

**UNIVERSIDAD DE SONORA**

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y MINAS

ESTUDIO TÉCNICO DEL MORTERO CEMENTO-  
ARENA CON AGREGADO RECICLADO

**“MEMORIA DE PRÁCTICAS PROFESIONALES”**

Para obtener el Título de:  
**INGENIERO CIVIL**

1942

Presenta:

**ILIANA GUADALUPE CASTRO ANDRADE**

# Repositorio Institucional UNISON



“El saber de mis hijos  
hará mi grandeza”



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

## INDICE

<b>CAPITULO I</b>	<b>Página</b>
<b>Introducción</b>	1
<b>CAPITULO II</b>	
<b>Descripción del Contexto</b>	2
<b>CAPITULO III</b>	
<b>Descripción Detallada de las Actividades Realizadas</b>	
3.1 Acopio de agregado natural y reciclado	7
3.2 Trituración de Escombros	8
3.3 Análisis Granulométrico	8
3.3.1 Procedimiento de cribado y cálculos	8
3.4 Separación de los retenidos para ajuste de curva granulométrica	9
3.5 Homogenización	10
3.6 Determinación de las características de los agregados	10
3.6.1 Contenido de Humedad	10
3.6.2 Determinación de la Masa Volumétrica	11
3.6.2.1 Peso Volumétrico Seco Suelto	11
3.6.2.2 Peso Volumétrico Seco Varillado	12
3.6.3 Determinación de la Capacidad de Absorción	12
3.6.4 Determinación de la Densidad	14
3.7 Diseño de Mezcla	14
3.8 Realización de la mezcla	15

3.9 Determinación de la Fluidéz	16
3.10 Muestreo de mortero	17
3.11 Ensaye de los especímenes	18

#### **CAPITULO IV**

<b>Análisis de la Experiencia Adquirida</b>	19
---------------------------------------------	----

#### **CAPITULO V**

<b>Conclusiones y Recomendaciones</b>	20
---------------------------------------	----

#### **ANEXOS**

**INDICE DE TABLAS****Página**

Tabla1. Valores límites para ajuste de arenas	10
-----------------------------------------------	----

**INDICE DE FIGURAS**

Fotografía 1. Localización del banco de materiales	1
Fotografía 2. Separación de retenidos	9
Fotografía 3. Dosificaciones	15
Fotografía 4. Mezcladora con Materiales	15
Fotografía 5. a) y b) Prueba de Fluidéz	17
Fotografía 6. a) y b) Elaboración de Especímenes	17
Fotografía 7. a) y b) Ensaye a Compresión de los Especímenes	18

## CAPITULO I. Introducción

En el sector de la construcción los desperdicios y residuos provocados por esta actividad van en aumento día a día, debido a que cada vez es mayor la necesidad de crecimiento urbano lo que implica demoliciones, remodelaciones, desperdicios de materiales en las diferentes etapas de la construcción. Esto a su vez trae consigo la explotación de bancos de materiales para la construcción que cada vez va en aumento debido a la alta demanda de agregados pétreos. En el caso de la ciudad de Hermosillo, Sonora, la mancha urbana alcanzó la mayoría de los bancos que actualmente son explotados, por lo que se están localizando y operando nuevos en zonas más alejadas contribuyendo a acarreos a mayores distancias y más tiempo de traslado y, principalmente a la afectación del suelo, flora y fauna de los mismos. Por tanto se hace necesario buscar nuevas alternativas de suministros de agregados, siendo una de ellas el reuso de los desperdicios, demoliciones y/o deconstrucciones de obras civiles. Al utilizar éstos en la fabricación de mamposterías contribuimos al uso eficiente y sustentable de los materiales de construcción como el concreto hidráulico, morteros, ladrillos, block, entre otros. Por lo tanto se desarrolla el proyecto de investigación para estudiar los morteros elaborados con agregado reciclado (arena reciclado) en cuanto su estado endurecido y fresco. Lo anterior lleva a estudiar el agregado reciclado para obtener sus principales características físicas que ayudarán a la realización de los diseños de mezclas de morteros con éstos reciclados.

El proyecto se desarrollara en dos etapas: la primera etapa correspondiente al proceso de reciclaje (trituration y cribado de escombros de concreto), se llevara a cabo en planta trituradora de la Universidad de Sonora localizada en la ciudad de Hermosillo, Sonora, México. La segunda etapa correspondiente a la caracterización de los materiales, la cual se realizó en las instalaciones de Laboratorio de Materiales, del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Sonora, Unidad regional Centro, localizada en la misma ciudad.

Finalmente, se compararán los resultados de la caracterización del agregado con el agregado triturado y, en función de ellos, establecer la factibilidad de su uso para elaborar morteros.

## CAPÍTULO II. Descripción del Contexto

El Laboratorio Experimental de Ingeniería, se ubica en el edificio 12B, pertenece al Departamento de Ingeniería Civil y Minas de la Universidad de Sonora.

El objetivo principal radica en proporcionar a los estudiantes los conocimientos necesarios para la correcta ejecución e interpretación de los métodos de ensayo en las diferentes áreas de la construcción apegados a la normatividad existente.

La función primordial del laboratorio es satisfacer necesidades académicas en cada una de las siguientes secciones:

- A).- Sección de Topografía
- B).- Sección de Materiales de Construcción
- C).- Sección de Geotecnia
- D).- Sección de Vías Terrestres y Pavimento

Las áreas con que cuenta este edificio son:

- I.- Oficina administrativa
- II.- Área de servicio externo
- III.- Almacén de Topografía
- IV.- Área de la sección de materiales de construcción
- V.- Área de la sección de geotecnia
- VI.- Área de la sección de vías terrestres y pavimento
- VII.- Áreas de investigación
- VIII.- Sanitarios

Personal responsable de área:

- Coordinador de Laboratorio Experimental de Ingeniería; Dr. Israel Miranda P.
- Geotecnia; Ing. Oscar Rafael Rodríguez e Ing. Mario A. García Bojórquez
- Responsable del área de pavimentos; Ing. Samuel Castro Brockman.

