13-May			13-May		
Fecha de Falla		20-May			20-May			10-Jun			10-Jun		
Observaciones		Condición normal			Condición normal			Condición normal			Condición normal		

Excel



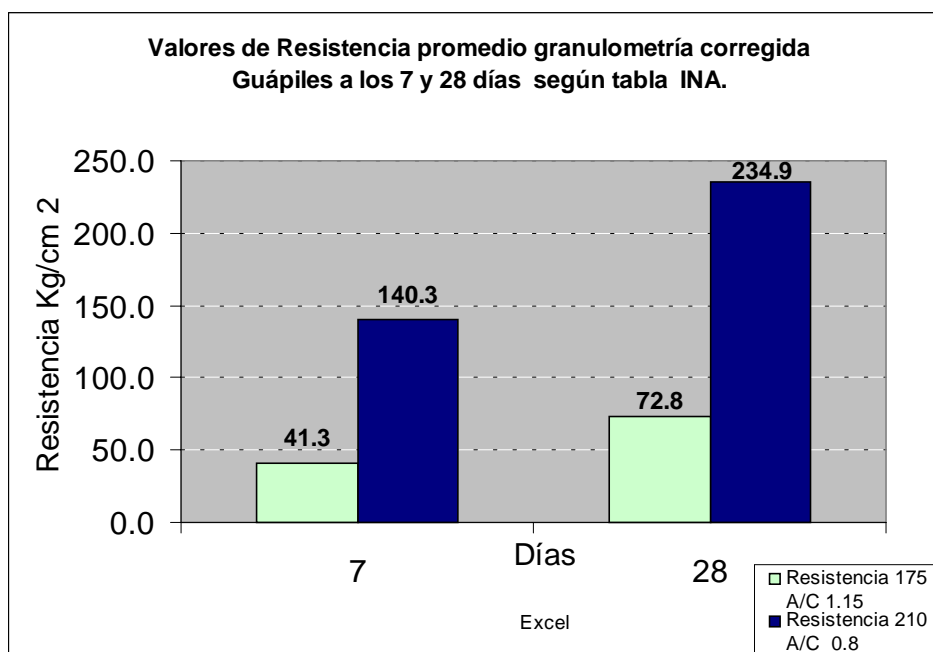
**Figura 9** Gráfico valores de resistencia promedio granulometría original Guápiles a los 7 y 28 días según tabla INA



**Cuadro 14. Valores de resistencia Guápiles granulometría corregida**

Método de diseño		Según tabla INA											
Tiempo de Falla		7 Días						28 Días					
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Cilindro #	Para 175			Para 210			Para 175			Para 210		
	1	41.04			162.69			75.87			246.53		
	2	39.91			145.04			75.80			212.77		
	3	39.33			135.56			71.96			251.43		
	4	44.48			139.54			74.43			224.09		
	5	45.42			133.31			71.10			236.23		
	6	37.55			125.56			67.96			238.17		
Promedio		41.29			140.28			72.85			234.87		
Desviación		3.068			12.751			3.099			14.335		
Revenimiento (cm)		7.5			7			7.5			7		
Cantidad Agua (l)		Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)
		12.74	16.93	19.73	16	15.56	18.36	12.74	16.93	19.73	16	15.56	18.36
Relación A/C		Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)
		0.74	0.98	1.15	0.69	0.68	0.80	0.74	0.98	1.15	0.69	0.68	0.80
Proporción por volumen (pie <sup>3</sup> )		1:2:4			1:1,5:3			1:2:4			1:1,5:3		
Proporción por volumen (pie <sup>3</sup> ) considerando hinchamiento		1:1,89:4			1:1,42:3			1:1,89:4			1:1,42:3		
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )		2321			2327			2321			2327		
Fecha de la Prueba		22-May			23-May			22-May			23-May		
Fecha de Falla		29-May			30-May			19-Jun			20-Jun		
Observaciones		En condiciones lluviosas se chorrearón los cilindros			En condiciones lluviosas se chorrearón los cilindros			En condiciones lluviosas se chorrearón los cilindros			En condiciones lluviosas se chorrearón los cilindros		

Excel



Excel

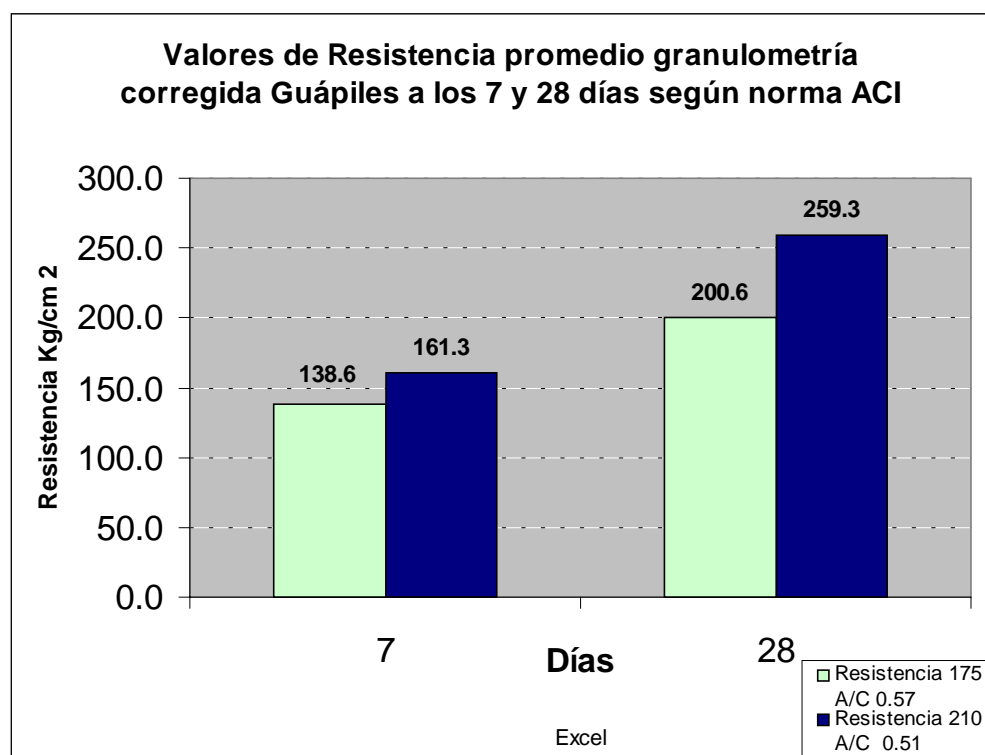
**Figura 10. Gráfico valores de resistencia promedio granulometría corregida Guápiles a los 7 y 28 días según tabla INA.**



**Cuadro 15. Valores de resistencia Guápiles granulometría corregida norma ACI**

Método de diseño		Según ACI-211											
Tiempo de Falla		7 Días					28 Días						
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Cilindro #	Para 175			Para 210			Para 175			Para 210		
	1	157.79			170.03			247.55			275.30		
	2	140.76			153.82			190.54			234.60		
	3	141.37			142.49			161.06			279.79		
	4	138.82			170.54			217.77			244.09		
	5	112.71			176.97			231.85			243.88		
	6	140.35			153.51			154.94			277.95		
Promedio		138.64			161.23			200.62			259.27		
Desviación		14.520			13.248			38.01			20.51		
Revenimiento (cm)		4.5			7			4.50			7.00		
Cantidad Agua (l)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	
	15.75	15.75	13.65	15.75	15.75	13.65	15.75	15.75	13.65	15.75	15.75	13.65	
Relación A/C	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	
	0.66	0.66	0.57	0.59	0.59	0.51	0.66	0.66	0.57	0.59	0.59	0.51	
Proporción por volumen (pie3)		1:1,73:1,44			1:1,49:1,29			1:1,73:1,44			1:1,49:1,29		
Proporción por volumen (pie 3) considerando hinchamiento		1:1,63:1,44			1:1,41:1,29			1:1,63:1,44			1:1,41:1,29		
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )		2324			2345			2324			2345		
Fecha de la Prueba		30-May			31-May			30-May			31-May		
Fecha de Falla		6-Jun			7-Jun			27-Jun			28-Jun		
Observaciones		Condición normal			Condición normal			Condición normal			Condición normal		

Excel



Excel

**Figura 11. Gráfico valores de resistencia promedio granulometría corregida Guápiles a los 7 y 28 días según norma ACI.**





## Fuente Heredia

211, dicha información se muestra en el cuadro 18 y la figura 14.

## Granulometría original

El cuadro 16 y la figura 12 presentan los valores de resistencia a la compresión para cada condición de diseño de granulometría original aplicando el proporcionamiento según tabla INA a las edades de 7 y 28 días.

## Granulometría corregida

El cuadro 17 y la figura 13 muestran los valores de resistencia a la compresión para cada condición de diseño de granulometría corregida aplicando el proporcionamiento según tabla INA a las edades de 7 y 28 días.