- Responsable del área de materiales de construcción; Ing. Manuel Ramírez Celaya y M.C. Israel Miranda Pasos

#### Personal Técnico:

- Coordinadores técnicos de laboratorio: Ing. Mario García Bojórquez, Ing. Samuel Castro Brockman.
- Tres técnicos auxiliares responsables de campo de control de calidad de terracerías y materiales, así como de los muestreos de geotecnia: Juan Carlos Vásquez Rosas.

#### Infraestructura y equipo:

Contamos con los siguientes equipos para realizar ensayos y pruebas.

Los equipos son:

- Dos prensas universales para ensayos a tensión y compresión de mampostería, aceros y soldaduras
- Equipo para Valor Relativo de Soporte y Marshall digitalizado
- Prueba de desgaste de los Ángeles
- Consolidación
- Triaxiales ( rápidas y drenadas )
- Proctor y Porter
- Pruebas índices
- Extractora de corazones
- Esclerómetro para prueba no destructiva en el concreto
- Pilas de curado
- Viscosímetro para calidad de asfaltos
- 4 equipos de cómputo.
- Tres automóviles Pick Up (Rabger 4 puertas, LUV 2001doble cabina y Pick Up Silverado 2006 cabina sencilla).
- Balanzas digitales y mecánicas-granatarias.
- Equipo para límite.
- Cribadora eléctrica.
- Tres hornos de secado de 200oC



- Un micro ondas para secado rápido.
- Equipo menor de operación como son tamices, cucharones, taras, carretillas, palas, barras, moldes para cilindros de concreto, moldes para vigas de concreto, termómetros, vidrios de reloj, matraces, flexómetros, etc.
- Equipo de seguridad como chalecos.
- Equipo digital para ensayo Marshall y CBR.
- Equipo Marshall con velocidad controlada-eléctrico.
- Equipo CBR con velocidad controlada-eléctrico.

De igual forma es de suma importancia para el laboratorio la captación de ingresos propios para su auto desarrollo a través de los servicios de extensión y/o vinculación que brinda al exterior de la universidad, como la ha demostrado en la presente administración del laboratorio, buscando siempre proporcionar servicios oportunos y confiables a nuestros clientes basados en el sistema de calidad.

Los trabajos que oferta actualmente el laboratorio experimental como parte de los servicios profesionales que presta son:

- **Estudios de geotecnia:** realización de pozos a cielo abierto, obtención de la estratigrafía del lugar, obtención de la capacidad de carga en los diferentes estratos, obtención de humedad de campo, densidad de campo, obtención de muestras inalteradas y alteradas para realizar granulometrías, pesos volumétricos, realización de pruebas índices para clasificar el material, prueba de consolidación, pruebas triaxiales, obtención del peso volumétrico seco máximo, entre otras.
- **Control de calidad de terracerías y pavimentos en vialidades:** Obtención del peso volumétrico seco máximo, determinación del Valor Relativo de Soporte de los materiales utilizadas con el fin de determinar la calidad del material y su clasificación, granulometrías, límites, pesos volumétricos, entre otras.

- **Control de calidad de materiales de construcción-mamposterías:** muestreo de concreto, toma de revenimiento y temperatura del concreto, obtención de especímenes de ladrillo, block, acero con el fin de realizar los ensaye mecánico a compresión y tensión según se requiera. En el laboratorio se realizan los siguientes ensayes: prueba de compresión, adsorción y densidad y peso volumétrico a ladrillo, block y morteros, al acero se realiza prueba de tensión, peso volumétrico, esfuerzo de fluencia, esfuerzo de falla, dimensiones de corrugado, porcentaje de deformación lineal, principalmente.

También se utilizaron normas y especificaciones de la ASTM (American Society for Testing and Materials), NMX-C (Normas Mexicanas del sector de la construcción) y procedimientos del ACI (American Concrete Institute), así como también los reglamentos apegados a la normatividad del laboratorio experimental de operación y mantenimiento como los siguientes:

#### **Generalidades para el uso de las instalaciones**

- El acceso a las instalaciones del Laboratorio solo será para personal autorizado.
- El desarrollo de prácticas en el interior del Laboratorio, el titular de la asignatura deberá notificar por escrito al responsable de Laboratorio, la práctica a desarrollar, material, equipo a utilizar, requerimientos técnicos y de infraestructura necesaria para el buen término de esta actividad.
- El responsable de Laboratorio deberá supervisar periódicamente, (15 días), el estado de los botiquines, equipos de seguridad y transferencia de riesgos en las áreas de trabajo.
- Se prohíben todas aquellas actividades que no sean de carácter académico o de servicio profesional en el interior de las instalaciones de Laboratorio.

## Manejo de Riesgos de Trabajo

- El responsable de laboratorio deberá asegurar que no existan perturbaciones ambientales en el Laboratorio que afecten el buen funcionamiento de equipos y maquinaria y no representen riesgos a la salud o al medio ambiente.
- El personal técnico y de apoyo del Laboratorio deberá asegurarse que antes y después de cada práctica, las áreas utilizadas, se encuentren libres de fuentes de energía, objetos o instrumentos que representen un riesgo.
- En el caso particular de las prácticas en el área de concretos, durante el cabeceo de los cilindros se deberán observar los siguientes aspectos.
  - En el área de trabajo solo deberá encontrarse la persona que desarrollará la actividad
  - Se deberá marcar un perímetro en el área de trabajo
  - Se deberá evitar la presencia de humedad en el área de trabajo o materiales reactivos al azufre.
  - El titular de la materia deberá:
    - Supervisar que el estudiante utilice todo el equipo de seguridad para el desarrollo.
    - No existan materiales combustibles o comburentes en el área de trabajo.
    - No exista ningún tipo de líquido no polar en el área de trabajo.