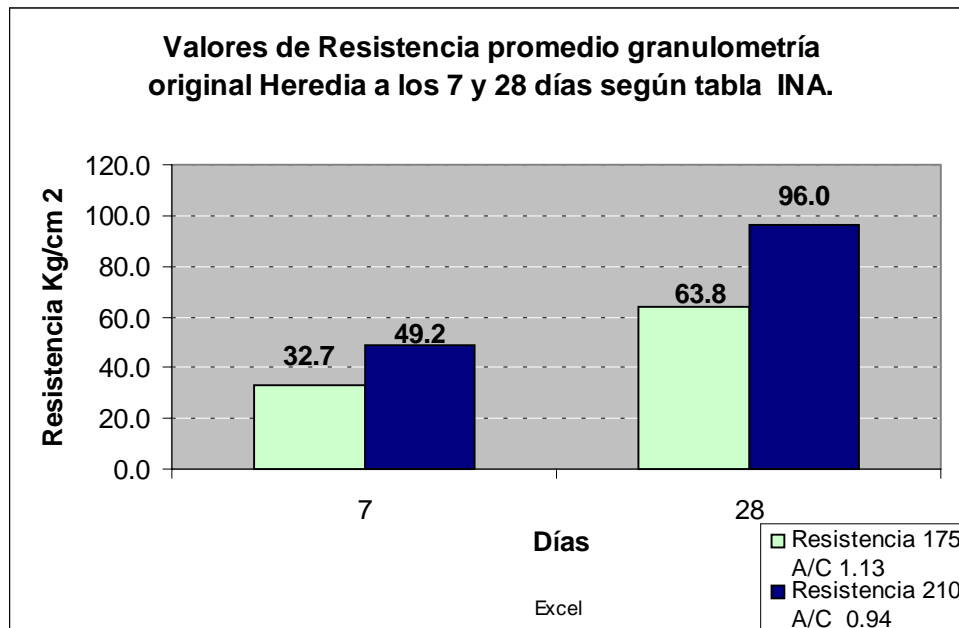
Adicionalmente se tienen los valores de resistencia a la compresión para cada condición de diseño para granulometría corregida a las edades de 7 y 28 días aplicando la norma ACI

**Cuadro 16. Valores de resistencia Heredia granulometría original**

Método de diseño		Según tabla INA										
Tiempo de Falla		7 Días					28 Días					
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Cilindro #	Para 175			Para 210		Para 175			Para 210		
	1	34.69			54.16			66.14			102.61	
	2	32.49			50.66			61.71			77.86	
	3	34.17			49.23			69.02			117.50	
	4	31.82			40.62			60.71			118.93	
	5	30.58			50.52			63.56			78.61	
	6	32.62			49.68			61.53			80.53	
Promedio		32.73			49.15			63.78			96.01	
Desviación		1.51			4.53			3.22			19.51	
Revenimiento (cm)		5			5		5.00			5.00		
Cantidad Agua (l)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)
	12.74	17.4	19.5	16	19.6	21.7	12.74	17.4	19.5	16	19.6	21.7
Relación A/C	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)
	0.74	1.01	1.13	0.69	0.85	0.94	0.74	1.01	1.13	0.69	0.85	0.94
Proporción por volumen (pie 3)		1:2:4			1:1,5:3		1:2:4			1:1,5:3		
Proporción por volumen (pie 3) considerando hinchamiento		1:1,8:4			1:1,35:3		1:1,8:4			1:1,35:3		
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )		2074			2072		2074			2072		
Fecha de la Prueba		14-May			15-May		14-May			15-May		
Fecha de Falla		21-May			22-May		10-Jun			11-Jun		
Observaciones		Condición normal			Condición normal		Condición normal			Condición normal		

Excel





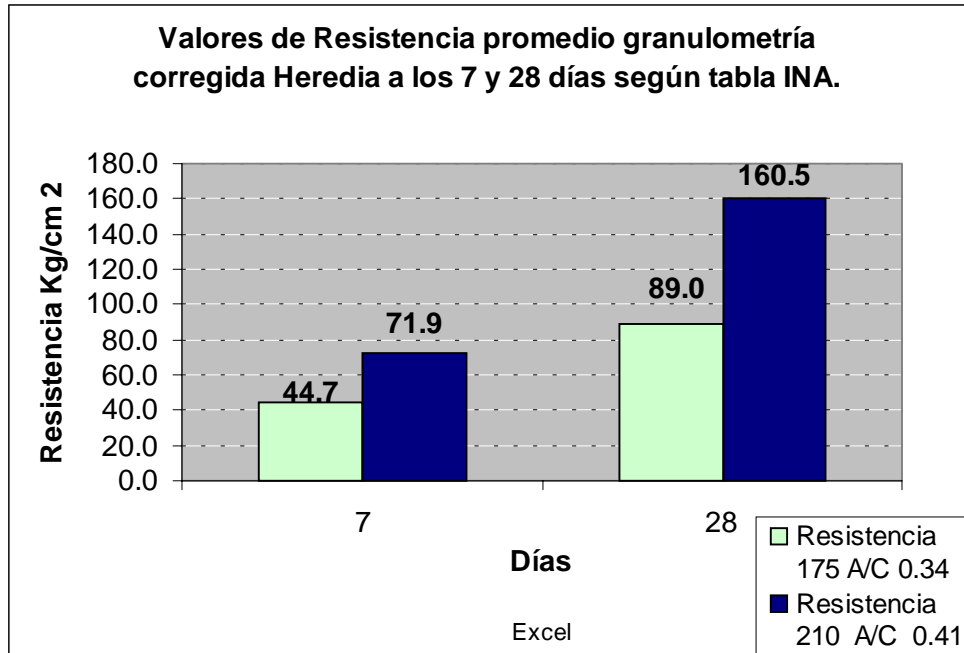
**Figura 12.** Gráfico valores de resistencia promedio granulometría original Heredia a los 7 y 28 días según tabla INA.

**Cuadro 17.** Valores de resistencia Heredia granulometría corregida

Método de diseño		Según tabla INA											
Tiempo de Falla		7 Días						28 Días					
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Cilindro #	Para 175			Para 210			Para 175			Para 210		
	1	33.69			65.04			61.51			143.82		
	2	57.23			70.65			62.44			163.91		
	3	58.79			76.05			114.24			155.75		
	4	38.20			75.87			74.83			153.00		
	5	41.29			77.39			112.40			173.60		
	6	38.64			66.19			108.94			172.89		
Promedio		44.64			71.86			89.06			160.50		
Desviación		10.65			5.37			25.47			11.78		
Revenimiento (cm)		10			4.5			10			4.5		
Cantidad Agua (l)	según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	
	12.74	15.4	5.85	16	18.9	9.35	12.74	15.4	5.85	16	18.9	9.35	
Relación A/C	según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	
	0.74	0.88	0.34	0.69	0.82	0.41	0.74	0.88	0.34	0.69	0.82	0.41	
Proporción por volumen (pie 3)		1:2:4			1:1,5:3			1:2:4			1:1,5:3		
Proporción por volumen (pie 3) considerando hinchamiento		1:1,95:4			1:1,46:3			1:1,95:4			1:1,46:3		
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )		1877			2097			1877			2097		
Fecha de la Prueba		28-May			28-May			28-May			28-May		
Fecha de Falla		4-Jun			4-Jun			25-Jun			25-Jun		
Observaciones		En condiciones lluviosas se chorrearon los cilindros			En condiciones lluviosas se chorrearon los cilindros			En condiciones lluviosas se chorrearon los cilindros			En condiciones lluviosas se chorrearon los cilindros		

Excel





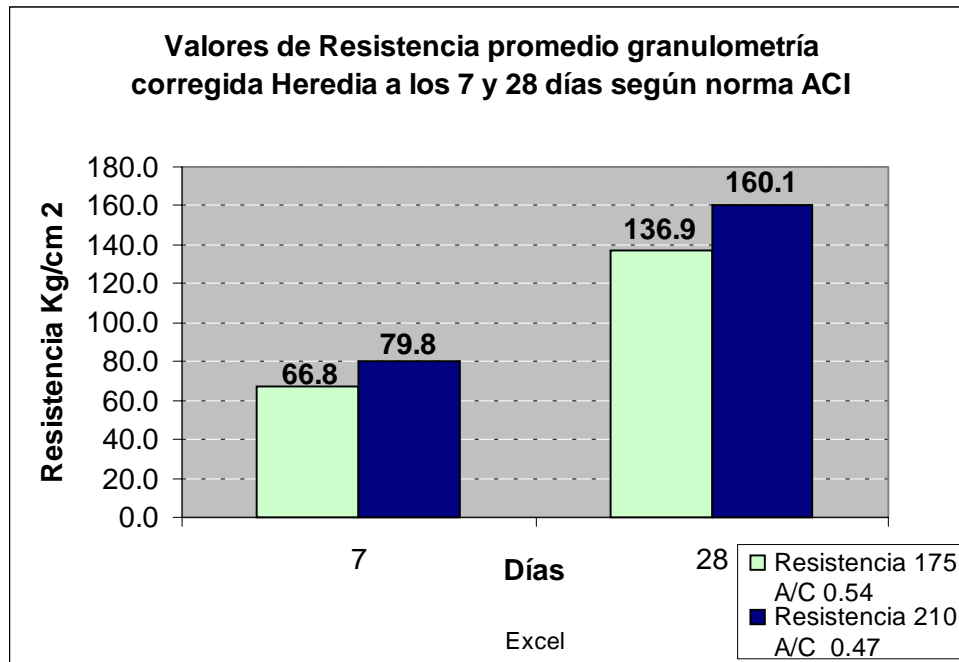
**Figura 13.** Gráfico valores de resistencia promedio granulometría corregida Heredia a los 7 y 28 días según tabla INA.

**Cuadro 18.** Valores de resistencia Heredia granulometría corregida norma ACI

Método de diseño		Según ACI - 211										
Tiempo de Falla		7 Días					28 Días					
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Cilindro #	Para 175			Para 210		Para 175			Para 210		
	1	67.55			65.36		130.66			169.32		
	2	60.16			64.43		117.20			147.08		
	3	65.93			104.04		120.16			160.34		
	4	68.36			103.73		149.53			139.13		
	5	69.19			67.16		149.63			174.93		
	6	69.54			74.01		154.12			170.24		
Promedio		66.79			79.79		136.884			160.17		
Desviación		3.49			18.97		16.28			14.26		
Revenimiento (cm)		6.5			8.5		6.5			8.5		
Cantidad Agua (l)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)
	15.75	22.4	12.85	15.75	22.1	12.55	15.75	22.4	12.85	15.75	22.1	12.55
Relación A/C	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)	Según cálculo	Usada	Real (%w, %abs.)
	0.66	0.94	0.54	0.59	0.83	0.47	0.66	0.94	0.54	0.59	0.83	0.47
Proporción por volumen (pie 3)		1:1,6:1,47			1:1,38:1,31		1:1,6:1,47			1:1,38:1,31		
Proporción por volumen (pie 3) considerando hinchamiento		1:1,56:1,47			1:1,34:1,31		1:1,56:1,47			1:1,34:1,31		
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )		2118			2125		2118			2125		
Fecha de la Prueba		31-May			31-May		31-May			31-May		
Fecha de Falla		7-Jun			7-Jun		28-Jun			28-Jun		
Observaciones		Condición normal			Condición normal		Condición normal			Condición normal		

Excel





**Figura 14.** Gráfico de valores de resistencia promedio granulometría corregida Heredia a los 7 y 28 días según norma ACI

## Entrevistas

Los cuadros 19.a y 19.b muestra la información obtenida en las entrevistas realizadas a diversas personas de diferentes empresas o comercios que tiene relación con venta y distribución de agregados.



**Cuadro 19.a Resultado entrevistas a empresas**

Descripción Pregunta	Empresa El Lagar	Proveed.	Empresa El Irazú	Proveed.	Empresa El Rafaelaño	Ventas	Empresa Piedra Grande	Gerente Gral.
Quiénes compran estos materiales? - Grandes empresas o proyectos - Consumidor en general	Todos pero principalmente pequeños constructores		Constructores pequeños menores a tres vagonetas		Ingenieros y obras M.		El ICE y pequeños compradores	
Hay alguna diferencia en el material que vende al menudeo o mayoreo? Si cuales?	No la hay		Si es mucha cantidad se toma del tajo y no del depósito		Al menudeo es en un tajo y al mayoreo en otro		No	
Cuenta usted con información acerca de las características del material que vende? Si cual? No Por que?	Si viene limpia		Es bueno porque siempre nos compran los mismos		No		La empresa Santa Fé dice que es bueno	
Sabe si el material ha recibido algún tratamiento previo? Si cual? No Porque?	No sé		Se que es material limpio		No		Se tamiza y se lava	
Sabe de la existencia de alguna norma que regule la calidad, resistencia o granulometría u otros para éste tipo de materiales? Si cual?	No sé		Si , sé que los tajos deben tamizar		Algo he oído pero eso lo manejan los tajos		Algo oigo de eso, el ICE pide condiciones	
Se aplica o se siguen los alcances de dicha norma para los agregados que se tienen a la venta?	No sé		También aquí los mantenemos limpios		No sé		Talvez	
Qué razones mas comunes se pueden citar para que no se cumpla con dicha norma? (Factibilidad, costos, calidad)	No sé		No sé		No sé		Nadie lo paga, además así lo compran	
Se ofrece o da alguna garantía sobre la calidad de los agregados que se venden? Si cuál? No porqué?	No la damos, nunca la han pedido		Claro si por error no es lo que el cliente pidió, se lo cambiamos		No la damos porque el tajo no la da		Al ICE le cumplimos con lo que piden	
Que busca el cliente al comprar estos agregados? Calidad (Como la mide ?) - Precio - Procedencia - Conveniencia	Tiempo de entrega y precio		Precio		Precio		Precio	
Sobre el comportamiento del consumidor en relación con este tipo de material cuál ha sido su experiencia, hay algún tipo de preferencia?	No, solo que la arena al apretarla con la mano se haga una bola		Más que todo material limpio		Ninguno		Bien medido	



**Cuadro 19.b Resultado entrevistas a empresas**

Descripción Pregunta	Empresa Concretera Nacional	Ingeniería	Empresa Concretera palmarena	Control de calidad	Empresa Maderas Germa	Gerente Gral.
Quiénes compran estos materiales? - Grandes empresas o proyectos - Consumidor en general	Proyectos y consumidor en general		En Palmares y Orotina clientes ocasionales, en Liberia el ICE y algunas constructoras.	Constructores individuales, algunas constructoras, clientes regulares		
Hay alguna diferencia en el material que vende al menudeo o mayoreo? Si cuales?	No		Sí, el ICE regula la granulometría	No, siempre es el mismo		
Cuenta usted con información acerca de las características del material que vende? Si cual? No Por que?	Se hacen estudios granulométricos en la fuente de Guápiles		NO, el proveedor varía constantemente el tipo de material	No, no interesa.La piedra se trae de Barranca y la arena de Grecia		
Sabe si el material ha recibido algún tratamiento previo? Si cual? No Porque?	Se le hacen los necesarios		Sí, la arena es colada y a la piedra se le elimina partículas mayores	Si, la arena se zarandea y la piedra se lava		
Sabe de la existencia de alguna norma que regule la calidad, resistencia o granulometría u otros para éste tipo de materiales? Si cual?	El ACI para diseno		Sí, aplicamos de la ASTM las normas C-29,C-117,C-128,C-136,C-566	Sé que si existe, pero no la conozco		
Se aplica o se siguen los alcances de dicha norma para los agregados que se tienen a la venta?	Si		No, se usa en concretos para elementos prefabricados	N/A		
Qué razones mas comunes se pueden citar para que no se cumpla con dicha norma? (Factibilidad, costos, calidad)	Hay empresas que no pueden cargar esos costos		No se conocen ni aplican normas nacionales	N/A		
Se ofrece o da alguna garantía sobre la calidad de los agregados que se venden? Si cuál? No porqué?	Por escrito		Si se da para el prefabricado, no para agregados, se consideran excepciones, nada por escrito	Si el cliente no está conforme se le cambia siempre que sea posible, nada por escrito.		
Que busca el cliente al comprar estos agregados? Calidad (Como la mide ?) - Precio - Procedencia - Conveniencia	Calidad y precio		Comodidad, conveniencia y precio (todo en el mismo lugar), indirectamente calidad (prestigio)	El 70% se rigen por el precio y el 30% por calidad. La calidad se valora por la procedencia.		
Sobre el comportamiento del consumidor en relación con este tipo de material cuál ha sido su experiencia, hay algún tipo de preferencia?	Tiempo de entrega		La arena negra, la piedra no debe ser porosa	Sí, la arena debe ser negra y la piedra de río, que sea pesada.		



# Análisis de Resultados

## Características de los agregados

Para los agregados en estudio se hacen evidentes, en su condición original las diferencias en sus propiedades, tanto en los agregados finos como en los agregados gruesos. Se observan, entre otras, las siguientes diferencias:

- En la absorción del agregado fino, hasta un 15% mayor para Heredia.
- En peso unitario del agregado fino,  $500 \text{ kg/m}^3$  mayor el de Guápiles.
- En gravedad específica del agregado fino, se tiene casi  $1000 \text{ kg/m}^3$  mayor el de Guápiles.
- En la cantidad de finos pasando la malla # 200, se tiene hasta un 15% más para Heredia.
- En el peso unitario del agregado grueso,  $160 \text{ kg/m}^3$  más en el de Guápiles.
- En la gravedad específica del agregado grueso, se tiene aproximadamente  $200 \text{ kg/m}^3$  más en Guápiles.

Los agregados procedentes de la fuente Guápiles tienen características más favorables para la obtención de concretos de mejor resistencia esto se hizo notable en los valores finales de resistencias obtenidas.

En lo realizado para los respectivos ajustes granulométricos, los agregados de la fuente de Heredia, fueron los que sustancialmente mejoraron sus características, sin embargo no se logra mejorar significativamente los valores finales de resistencia.

## Granulometría

En general, ninguna de las muestras tomadas de las respectivas fuentes, en su condición inicial cumple con la granulometría según la norma oficial 10854-MEIC. En las características particulares de cada fuente, se observa lo siguiente.

### Fuente Guápiles

#### Agregado grueso

Al analizar los resultados granulométricos del cuadro 1, se observa que en su condición original con respecto a la norma, sólo se cumple con ésta para la malla de 12,5 mm. Se nota un exceso de material pasando a partir de ésta malla, por lo que se procedió a efectuar el ajuste respectivo, a fin de corregir dicha deficiencia. En el anexo 3. el cuadro A-1. y la figura A-1. se tiene un primer ajuste en donde se logran corregir las deficiencias ya mencionadas.

Del cuadro A-1.a. se observa que a pesar de no cumplir por poco con la malla 8, se aceptó por buena la granulometría para éste agregado, el cual se usó en la elaboración de la mezcla para verificar resistencias de diseño de 175 y  $210 \text{ kg/cm}^2$  condición granulometría corregida Guápiles. No obstante, se hizo un segundo ajuste a fin de mejorarla y utilizarla en el diseño por la norma ACI, lo cual se logró y se presenta en el cuadro 4. y la figura 3.



## Agregado fino

Al igual que en el caso anterior, tenemos que el agregado fino (ver cuadro 2.) no cumple con la norma en tres mallas, a saber: 9,5 mm, # 4 y # 8, además del módulo de finura que debe ser como máximo 3.1. Nuevamente al igual que en el agregado grueso se procedió al ajuste granulométrico del caso, el cual se muestra en su primer intento en el anexo 3 en el cuadro A-2. y figura A-2.