## Concretos y operación de prensa universal

- Antes de iniciar la operación de la prensa se deberá asegurar el estado de las guardas de seguridad del equipo.
- El operador de la prensa deberá utilizar además guantes de seguridad de mezclilla, protectores de oídos.
- Durante el cabeceo de cilindros el operador deberá utilizar además del equipo general, máscara de rostro completo, pechera y guantes que cubran todo el brazo, mascarilla de gases tipo anfo de doble cartucho.

## CAPITULO III. Descripción detallada de las actividades realizadas

### 3.1 Acopio de agregado natural y reciclado.

Los agregados son el material inerte que se mezcla con el cemento hidráulico y el agua para producir concreto. Existen dos tipos de agregados: agregado grueso, que son las gravas, piedras trituradas, escorias de alto horno; y el agregado fino, como la arena natural.

Se colectó la mayor cantidad de residuos de concreto. La carga del material se realizó en los vehículos del laboratorio y fue manualmente la carga y descarga con la finalidad de tener una selección del escombro, es decir, para verificar que la materia prima estuviera libre de materiales como: materia orgánica, plásticos, papeles, vidrios, madera y acero. Una vez puesto el volumen total especificado se realizó una inspección final para mejorar la limpieza.

Para el agregado natural se utilizó el banco de materiales el cual está ubicado en los márgenes del Río Sonora, en el tramo que comprende en la marcha urbana de la ciudad de Hermosillo, en el extremo sur-poniente, llamado banco Castillo.



Fotografía 1.- Localización del banco de materiales.

### 3.2 Trituración de Escombros.

Una vez seleccionado el escombros libre de cualquier residuo que pueda interferir con las pruebas, el material es trasladado al laboratorio de Ingeniería Civil donde con marro se golpea hasta obtener trozos no muy grandes que puedan facilitar la entrada a la máquina quebradora tipo quijada.

Cuando el escombros es quebrado se traslada al departamento de Ingeniería Química y Metalurgia para continuar con el proceso de trituración el cual se coloca en una máquina quebradora de quijada, con el fin de obtener tamaños aún más pequeños que con el marro no se logra conseguir fácilmente, ya que es un trabajo sumamente pesado el hacerlo manualmente. Se traslada el material triturado al laboratorio de ingeniería civil para continuar la molienda en la trituradora de cono para obtener tamaños con características de agregado fino (calidad arena).

### 3.3 Análisis Granulométrico.

#### 3.3.1 Procedimiento de cribado y cálculos

Se toma una muestra representativa de 500gr correspondiente al agregado reciclado, colocando esta muestra en la cribadora con las mallas N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200 y CHAROLA durante 2 minutos aproximadamente. Se retiran las taras y se colocan en la mesa utilizando una báscula para pesar el material retenido en cada uno de las taras. Utilizando el formato para hacer el análisis granulométrico y anotar los pesos del material retenido correspondiente a las taras utilizadas.

Sumando un total de 500gr en la columna “Peso retenido (kg)”. En la siguiente columna “Porcientos” se utilizó una regla de 3 siendo la siguiente:

$$\frac{[Peso (kg)] * 100}{0.5 kg} = Porciento$$

La columna “Porciento” se redondea al más grande o al más chico, ejemplo: 0.62 se redondea a 1, para 4.26 se redondea a 4, respectivamente, dando como resultado la columna de “% Enteros”. Posteriormente estos eran sumados por renglón dando lugar a la columna

de “% Acumulado”, ejemplo:  $1+12=13$ ;  $13+23=36$ ;  $36+17=53$ , etc. Estos valores se reflejan en la gráfica de “Límites en la Granulometría de las Arenas” ubicada a la derecha del formato y graficando el Porcentaje Retenido Acumulado contra mallas correspondientes. Si la curva formada con él “% Acumulado” queda dentro del rango indicado en el gráfico significa que la arena está dentro del rango permisible. Posteriormente se calcula el Módulo de Finura con la siguiente ecuación:

$$M.F. = \sum_4^{100} \frac{(\% \text{ Acumulado})}{100}$$

De igual manera se sigue el procedimiento para la arena natural.

### 3.4 Separación de los retenidos para ajuste de curva granulométrica.

Consiste en separar por mallas de diferentes diámetros el material triturado, separando las gravas mediante las mallas N°3/8, N°1/2, N° 3/4, N°1” y las arenas con las mallas N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200. Para este proceso se utilizó la cribadora ROTAP con las mallas para separar las arenas. Sobre estas se vaciaba 1 kilo de material aproximadamente y se iniciaba el proceso de cribado durante alrededor de 5 minutos, procurando que el material estuviera perfectamente separado. También este mismo proceso se realizó de manera manual, utilizando el mismo número de mallas y simulando el movimiento que hace la cribadora. Seguido el material retenido en cada malla se depositaba en sacos de plástico según el diámetro de estas mismas.

Todo este procedimiento se realizó de igual manera para el agregado natural.



Fotografía 2. Separación de retenidos.

### 3.5 Homogenización.

Tomando en cuenta los valores límites de las curvas granulométricas para arena en valores porcentuales, se elaboraron 100 kilos de agregado reciclado ajustado. El ajuste se realizó tomando en cuenta los valores de la tabla 1.

Tabla 1. Valores límites para ajuste de arenas

Malla	%
4	0-5
8	05-025
16	15-45
30	40-70
50	70-85
100	90-95
200	0

Al ir tomando la cantidad resultante del ajuste, se procedió a homogenizar los agregados utilizando cuarteadores para agregados, en este caso se utilizaron dos para obtener una mejor homogenización de la arena reciclada, mezclando lentamente con ayuda de palas. Ya homogenizada la arena se colocó en contenedores para ser utilizada en la elaboración de las mezclas.