Dentro de lo más destacable del ajuste, se tiene que a pesar que se logra cumplir con los porcentajes pasando en todas las mallas, incluyendo el módulo de finura, no se logra cumplir en las mallas # 16, # 30 y # 50 con la disposición que indica la norma, donde no se debe exceder en más de un 45% del peso retenido en dos mallas consecutivas. No obstante, la misma establece que se puede trabajar con arenas que no se apeguen a lo anterior siempre y cuando se compruebe mediante diseño de mezclas que dicho agregado es adecuado. Por tal motivo se aceptó dicho material para la elaboración de cilindros para resistencias de diseño de 175 y 210 kg/cm<sup>2</sup>, en la condición de granulometría corregida Guápiles. Para diseñar por la norma ACI se hizo necesario realizarle otro ajuste el cual se logró y se muestra en el cuadro 5. y figura 4.

## Fuente Heredia

### Agregado grueso

Analizados los resultados granulométricos del cuadro 7. y figura 5, se tiene que en su condición original con respecto a la norma 10854-MEIC, no se cumple con ésta en las mallas 9,5 mm. y # 4. Es notable un exceso de material pasando en estas mallas, por lo que se procedió al ajuste respectivo a fin de corregir dicha deficiencia.

En el anexo 4. se tiene en el cuadro A-3. y la figura A-3. un primer ajuste, donde se logra mejorar parcialmente las deficiencias ya mencionadas. Hasta en el segundo ajuste que se logra hacer cumplir el material con la norma, a pesar de que los porcentajes pasando se

encuentran recargados al límite superior de ésta, lo anterior se muestra en el cuadro 10. y la figura 7. Dicho agregado se usó en la elaboración de los cilindros para determinar resistencias de diseño de 175 y 210 kg/cm<sup>2</sup> condición granulometría corregida Heredia y para la norma ACI.

### Agregado fino

Para el agregado fino, en su condición original (ver cuadro 8. y figura 6.) se cumple con la norma únicamente para las mallas # 16 y # 30 además, es notable el exceso de finos pasando la malla # 200 condición importante a tomar en cuenta en la resistencia final obtenida de los cilindros granulometría original, en ambas resistencias de diseño.

Nuevamente al igual que en casos anteriores, se procedió al ajuste granulométrico, el cual se muestra en su primer intento en el anexo 4 en el cuadro A-4. y figura A-4. Lo más destacable del ajuste, es que a pesar que se logra cumplir con los porcentajes pasando en las mallas 9,5 mm, # 4, # 8, # 16 y # 30, no se logra cumplir con el resto y se mantiene siempre una alta presencia de finos debido a la dificultad que éstos presentan a la hora de corregirse por medio de mallas, por lo que se procedió a un segundo ajuste previa eliminación de finos por medio de un lavado mecánico total del material.

Los resultados de lo anterior se muestran en el cuadro 11. y figura 8. Nótese que aún así no se logró cumplir, aunque por poco, con el porcentaje pasando en la malla # 100. A pesar de esto se aceptó dicho material para la elaboración de cilindros de prueba para las resistencias de diseño de 175 y 210 kg/cm<sup>2</sup> condición granulometría corregida Heredia y para la norma ACI.





# Resistencia a la compresión

Las limitaciones más importantes detectadas a la hora del diseño por tabla son:

- No se indican las relaciones A/C a usar para las diferentes resistencias de diseño.
- No se considera el uso de un factor de seguridad.
- No se informa que para diferentes fuentes de agregados, se podrían obtener diferentes resistencias.
- Se interpreta que la proporción arena: piedra para el caso de las tablas INA, siempre es 1:2.
- No obliga a conocer las características y condiciones de los agregados.
- Cumple con las resistencias de diseño descritas pero no para todo tipo de agregados.

Sobre sus alcances se citan:

- Son prácticas y de fácil uso.
- Da una correcta interpretación que al disminuir la arena y piedra para una cantidad constante de cemento, se logra aumentar la resistencia.
- Al no existir opciones alternas de diseño, ésta es de gran ayuda.

Como se mencionó anteriormente, las edades para el fallamiento se realizaron a los 7 y 28 días de edad, para ambos casos se fallaban seis unidades. Se esperaba lograr a los 7 días una resistencia cercana al 65% de la resistencia de diseño y del 95% a los 28 días.

Uno de los factores que pueden explicar las variaciones obtenidas es la relación A/C, como se indicó en la metodología, la cantidad de agua agregada fue aquella que cumpliera con un determinado revenimiento. En el caso de muestras con muchos finos fue necesario agregar mucha agua para cumplir con el requisito. Los resultados para cada fuente se indican a continuación.

## Fuente Guápiles

De los resultados del cuadro 20, se tiene el siguiente análisis:

### Granulometría original

Para concretos diseñados a  $175 \text{ kg/cm}^2$  los valores obtenidos no llegan a los valores esperados. Pero cuando el diseño fue para  $210 \text{ kg/cm}^2$  los valores obtenidos sobrepasan los estimados en un 35% en promedio.

### Granulometría corregida

Al igual que en el caso anterior, para concretos diseñados a  $175 \text{ kg/cm}^2$  los valores obtenidos no llegan a los valores esperados. Pero cuando el diseño fue para  $210 \text{ kg/cm}^2$  nuevamente los valores obtenidos sobrepasan los estimados.

### Diseño por norma ACI

Para concretos diseñados tanto para  $175 \text{ kg/cm}^2$  como  $210 \text{ kg/cm}^2$ , los valores obtenidos llegan a los valores esperados e incluso los sobrepasan en un 20% en promedio.

### Comentario

El diseño por la norma ACI fue la que genera los mejores valores de resistencia. El diseño por tabla no mejoró los valores de resistencia a pesar de ajustar la granulometría, sin embargo, se nota que la relación A/C aumentó de su condición granulometría original a corregida, lo que significa que se agregó más agua por peso de cemento. El manejo de esta relación A/C por la norma fue mejor y se mantiene en los rangos diseñados.

Debe recalcar que a pesar de que en promedio la desviación estándar al diseñar por la norma ACI fue mayor que para los diseños por tabla INA, aun así los valores promedios obtenidos por este diseño, superan los estimados. A la vez se notó que en aquellos casos en donde la desviación fue mayor, los cilindros respectivos presentaban algún tipo de



deficiencia, principalmente de pasta (hormigueros).

## Fuente Heredia

Analizados los resultados del cuadro 21, se tienen las siguientes observaciones.

## Granulometría original

Para concretos diseñados tanto para  $175 \text{ kg/cm}^2$  como  $210 \text{ kg/cm}^2$ , los valores obtenidos llegan como máximo al 48% de lo proyectado. Vale mencionar que los altos contenidos de material fino, así como la alta absorción encontrada (18.43%), nos hacen estimar que dichos factores fueron determinantes en la resistencia obtenida.

## Granulometría corregida

Al igual que en el caso anterior, para concretos diseñados a  $175 \text{ kg/cm}^2$  y  $210 \text{ kg/cm}^2$  los valores obtenidos no llegan a los valores esperados, aunque mejoran la resistencia en cuanto al caso anterior aproximadamente en un 30% más.

## Diseño por norma ACI

Para concretos diseñados para  $175 \text{ kg/cm}^2$  mejoran en aproximadamente 25% con respecto al diseño por tabla, pero para  $210 \text{ kg/cm}^2$ , los valores son prácticamente iguales por ambos métodos.

## Comentario

Al igual que en el caso de Guápiles, con la norma ACI se da una tendencia a mejores resultados para  $175 \text{ kg/cm}^2$  y  $210 \text{ kg/cm}^2$ , sin embargo, no son muy diferentes de los obtenidos por diseño con tabla para granulometría corregida.

Para la granulometría original se obtuvieron los peores valores de todos los cilindros fallados, siendo la relación A/C también alta, prácticamente el doble de las obtenidas para condición granulometría corregida y la norma

ACI, lo anterior se debió a que en el caso de granulometría original, no se determinó el valor del porcentaje de humedad por cuanto la metodología a seguir así lo disponía.

Con respecto a las desviaciones estándar se nota que en promedio éstas son menores que con respecto a la fuente Guápiles, esto puede darse por el hecho de que dentro del orden de trabajo, primero se diseñaron y elaboraban los cilindros para la fuente Guápiles y posteriormente para la fuente de Heredia, con la salvedad que de un proceso al otro se mejoraban las actividades, pero aún así los resultados obtenidos para la fuente de Heredia fueron inferiores a los de la fuente Guápiles.

## Análisis económico

Se tienen como consideraciones previas, que ambas fuentes se encuentran equidistantes del sitio del proyecto y que el costo por metro cúbico tanto de la arena como la piedra, puestos en la obra son los mismos independientemente de la fuente. Por lo tanto:

- Al revisar la información del cuadro 13. relacionado con los agregados de Guápiles en su condición original, se tiene que para una proporción por volumen de 1:1,5:3 (cemento: arena: piedra) la resistencia promedio del concreto llegó a  $292 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días. Sin embargo para la dosificación 1:2:4 la resistencia promedio del concreto no superó los  $126 \text{ kg/cm}^2$  para la misma edad.
- Lo anterior indica que con la proporción 1:1,5:3 se asegura un concreto que superará los  $175 \text{ kg/cm}^2$  y estaría próximo a los  $290 \text{ kg/cm}^2$ .
- Al comparar la misma proporción pero esta vez para el agregado de la fuente de Heredia, también en su condición original (cuadro 16.) se determinó que la resistencia promedio que se obtuvo no superó los  $96 \text{ kg/cm}^2$ .
- Por consiguiente al comparar iguales proporciones en iguales condiciones granulométricas (estado original), se tiene que para los agregados de la fuente de Heredia, será necesario aumentar la cantidad de cemento para mejorar la resistencia, lo que implica que los costos por metro cúbico de concreto sean mayores que para los elaborados con los agregados de la fuente de



Guápiles, los cuáles superan los 210 kg/cm<sup>2</sup>.  
para la dosificación 1:1,5:3.