De igual manera se siguió el mismo procedimiento para el ajuste del agregado natural procedente del Banco Castillo.

### 3.6 Determinación de las características de los agregados

#### 3.6.1 Contenido de Humedad.

Es la cantidad de agua que contiene la muestra de agregado en su estado natural, al momento de efectuar la determinación de su masa.

La prueba inicia al obtener una muestra representativa previamente homogenizada de 500 gr (Mh) del agregado fino reciclado donde se vacía en una tara, ya pesada, y se coloca en el horno a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  durante 24 horas. Una vez transcurrido el tiempo indicado se saca la muestra del horno y para corroborar que está totalmente seca se coloca un cristal arriba

de la muestra y al no empañarse el vidrio indica que está totalmente seca. Después se coloca en una báscula y se toma el peso seco ( $M_s$ ) obteniendo 487.4 gr, utilizamos la siguiente fórmula para determinar la humedad:

$$H = \frac{M_h - M_s}{M_s} * 100$$

$$H = \frac{500 - 487.4}{487.4} * 100$$

Obteniendo una humedad de  $H=2.58\%$

De igual manera se siguió el procedimiento para la arena natural lavada con los siguientes datos obteniendo una humedad de  $H=0.81\%$

### 3.6.2 Determinación de la Masa Volumétrica

Es la masa del material por unidad de volumen, siendo el volumen el ocupado por el material en un recipiente especificado.

Antes de iniciar este proceso el recipiente que utilizaremos debe estar calibrado, teniendo un peso de 4.95 kg con un volumen de 9994 cm<sup>3</sup>.

#### 3.6.2.1 Peso Volumétrico Seco Suelto

Se introduce el material en el recipiente, utilizando un cucharón, dejando caer el material de una altura no mayor a 5 cm sobre la parte superior al recipiente, distribuyéndolo uniformemente hasta que sobrepase el borde quedando en forma de cono. Después se enrasa el recipiente con una varilla lisa empezando desde el centro hacia afuera. Luego de enrasar se pesa el recipiente con el material y se obtiene un peso de 16.15 kg menos el peso del recipiente 4.95 kg dando un resultado de 11.20 kg y de acuerdo a la siguiente fórmula obtenemos:

$$PVSS = \frac{\text{Peso del Material}}{\text{Volumen del Recipiente}}$$



Obteniendo un peso volumétrico seco suelto de  $PVSS= 1120 \text{ kg/m}^3$

Para la arena natural lavada se obtuvo un  $PVSS= 1512 \text{ kg/ m}^3$

### 3.6.2.2 Peso Volumétrico Seco Varillado

Se introduce el material en el recipiente hasta 1/3 parte de su volumen y se compacta con la varilla, dándole un total de 25 golpes distribuidos uniformemente con la varilla punta de bala sobre la superficie, empezando del centro a las orillas del recipiente en forma de espiral. Se le agrega material hasta llenar 2/3 partes del volumen del recipiente y nuevamente se compacta con 25 golpes para esta capa. Por último se cubre el recipiente llenándolo totalmente y compactando con 25 golpes, luego se enrasa el recipiente con la varilla empezando del centro a sus extremos. Se pesa el recipiente con el material y se obtiene un peso de 16.80 kg menos el peso del recipiente 4.95 kg dando un resultado de 11.85 kg y de acuerdo a la siguiente fórmula obtenemos:

$$PVSV = \frac{\text{Peso del Material}}{\text{Volumen del Recipiente}}$$

Obteniendo un peso volumétrico seco suelto varillado de  $PVSV= 1185 \text{ kg/m}^3$

Para la arena natural lavada se obtuvo un  $PVSS= 1619 \text{ kg/ m}^3$

### 3.6.3 Determinación de la Capacidad de Absorción.

Es la máxima cantidad de humedad que puede absorber el agregado, cuando es sumergido en agua durante 24 horas a temperatura ambiente; se caracteriza por el aumento de masa debido al agua que se introduce en los poros del material, y no debe incluir el agua adherida a la superficie de las partículas.

Para la absorción de la arena se tomaron 4 kg de arena reciclada previamente homogenizada colocados en una cubeta con agua, dejando un tirante de 10 cm sobre la arena y se deja saturar durante 24 horas. Una vez transcurrido dicho tiempo el material

saturado se coloca sobre una charola procurando que quede extendido para poder secarlo superficialmente para lograr la condición de saturado superficialmente seco; se realiza con ayuda de una secadora y una cuchara, se fue moviendo la arena uniformemente hasta secarla poco a poco, repitiendo la actividad varias veces hasta que se acerque a la condición de saturado superficialmente seco. En este caso se utilizó el cono truncado, para verificar que la arena este superficialmente seca, fijando el molde con una mano, con su boca mayor hacia abajo. Se llena el molde con la muestra hasta copetear, enrasándolo y compactando con un pisón 25 veces, después se elimina el excedente de material alrededor del molde. Se levanta el molde verticalmente, si el material conserva la figura del molde significa que aún sigue habiendo humedad superficial por lo que es necesario seguir con el procedimiento de secado, de lo contrario si el material cae perdiendo la forma del molde se dice que está saturado superficialmente seco.