**Cuadro 20. Comparación de valores de resistencia promedio con respecto a la esperada y otras condiciones para fuente Guápiles.**

Condición / Descripción	Granulometría Original				Granulometría Corregida				Norma ACI			
	175		210		175		210		175		210	
Resistencia de diseño (kg/cm <sup>2</sup> )												
Tiempo de falla (días)	7	28	7	28	7	28	7	28	7	28	7	28
Resistencia promedio obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	66.7	126.5	173.3	292.2	41.3	72.3	140.3	234.9	138.6	200.6	161.3	259.3
Resistencia esperada (kg/cm <sup>2</sup> ) (**)	114.0	166.0	137.0	200.0	114.0	166.0	137.0	200.0	114.0	166.0	137.0	200.0
Porcentaje de resistencia obtenida con respecto a la esperada	58.51	76.20	126.50	146.10	36.23	43.55	102.41	117.45	121.58	120.84	117.74	129.65
Relación A/C	1.06		0.7		1.15		0.8		0.57		0.51	
Revenimiento (cm)	10		4.5		7.5		7		4.5		7	

(\*\*) Los porcentajes de las resistencias esperadas fueron para 7 días un 65% y a los 28 días un 95% de la resistencia de diseño

Excel

**Cuadro 21. Comparación de valores de resistencia promedio con respecto a la esperada y otras condiciones para fuente Heredia**

Condición / Descripción	Granulometría Original				Granulometría Corregida				Norma ACI			
	175		210		175		210		175		210	
Resistencia de diseño (kg/cm <sup>2</sup> )												
Tiempo de falla (días)	7	28	7	28	7	28	7	28	7	28	7	28
Resistencia promedio obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	32.7	63.7	49.2	95.9	44.7	89.0	71.9	160.5	66.8	136.9	79.8	160.1
Resistencia esperada (kg/cm <sup>2</sup> )	114.0	166.0	137.0	200.0	114.0	166.0	137.0	200.0	114.0	166.0	137.0	200.0
Porcentaje de resistencia obtenida con respecto a la esperada	28.68	38.37	35.91	47.95	39.21	53.61	52.48	80.25	58.60	82.47	58.25	80.05
Relación A/C	1.13		0.94		0.34		0.41		0.54		0.47	
Revenimiento (cm)	5		5		10		4.5		6.5		8.5	

(\*\*) Los porcentajes de las resistencias esperadas fueron para 7 días un 65% y a los 28 días un 95% de la resistencia de diseño

Excel



# Análisis de las entrevistas

El fin de realizar las entrevistas fue tener una estimación del grado de conocimiento que tienen tanto, el proveedor, el vendedor como el consumidor del agregado. El número de personas consultadas es muy pequeña con respecto a la población existente, por lo que la información obtenida representa una simple estimación que podrá servir como una referencia para la selección de un agregado en particular.

En la entrevista se establecieron 10 preguntas abiertas y las estimaciones de resultados se presenta a continuación. Ver respuestas de entrevistas en los cuadros 19 a. y 19 b.

Se estima que los materiales son comprados principalmente por pequeños empresarios constructores y público en general. Además que solo bajo pedido expreso del cliente se le harían ajustes a los agregados.

La información acerca de las características de los agregados no las conocen los pequeños proveedores y consumidores, únicamente las grandes empresas.

En cuanto al tratamiento previo de los agregados se cree que con el lavado y eliminación de partículas grandes se tiene un material apto para ser utilizado.

Del conocimiento de la Norma Oficial de Especificaciones para los Agregados Finos y Gruesos para Concreto 10854-MEIC (Ministerio de Economía Industria y Comercio), su aplicación y garantía del producto que venden solamente las grandes empresas están actualizadas. La mayor parte de los proveedores entrevistados creen que ajustarse a la norma requiere de un costo adicional que no es reconocido por los consumidores, asimismo, estos proveedores no dan garantía escrita de los agregados que venden, situación que no preocupa al consumidor quien se interesa en factores como el precio, tiempo de entrega y volúmenes de compra.

Los vendedores estiman que el comportamiento del consumidor hacia el producto de agregados se basa en la subjetividad del color del material y su grado de limpieza.



# Conclusiones y Recomendaciones

## Conclusiones

### Tabla de proporcionamiento:

- Las resistencias obtenidas comparadas con las indicadas en las tablas, no se cumplieron para todos los casos.
- Su uso para el proporcionamiento de las mezclas de concreto, no se ajusta a la variabilidad de las características de los agregados con que cuenta nuestro país.
- Al diseñar no se toman en cuenta aspectos fundamentales como son: la absorción, la relación agua/cemento, la cantidad de finos, humedad y otros.
- Se interpreta que la relación arena: piedra siempre es de 1:2, condición que por método de diseño ACI no siempre se cumple.
- Da una correcta interpretación que al disminuir la arena y piedra para una cantidad constante de cemento, se logra aumentar la resistencia.
- Es práctica y de fácil uso y al no existir opciones similares de diseño, ésta es de gran ayuda.

### Fuentes de agregado:

- El material de Guápiles proviene de una fuente de río, mientras que el material de Heredia proviene de una fuente de tajo, lo que

hace una diferencia muy marcada entre ambos.

- Los agregados de la fuente de Guápiles son de un peso unitario seco mayor que los de la fuente de Heredia, condición que también se cumplió para los pesos volumétricos de los concretos obtenidos.
- El agregado fino de la fuente de Heredia fue un 15% de fino mayor que el agregado fino de la fuente Guápiles.
- La absorción del agregado fino para la fuente Heredia es hasta un 15% mayor que para la fuente de Guápiles.
- Los agregados procedentes de la fuente de Guápiles tienen características más favorables para la obtención de concreto de mejor resistencia.

### Granulometría:

- Los agregados de las fuentes de Guápiles y Heredia, para finos y gruesos, no cumplen con la norma 10854-MEIC en su condición original.
- Se ratifica lo que otros estudios anteriormente señalan, en cuanto a que los agregados nacionales no cumplen con la normativa vigente.

### Resistencia a compresión:

- Los concretos elaborados con los agregados de la fuente Heredia no cumplieron con los valores de diseño esperados.



- Para la fuente de Guápiles al realizar el ajuste granulométrico las resistencias obtenidas fueron menores que su condición granulométrica original (lo que se puede deber a una relación A/C mayor), situación contraria para la fuente de Heredia.
- En términos generales las resistencias promedio obtenidas para la fuente de Guápiles, siempre fueron mayores que para la fuente de Heredia.

## Métodos de diseño:

- Los resultados de resistencia obtenidos por el método de diseño ACI, tienden a ser mejores que los obtenidos por el método de proporcionamiento por tabla en la mayoría de las condiciones analizadas.

## Entrevistas:

- Existe desconocimiento de proveedores y consumidores acerca de la norma 10854-MEIC.
- Para el consumidor tiene mayor interés el precio y el tiempo de entrega que la calidad del producto que compra.

## Aspecto económico:

- Para condiciones iguales de proporcionamiento, las resistencias obtenidas con los agregados de la fuente Guápiles superan las de la fuente de Heredia.
- Por todas las consideraciones anteriores y para condiciones similares de precio de compra y traslado, los agregados de la fuente de Guápiles son los más apropiados para usar en el proyecto de construcción a realizar en Heredia.

# Recomendaciones

- En el caso de que se mantenga el interés por continuar diseñando mezclas de concreto por medio de tabla, se debe tomar en

consideración un factor de seguridad, de acuerdo con lo obtenido en el presente informe, de al menos un 30% con respecto a la resistencia deseada. Lo que equivale adicionar 1,5 sacos de cemento por metro cúbico para concreto de 175 kg/cm<sup>2</sup> y 2,5 sacos para concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

- Para el proyecto de construcción propuesto, a realizar en la provincia de Heredia, se deben utilizar los agregados de la fuente de Guápiles.
- No se recomienda utilizar los agregados de la fuente de Heredia por ninguna circunstancia, hasta tanto se realicen los ensayos de concretos que garanticen las resistencias deseadas.
- Es conveniente que instituciones como el Instituto Nacional de Aprendizaje y las universidades por medio de sus centros de investigación, realicen una actualización de las propuestas de proporcionamiento existentes. Estas deben considerar la realidad en la variedad de los agregados que se tienen en el mercado, a partir de estudios previos como los realizados por el Centro de Investigaciones en Vivienda y Construcción.
- Para futuros estudios para estos agregados, se recomienda dirigir el análisis de estos resultados considerando las variables: relación agua/cemento, presencia de finos y absorción en la resistencia del concreto.
- Ante el desconocimiento general de la norma 10854-MEIC, es necesario que las universidades, gremios profesionales afines, empresas constructoras y otros, promuevan la necesidad de ser más críticos a la hora de seleccionar los agregados para la elaboración de concretos (Defensoría del consumidor).
- Realizar pruebas de campo sencillas al material como por ejemplo para la arena, batir en un frasco transparente conteniendo agua, una pequeña cantidad de agregado, lográndose así detectar preliminarmente la distribución de los granos y si existe o no material deletéreo. Para determinar someramente lo friable del material, basta con presionarlo fuertemente con las uñas, así como palpar su peso y su porosidad a la vista.
- De ser posible utilizar preferiblemente agregados provenientes de ríos y no de tajos.



# Apéndices

## Apéndice 1

**Cuadro 22**  
**Proporcionamiento por tabla INA**

Dosificación cemento: arena: piedra	Resistencia a 28 días Kg/ cm <sup>2</sup>
1:3:6	105
1:2,5:5	140
1:2:4	175
1:1,5:3	210
1:1:2	245

Fuente: Curso de albañilería INA Excel

## Apéndice 2

Se presenta a continuación el método de diseño adaptado del informe del Comité 211 del ACI (American Concrete Institute). La figura 1 siguiente debe ser usada con unidades del sistema métrico según se indica en la siguiente nomenclatura:

- A** = Peso del agua de mezcla en kg.
- C** = Peso del cemento en kg.
- A/C** = Relación agua/cemento
- V<sub>a</sub>** = Volumen del agua en litros
- V<sub>c</sub>** = Volumen del cemento en litros
- V<sub>v</sub>** = Volumen del aire arrastrado en litros
- W<sub>g</sub>** = Peso seco del agregado grueso en kg
- W<sub>f</sub>** = Peso seco del agregado fino o arena en kg

**V<sub>sg</sub>**= Volumen del agregado grueso seco compactado en litros

**V<sub>g</sub>** = Volumen de las partículas del agregado seco en litros

**V<sub>f</sub>** = Volumen de las partículas de arena en litros

**M**= Peso unitario del agregado grueso compactado según ASTM C-29

**G<sub>g</sub>** = Peso específico relativo saturado superficie seca del agregado grueso según ASTM C-128

**G<sub>c</sub>** = Peso específico relativo del cemento.

Así mismo se presenta como ejemplo de diseño, la memoria de cálculo del caso correspondiente a la fuente Guápiles para 175 kg/cm<sup>2</sup> ACI.

**Paso 1:**

Selección del revenimiento, del ACI 211.1-91 para vigas, se tiene máximo 100 mm, mínimo 25 mm, se usará 75 mm.

- **Rev. = 7.5 cm**

**Paso 2:**

Selección del tamaño máximo del agregado, por disponibilidad y así determinado se usará agregado de tamaño máximo de 12.5 mm.

**Paso 3:**

Escogencia del factor de seguridad, del ACI 211.1-91 se tiene que para un coeficiente de variación de 15 y para obras normales se recomienda usar un 14%.

- **Fs. = 15%**

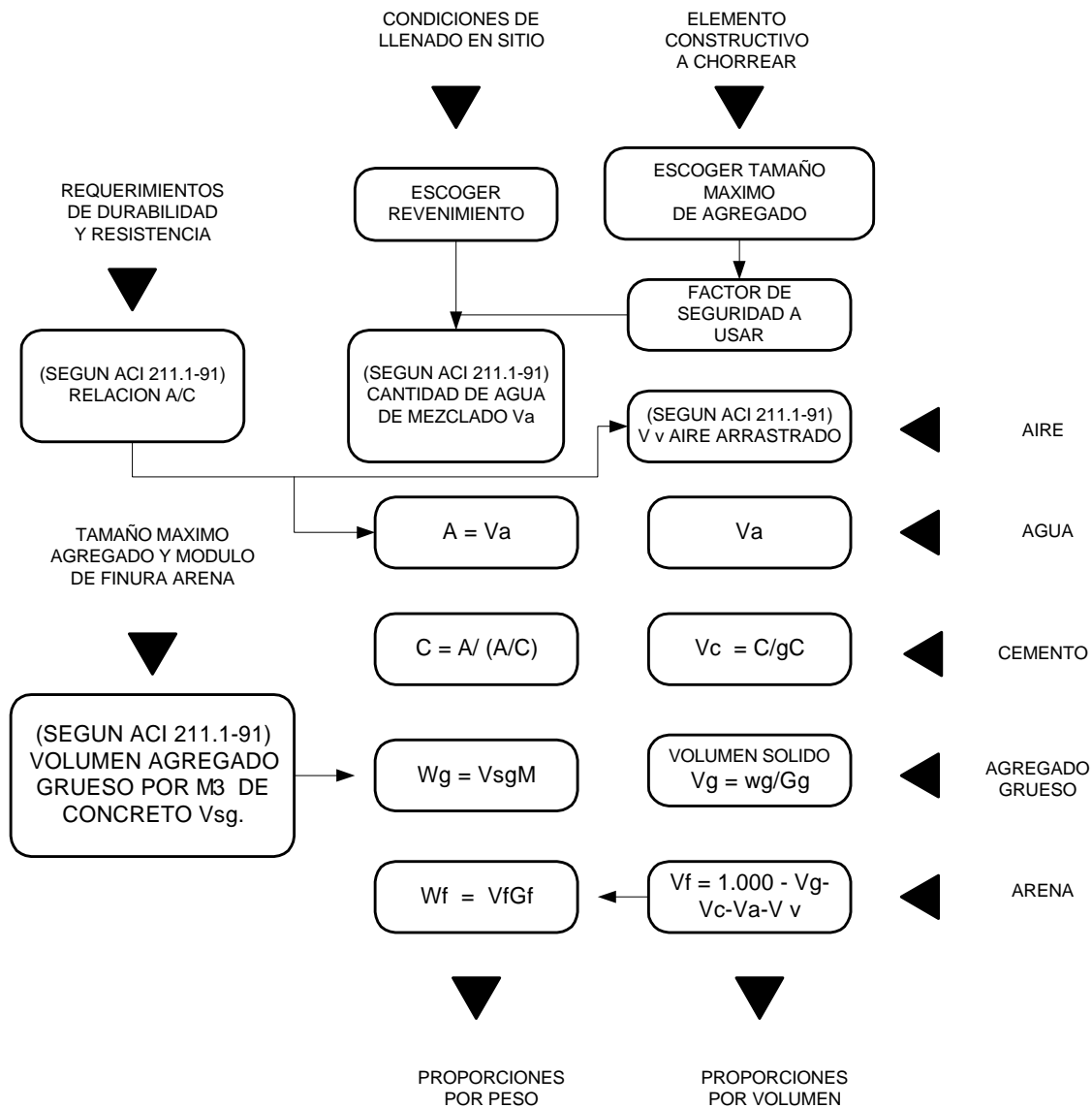
Resistencia de concreto a diseñar = 200kg/cm<sup>2</sup>

**Paso 4:**

Estimación del agua y contenido de aire, del ACI 211.1-91, se tiene que para un revenimiento de 7.5 a 10 cm y un tamaño máximo de 12.5 mm se requiere de:

- **agua para la mezcla 218 litros/m<sup>3</sup>**
- **porcentaje de aire incluido 2.5**





Visio 5.0

Fuente: Catálogo General Productos de Concreto

**Figura 15** *Diseño de mezclas de concreto según ACI*





**Paso 5:**

Selección de la relación agua/cemento, del ACI 211.1-91, se tiene que:

Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Relación A/C (por peso)
225	0.62
175	0.71

Interpolando para 210 kg/cm<sup>2</sup> se tiene:

- **A/C= 0.66**

**Paso 6:**

Cálculo de contenido de cemento, conocidos, del paso 4 y paso 5:

- agua de la mezcla = 218 litros/m<sup>3</sup>
- relación A/C = 0.66

Igualando  $C = A/(0.66)$ , se tiene que peso de cemento necesario es de 330.30 kg/m<sup>3</sup>.

$$C = 330.30 \text{ kg/m}^3$$

Conociendo que la gravedad específica del cemento usado es de 2.95, se tiene que su volumen efectivo para un metro cúbico es de 0.112 m<sup>3</sup>.

**Paso 7:**

Estimación del contenido del agregado grueso, del ACI 211.1-91, se tiene que:

Tamaño máximo (mm)	Mód. de finura	Vol. agregado (m <sup>3</sup> )
12.5	2.80	0.51
12.5	3.00	0.49

Teniendo que módulo de finura de arena fuente Guápiles granulometría corregida es de 2.88 (ver cuadro 5), interpolando tenemos que:

- Volumen de agregado grueso = 0.502 m<sup>3</sup>

Conociendo que el peso unitario del agregado fuente Guápiles granulometría corregida es de 1424 kg/m<sup>3</sup> y que su gravedad específica es de 2.66 (ver cuadro 6), se tiene que para el volumen anterior lo obtenido su peso aportado a la mezcla para un metro cúbico es de 715 kg y su volumen efectivo es de 0.27 m<sup>3</sup>.

**Paso 8:**

Estimación del contenido del agregado fino, siendo ya conocidos los volúmenes efectivos para un metro cúbico de:

$$\text{Volumen de agua} = 0.218 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de aire} = 0.025 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen del cemento} = 0.112 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de agregado grueso} = 0.27 \text{ m}^3$$

Por simple resta aritmética se tiene que el volumen efectivo de arena para un metro cúbico de concreto es de 0.38 m<sup>3</sup>. Conocido que la gravedad específica de la arena para la fuente Guápiles para la condición granulometría corregida es de 2.55 y que su humedad es de 2.17% (ver cuadro 6), se determina que el peso

de la arena condición seca a aportar para un metro cúbico de concreto es de 960 kg y éste en su condición húmeda es de 980.4 kg.