Se toma una muestra no menos a 200 gr, en este caso fue de 500 gr ( $M_{sss}$ ) vaciándola en una tara, ya pesada, y colocándola en el horno a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  durante 24 horas. Se saca la tara después de las 24 horas, dejando enfriar a temperatura ambiente durante 1 hora para después pesarla y se obtuvo un peso de 440.2 gr ( $M_s$ ). Para determinar el porcentaje de absorción se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%ABS = \frac{M_{sss} - M_s}{M_s} * 100$$

Obteniendo un porcentaje de absorción  $\% ABS = 13.58\%$

Para la arena natural lavada se obtuvo un  $\% ABS = 2.04\%$

### 3.6.4 Determinación de la Densidad

Es la relación masa entre volumen, considerando la masa de las partículas saturadas de agua y superficialmente secas y el volumen de sólido de las partículas, que incluyen el volumen de los poros que se encuentran dentro de las mismas.

Para el caso de la arena se utilizó el matraz Chapman el cual lo llenamos de agua hasta su marca de aforo y, con ayuda de una báscula, se tomó una muestra de 500 gr del material saturado superficialmente seco, ya que el matraz está calibrado para esa cantidad de material como máximo. Poco a poco se va introduciendo la muestra en el picnómetro evitando que se formen burbujas de aire. Tapamos el matraz y agitamos, invirtiéndolo un poco para eliminar todas las burbujas de aire. Dejamos que se estabilice el nivel del agua y medimos el volumen de agua desalojada. Para obtener la densidad se utilizó la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{M_{sss}}{V_a}$$

Obteniendo una densidad de  $\rho=2.20 \text{ g/cm}^3$

Para la arena natural lavada se obtuvo una  $\rho=2.56 \text{ g/cm}^3$

### 3.7 Diseño de Mezcla

Buscando cumplir con las características deseables para un mortero, principalmente resistencia y durable. Esto de acuerdo a los procedimientos de diseño de mezclas del ACI (American Concrete Institute). El mortero se diseñará para una relación 1:4 y 1:3. La primera corresponde a la fabricación de mortero ordinario para muros de carga y la segunda para morteros resistentes (ricos), impermeabilizaciones, revoques, afine de pisos, impermeabilizaciones, entre otras. El porcentaje de agregado fino reciclado será del 100% en sustitución del agregado fino normal. Utilizando cemento comercial marca Campana y tomando en cuenta los datos anteriores, el porcentaje de absorción y la humedad, tanto para el agregado reciclado y el natural, con una masa unitaria M.U. de  $2180 \text{ kg/m}^3$  y Agua de  $250 \text{ kg/m}^3$  para ambos agregados.

### 3.8 Realización de la mezcla

Una vez hecho el diseño de mezcla se preparan los materiales indicados; agua, cemento y agregados, correspondiente a las relaciones 1:4 y 1:3 de arena reciclada y arena natural lavada. Con ayuda de una balanza se pesan los materiales. Se coloca el agua en la mezcladora de pastas y morteros de cementantes hidráulicos, utilizando como equipo una paleta, una olla mezcladora y un dispositivo de ajuste para la olla, y se le agrega el cemento poniendo en marcha la mezcladora durante 30 segundos a velocidad baja. Se le agrega la cantidad de arena lentamente al mismo tiempo que la mezcladora está en funcionamiento durante otros 30 segundos a la misma velocidad. Se detiene la mezcladora y se cambia a velocidad alta durante 30 segundos. Se detiene y se deja reposar durante 1.5 minutos y con ayuda de una espátula se retira todo aquel material adherido en las paredes de la olla. Una vez transcurrido dicho tiempo se pone en marcha la mezcladora durante un minuto a velocidad alta. Este procedimiento es seguido de acuerdo a la norma mexicana NMX-C-085-ONNCCE.



Fotografía 3.- Dosificaciones



Fotografía 4.- Mezcladora con Materiales

### 3.9 Determinación de la Fluidéz

La fluidez es la relación entre el incremento del diámetro de la base de la masa del mortero y el diámetro base, ésta se expresa como porcentaje.

En este proceso el equipo y/o material a utilizar es:

**Mesa de fluidez**, tiene un soporte rígido sobre el cual está en platillo circular de bronce, montado en una flecha vertical, en la forma que puede levantarse y dejarse caer en caída libre de 12.7 mm por medio de un excéntrico llamado leva.

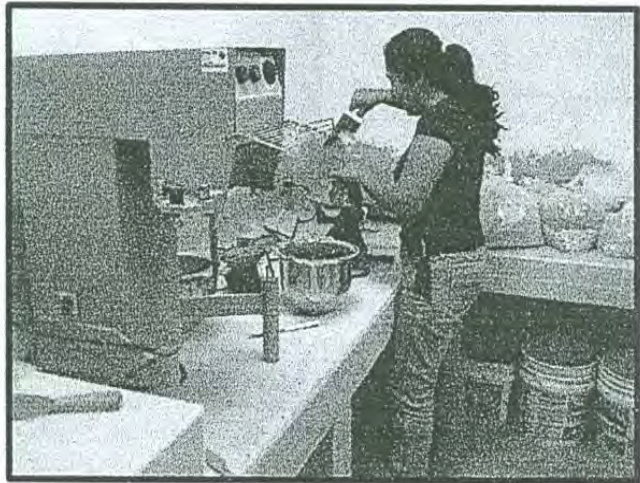
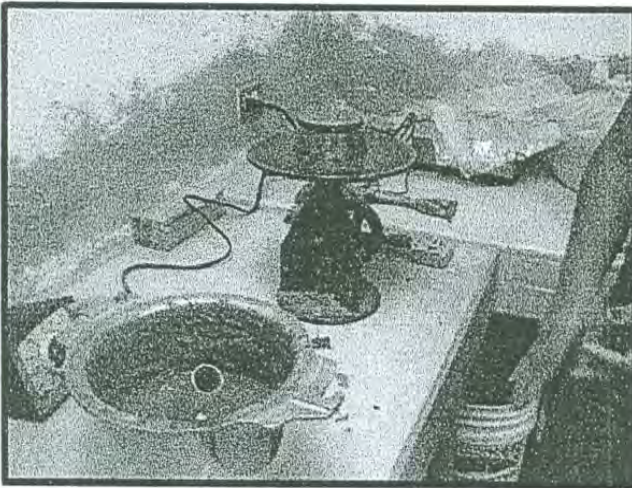
**Molde**, el cual tiene una forma cónica truncada.