**Paso 9:**

Corrección por humedad y absorción. Del cuadro 6 se tiene la siguiente corrección:

material	% humedad	% absorción	humedad libre (l/m <sup>3</sup> )	peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )	gravedad específica	ajuste agua (l/m <sup>3</sup> )
a. grueso	2.17	3.57	-1.40	1595	2.55	-22.33
a. fino	0.86	1.33	-0.47	1424	2.66	-6.69

El agua total adicional a agregar a la mezcla de concreto por metro cúbico es de 29.02 litros.

**Paso 10:**

Proporcionamiento o dosificación para un metro cúbico de concreto

Por peso:

$$\text{Cemento} = 330.30 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 247.00 \text{ L}$$

$$\text{Agreg. grueso} = 721.00 \text{ kg}$$

$$\text{Agreg. fino} = 980.40 \text{ kg}$$

Por volumen:

$$\text{Cemento} = 0.35 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = 0.25 \text{ m}^3$$

$$\text{Agreg. grueso} = 0.50 \text{ m}^3$$

$$\text{Agreg. fino} = 0.60 \text{ m}^3$$

Proporcionamiento o dosificación por peso para el volumen de mezcla a ocupar (0.07 m<sup>3</sup>, 13 cilindros):

Por peso:

$$\text{Cemento} = 24 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 18 \text{ L}$$

$$\text{Agreg. grueso} = 52 \text{ kg}$$

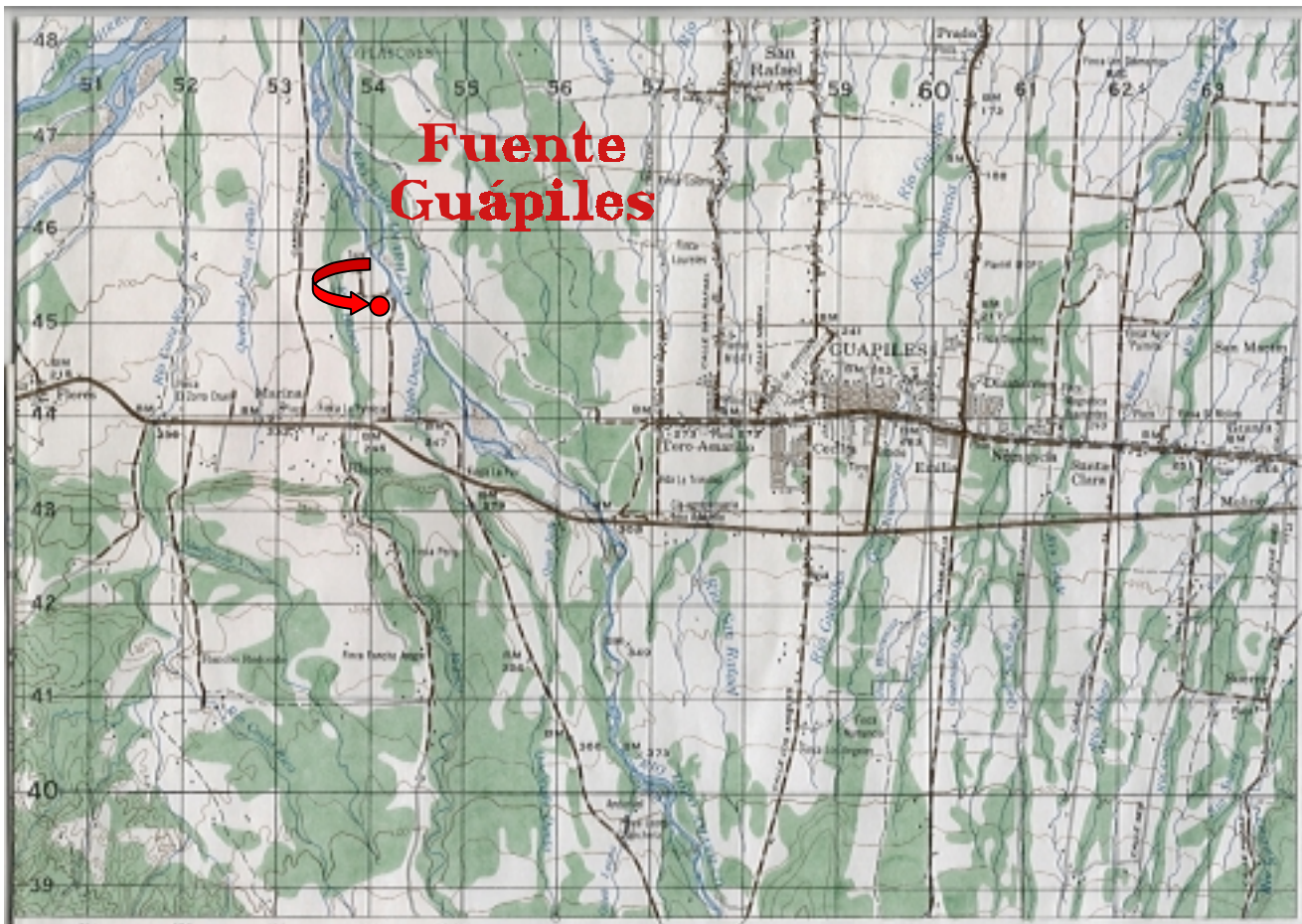
$$\text{Agreg. fino} = 71 \text{ kg}$$



# Anexos

## Anexo 1: Mapa 1

Sección hoja Guápiles, hoja 3446 IV del Instituto Geográfico Nacional, escala 1: 50.000

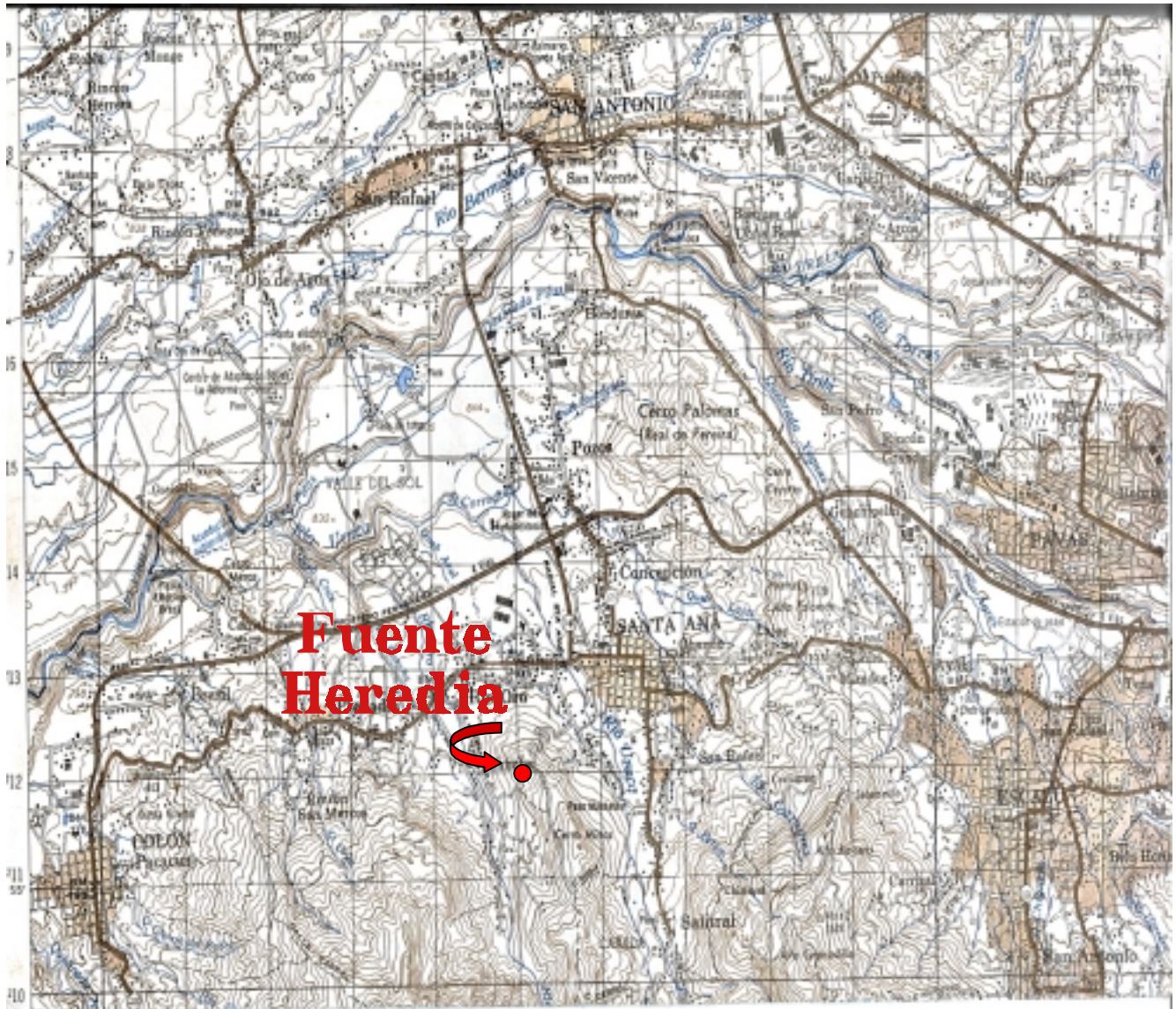


ACDsee 32



# Anexo 2: Mapa 2

Sección hoja Abra, hoja 3345 I, del Instituto Geográfico Nacional, escala 1: 50.000