**Pisón** de un material no absorbente.

El procedimiento consiste en colocar sobre la mesa de fluidez el molde cónico y se coloca una capa de mezcla y se compacta dando 20 golpes con el pisón, dejando caer este mismo sin necesidad de aplicar mucha fuerza. Se llena el molde en su totalidad, segunda capa, compactando como se especificó anteriormente y se enrasa, procurando empezar del centro a los extremos del molde. Se retira el material excedente cuidadosamente del molde y la parte del platillo bronce. Se deja transcurrir un minuto a partir del momento de haber terminado el mezclado y se levanta el molde cónico; el platillo se deja caer 25 veces en 15 segundos. El diámetro considerado del mortero debe ser el promedio de por lo menos cuatro mediciones y con ayuda del flexómetro se toman las medidas. Se deben hacer mezclas de prueba variando los porcentajes de agua hasta obtener la fluidez especificada que es 110+/-5. Se utilizó la siguiente fórmula para la determinación de la fluidez:

$$Fluidéz = \frac{\left[ \left( \frac{D1+D2+D3+D4}{4} \right) * 10 \right] - 101.6}{101.6} * 100$$

Para obtener la fluidez se hicieron varias mediciones variando los porcentajes de agua tanto de la arena natural lavada como de la arena reciclada.



Fotografía 5 a) y b).- Prueba de Fluidez

### 3.10 Muestreo de mortero.

Inmediatamente después de terminar la prueba de fluidez el mortero utilizado para la determinación de la fluidez se devuelve a la olla, se mezcla manualmente. Se preparan 4 elementos prismáticos de 5 cm x 5 cm x 5 cm para cada mezcla, y se engrasan en un tiempo no mayor a 2 minutos 30 segundos a partir de haber terminado la mezcla inicial del mortero. El mortero utilizado se coloca en 4 partes compactando 8 golpes en cada capa repartidos sobre la superficie durante 10 segundos.

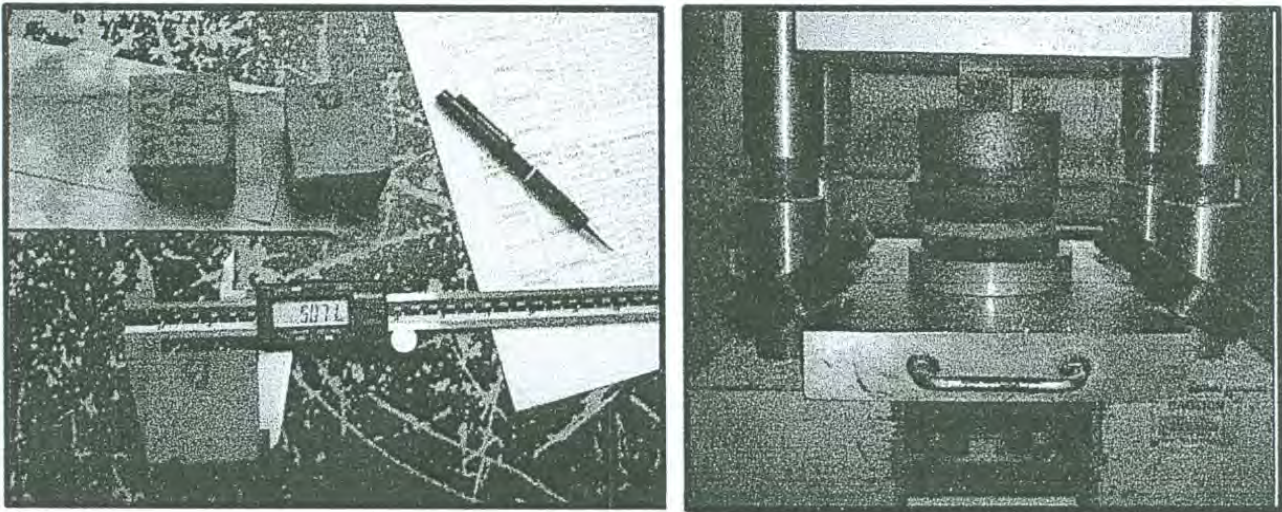
Una vez terminado los moldes para cada una de las mezclas obtenidas se dejan endurecer por 24 horas para después marcarlos y meterlos en una pila con agua para su curado.



Fotografía 6 a) y b).- Elaboración de Especímenes

### 3.11 Ensaye de los especímenes

Una vez transcurridas las 24 horas se colocaron en el agua, se sacan los cubos y se llevan a la presa Forney para medir su resistencia a la compresión a 7, 14 y 28 días. Se colocan en la prensa y se les aplica carga. Al observar una fisura en el cubo significa que ya llegó a la falla y se anota el resultado de la carga aplicada que nos muestra la prensa. Así se continúa con los demás cubos y se anotan los resultados en un formato.



Fotografía 7 a) y b).- Ensaye a Compresión de los Especímenes.

## **CAPÍTULO IV. Análisis de la experiencia adquirida en la realización de las prácticas profesionales**

En el laboratorio de ingeniería cuenta con el equipo necesario que permite desarrollar y aprender más a cerca de los materiales y procedimientos que se utilizan en esa área, así como participar en el desarrollo de nuevos proyectos, como es el caso del proyecto “*estudio técnico de mortero cemento-arena elaborado con agregado reciclado*”. Este laboratorio trabaja bajo reglamentos especificados sobre el manejo de las instalaciones, medidas de seguridad e higiene en cada una de las diferentes áreas, así como los estándares normativos para el desarrollo de los ensayos y/o pruebas.

Este proyecto, el cual se está desarrollando en el área de investigación de materiales, consiste en el estudio del comportamiento del mortero elaborado con material reciclado producto de la demolición o desperdicios, a través de una serie de pasos para llegar al resultado deseado utilizando las normas, especialmente las mexicanas NMX y NOM más aún si se trata de un proyecto no muy común como éste.

Durante el tiempo que duré haciendo mis prácticas profesionales en el laboratorio de ingeniería civil, aprendí mucho sobre la importancia del diseño de mezcla, así como el proceso que conlleva a realizar éste; el cual consiste en una serie de pasos que requieren tiempo para su ejecución en el estudio el comportamiento del mortero para las diferentes dosificaciones de los diseños realizados. Así también el manejo adecuado de la maquinaria en el laboratorio y sus equipos.

Con los conocimientos que adquirí a lo largo de la carrera, especialmente con las materias que tuvieron que ver con mi desempeño en el laboratorio fueron de gran ayuda, ya que se complementan para un fin, y llevar a la práctica estos conocimientos es lo más interesante, sobre todo lo que más te deja experiencia hacia el ámbito laboral en un futuro. Todo lo que aprendí en el laboratorio es de gran utilidad, porque el día que me tenga que enfrentar a un problema similar me siento muy capaz de poder dar una solución.



## CAPITULO V. Conclusiones

A lo largo del proyecto de morteros con agregado reciclado en el laboratorio de ingeniería, puse en práctica conocimientos vistos en distintas clases y reforcé lo que aprendí. Fue satisfactorio colaborar para un proyecto como este porque aparte de que aprendí y puse en práctica lo que ya sabía en teoría, adquirí experiencia y la importancia del trabajo en equipo.

Se concluyó el proyecto de acuerdo a lo planeado, se realizó una serie de pasos desde la trituración del agregado reciclado, la caracterización de los agregados reciclado y natural que implica la homogenización, humedad, PVSS, PVSV, absorción y densidad; diseño de mezcla, prueba de fluidez, muestreo y ensaye de los especímenes.

Una de las pruebas a la mezcla de mortero que lleva más cuidado y por ende mayor tiempo, es la determinación de la fluidez, ya que fue necesario realizar ajustes al agregar más agua en el agregado reciclado para lograr los valores estándar. Éste aumento a la demanda de agua es debido a que tiene mayor contenido de poros el agregado reciclado; para la fluidez del agregado natural lavado fue menos la cantidad de agua extra que se necesitó.

Todos estos procesos forman parte de una serie de pasos para llegar al resultado deseado que es muy importante saber en la construcción. En cualquier momento se puede presentar la necesidad de utilizar estos lineamientos basados en las normas mexicanas que se indican en el contenido de este proyecto.

Considero que el programa de prácticas profesionales es muy importante para nosotros los alumnos, ya que es como una guía de lo que será el ámbito laboral y con ayuda del personal recibes una orientación y aprendes de ellos. Esto es lo que te va forjando poco a poco lo que representa el trabajo, es decir, es como una transición que obtienes antes de ejercer tu profesión.

Finalmente, puedo decir que las prácticas profesionales me sirvieron mucho para seguir aprendiendo y practicar lo adquirido. Son conocimientos que no se me olvidarán fácil porque es llevarlos a la práctica día a día y por lo tanto me generó un poco de experiencia para poder empezar en el sector productivo.

R. T 150 255

# ANEXOS

- ❖ Granulometría
- ❖ Diseño de Mezcla
- ❖ Prueba de Fluidéz
- ❖ Ajuste del Contenido de Agua

# GRANULOMETRÍA



EL SABER DE MIS HIJOS  
HARA MI GRANDEZA

# UNIVERSIDAD DE SONORA

## ESCUELA DE INGENIERIA

HERMOSILLO, SONORA, MEX.

TELEFONOS:

2592183

2592184

### LABORATORIO DE INGENIERIA EXPERIMENTAL

#### SECCION DE ENSAYE DE MATERIALES

#### ARENA PARA CONCRETO

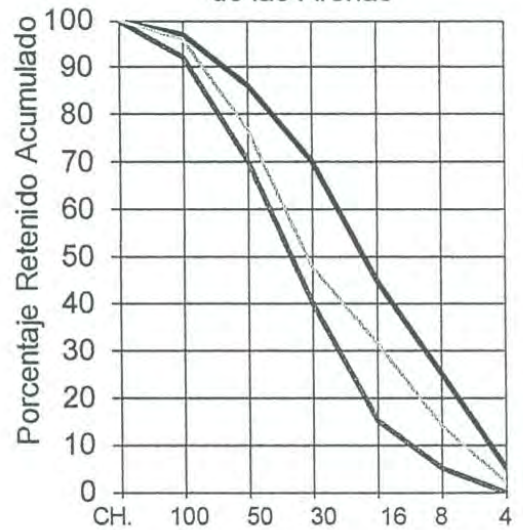
Características del material <u>Arena normal banco castillo</u>	Ensaye No. _____
Procedencia: <u>Arena normal procedente del Río Sosnora</u>	Expediente No. _____
Para usarse en: <u>Fabricar mortero</u>	Fecha de recibo: <u>17/10/2013</u>
Solicitada pc <u>Proyecto de investigación-Dr. Israel Miranda Pasos</u>	Fecha de informe: <u>17/10/2013</u>

Peso volumétrico suelto: _____ Kg/m <sup>3</sup>	Densidad: _____
Peso volumétrico varillado _____ Kg/m <sup>3</sup>	Absorción: _____ %
Tamaño maximo _____ mm _____ Pulgadas.	% W _____ %
Modulo de Finura: _____	

#### ANALISIS GRANULOMETRICO

Malla	Peso (kg)	Porcientos	% Enteros	% Acum.
No. 4	0.012	2.40	2	2
No. 8	0.06	12.00	12	14
No. 16	0.09	18.00	18	32
No. 30	0.077	<b>15.40</b>	16	48
No. 50	0.147	29.40	29	77
No. 100	0.093	18.60	19	96
No. 200	0.021	4.20	4	100
Charola				
Sumas	0.5	100.00	100	

Limites en la Granulometría de las Arenas



OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

REALIZO:

AUTORIZO

COORDINADOR DE ENSAYES

JEFE DE LABORATORIO EXPERIMENTAL



EL SABER DE MIS HIJOS  
HARA MI GRANDEZA

# UNIVERSIDAD DE SONORA

## ESCUELA DE INGENIERIA

HERMOSILLO, SONORA, MEX.