ACDsee 32

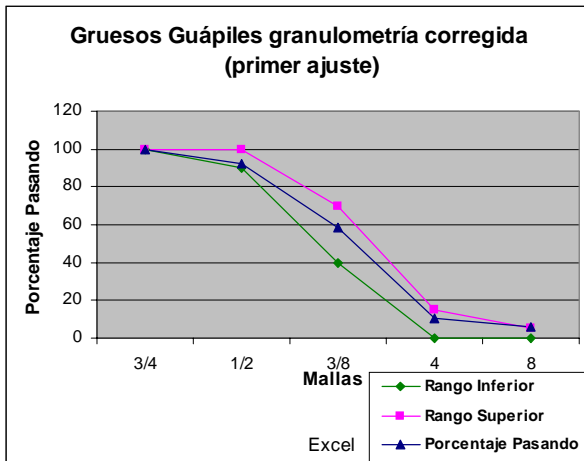


# Anexo 3: Fuente Guápiles

## Ajustes granulométricos

**Cuadro A-1. Agregado grueso Guápiles Granulometría corregida (primer ajuste).**

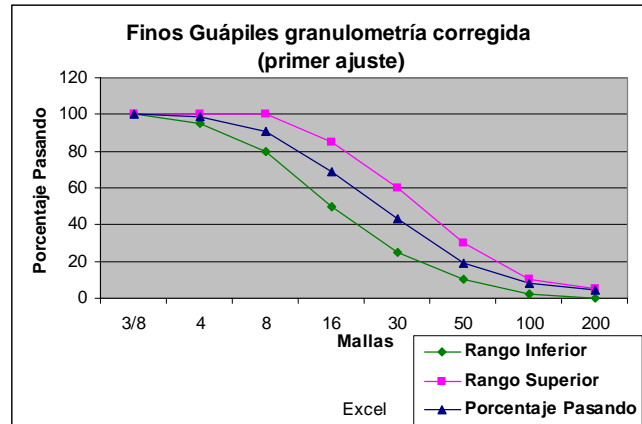
Malla #	Peso Retenido (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasando	Norma 10854
3/4	0	0.00	0.00	100.0	100
1/2	318	8.00	8.00	92.0	90 al 100
3/8	1333	33.55	41.56	58.4	40 al 70
4	1914	48.18	89.73	10.3	0 al 15
8	178	4.48	94.21	5.79	0 al 5
Peso total retenido(gr)			3743		
Pasando malla# 8 (gr)			230		
Peso total (gr)			3973		Excel



**Figura A-1.**

**Cuadro A2. Agregado fino Guápiles Granulometría corregida. (primer ajuste)**

Malla #	Peso Retenido (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasando	Norma 10854
9.5	0	0.00	0.00	100.0	100
4	6.63	1.45	1.45	98.5	95 al 100
8	35.64	7.81	9.27	90.7	80 al 100
16	101.77	22.31	31.57	68.4	50 al 85
30	116.43	25.52	57.09	42.9	25 al 60
50	107.7	23.61	80.70	19.3	10 al 30
100	50.09	10.98	91.68	8.3	2 al 10
200	18.41	4.04	95.71	4.3	0 al 5
Peso total retenido (gr)			436.67		
Peso seco sin lavar (gr)			456.22		
Finos pas. malla 200 (gr)			21.55		
Modulo de finura			2.72		Excel



**Figura A-2.**

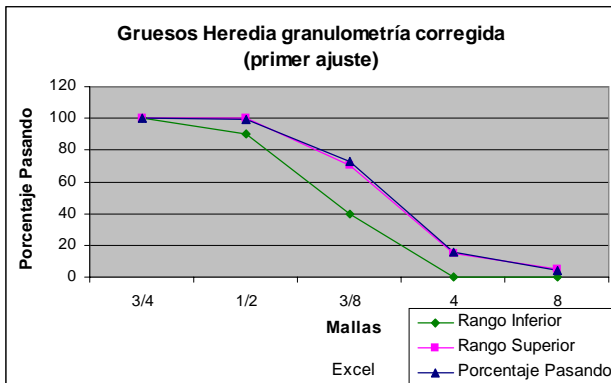


# Anexo 4: Fuente Heredia

## Ajustes granulométricos

**Cuadro A-3. Agregado grueso Heredia Granulometría corregida.(primer ajuste).**

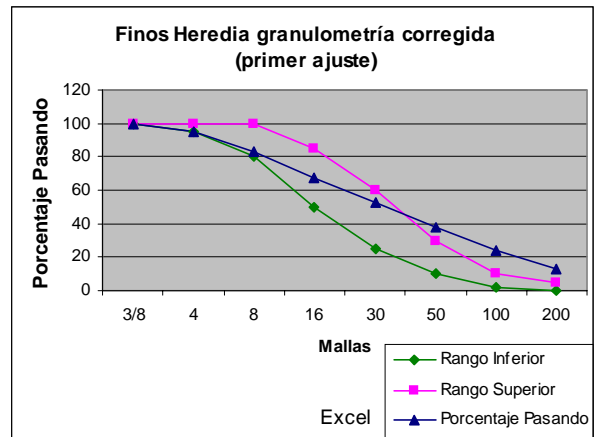
Malla #	Peso Retenido (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasando	Norma 10854
3/4	0	0.00	0.00	100.0	100
1/2	38	0.95	0.95	99.1	90 al 100
3/8	1045	26.10	27.05	73.0	40 al 70
4	2301	57.47	84.52	15.5	0 al 15
8	442	11.04	95.55	4.45	0 al 5
Peso total retenido(gr)			3826		
Pasando malla# 8 (gr)			178		
Peso total (gr)			4004		Excel



**Figura A-3.**

**Cuadro A- 4. Agregado fino Heredia Granulometría corregida (primer ajuste).**

Malla #	Peso Retenido (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasando	Norma 10854
9.5	0	0.00	0.00	100.0	100
4	23.63	4.98	4.98	95.0	95 al 100
8	54.47	11.48	16.46	83.5	80 al 100
16	78.12	16.47	32.93	67.1	50 al 85
30	68.97	14.54	47.47	52.5	25 al 60
50	70.75	14.91	62.38	37.6	10 al 30
100	62.92	13.26	75.64	24.4	2 al 10
200	53.71	11.32	86.96	13.0	0 al 5
Peso total retenido (gr)			412.57		
Peso seco sin lavar (gr)			474.42		
Finos pas. malla 200 (gr)			61.85		
Modulo de finura			2.40		Excel



**Figura A- 4.**



# Referencias

- Alfaro Rodríguez, Dionisio. 2000. **CÓDIGO URBANO**. Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo. Reglamento de Construcciones. Editorial Porvenir S.A.
- DICCIONARIO ENCICLOPÉDICO ILUSTRADO OCÉANO UNO**. 1990. Grupo Editorial Océano.
- Instituto Mexicano del cemento y el concreto, a.c. 1982. **EL CONCRETO EN LA OBRA, TOMO I**, Limusa.
- McMillan, F.R. 1989. **CARTILLA DEL CONCRETO (ACI- SP1)**. Limusa Noriega
- Muñoz Umaña, Flor de M<sup>a</sup>. 1998. **COMPONENTES PRINCIPALES DE LAS MEZCLAS DE CONCRETO**. Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Ramírez Coretti, Aldo. 1994. **CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS NACIONALES: REGIÓN CENTRAL DEL PAÍS**. Centro de Investigaciones en Vivienda y Construcción. CIVCO 010. (ITCR). ISSN - 1021- 5352
- Ramírez Coretti, Aldo. 1994. **CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS NACIONALES: RESTO DEL PAÍS**. Centro de Investigaciones en Vivienda y Construcción. CIVCO 011. (ITCR). ISSN - 1021- 5352
- AASHTO "Métodos de muestreo para piedra, escoria , grava, arena y bloques de piedra para ser usados como materiales en la construcción de carreteras". AASHTO.
- ASTM "Reducción de las muestras de agregados apartados al laboratorio" C-702
- ASTM "Impurezas orgánicas en agregados finos para concreto" C-40
- ASTM "Determinación del material más fino que la malla N°200 en agregados minerales mediante lavado" C-117
- ASTM "Análisis granulométrico de agregados finos y gruesos" C-136
- ASTM "Pesos unitarios y varios agregados" C-29
- ASTM "Gravedad específica y absorción de agregado grueso" C-127
- ASTM "Gravedad específica y absorción de agregado fino" C-128
- ASTM "Fabricación y moldeo de especímenes de concreto en el laboratorio para resistencia a la compresión" C-192
- ASTM "Método para medir el asentamiento del concreto por medio del método del como" C-143
- ASTM "Determinación del peso del concreto fresco" C-138
- ASTM "Resistencia a la compresión de especímenes de concreto" C-39
- Ministerio de Economía, Industria y Comercio. 1980. **Norma Oficial de Especificaciones para los Agregados Finos y Gruesos para Concreto**. Imprenta Nacional. San José.
- Productos de Concreto S.A. 1992. **Catálogo General**. Costa Rica.
- Ramírez Coretti, Aldo. 1997. Mezclas con agregados de la región central del país.



**Revista Construcción**, 23 (4): 18, 20-22.  
Cámara Costarricense de la  
Construcción, Costa Rica.

Ramírez, A. 2002. Agregados y su evaluación.  
Cartago, ITCR. Comunicación personal

Arce, E. 2002- Procedimientos de laboratorio.  
Cartago, ITCR. Comunicación personal.