TELEFONOS:

2592183

2592184

### LABORATORIO DE INGENIERIA EXPERIMENTAL

#### SECCION DE ENSAYE DE MATERIALES

#### ARENA PARA CONCRETO

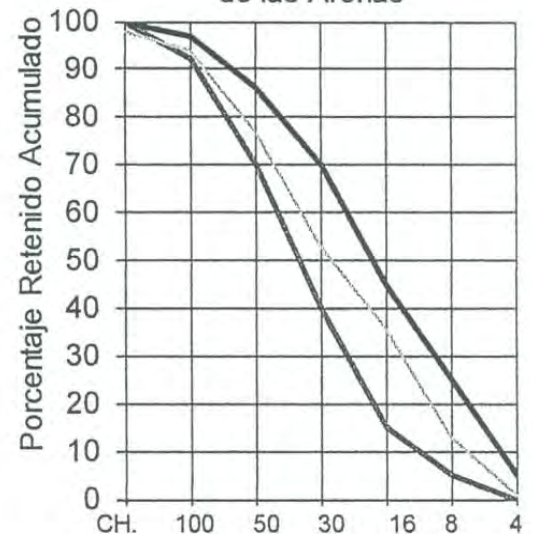
Características del material <u>Arena reciclada</u>	Ensaye No. _____
Procedencia: <u>Escombrera</u>	Expediente No. _____
Para usarse en: <u>Fabricar mortero</u>	Fecha de recibo: <u>17/10/2013</u>
Solicitada pc <u>Proyecto de investigación-Dr. Israel Miranda Pasos</u>	Fecha de informe: <u>17/10/2013</u>

Peso volumétrico suelto: _____ Kg/m <sup>3</sup>	Densidad: _____
Peso volumétrico varillado _____ Kg/m <sup>3</sup>	Absorción: _____ %
Tamaño máximo _____ mm _____ Pulgadas.	% W _____ %
Modulo de Finura: _____	

#### ANALISIS GRANULOMETRICO

Malla	Peso (kg)	Porcientos	% Enteros	% Acum.
No. 4	0.0031	0.63	1	1
No. 8	0.0592	12.02	12	13
No. 16	0.1134	23.03	23	36
No. 30	0.0825	16.75	17	53
No. 50	0.1186	24.08	24	77
No. 100	0.0832	16.89	17	94
No. 200	0.0213	4.32	4	98
Charola	0.0112	2.27	2	100
Sumas	0.4925	100.00	100	

Limites en la Granulometría  
de las Arenas



OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

REALIZO:

AUTORIZO

COORDINADOR DE ENSAYES

JEFE DE LABORATORIO EXPERIMENTAL

# DISEÑO DE MEZCLA

**ARENA LAVADA****DATOS**

$$M.U. = 2180 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Agua} = 250 \text{ kg/m}^3$$

$$\% \text{ Abs} = 1.13$$

$$\% \text{ Hum} = 0.34$$

**Proporción 1:4**

## 1. Cantidad de Arena

Si M.U. = 2180 Kg/m<sup>3</sup> equivalente a Cemento + Agua + Arena

$$\text{Cemento} + \text{Arena} = 2180 \text{ Kg/m}^3 - 250 \text{ Kg/m}^3 = 1930 \text{ Kg/m}^3$$

Si la relación Cemento + Arena → 1:4

$$\text{Arena} = \frac{1930 \text{ Kg/m}^3}{4+1} * 4 = 1544 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Cemento} = \frac{1930 \text{ Kg/m}^3}{4+1} * 1 = 386 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Por lo que Cemento} + \text{Arena} = 1544 \text{ Kg/m}^3 + 386 \text{ Kg/m}^3 = 1930 \text{ Kg/m}^3$$

## 2. Ajuste por Humedad

$$\text{Agua Adicional} = \% \text{ Abs} - \% \text{ Hum} = 1.13 - 0.34 = 0.79 \%$$

$$\text{Agua} = \text{Agua} + [\text{Arena} * \text{Agua Adicional}/100] = 250 \text{ Kg/m}^3 + [1544 \text{ Kg/m}^3 * 0.79 / 100] = 262 \text{ Kg/m}^3$$



3. Reducción a Muestra de Prueba ( 2 Litros  $\approx$  0.002 m<sup>3</sup>)

$$\text{Cemento} = 386 * 0.002 = \mathbf{0.772 \text{ Kg/m}^3}$$

$$\text{Arena} = 1544 * 0.002 = \mathbf{3.088 \text{ Kg/m}^3}$$

$$\text{Agua} = 262 * 0.002 = \mathbf{0.524 \text{ Kg/m}^3}$$

**Proporción 1:3**

## 1. Cantidad de Arena

Si M.U. = 2180 Kg/m<sup>3</sup> equivalente a Cemento + Agua + Arena

$$\text{Cemento} + \text{Arena} = 2180 \text{ Kg/m}^3 - 250 \text{ Kg/m}^3 = 1930 \text{ Kg/m}^3$$

Si la relación Cemento + Arena → 1:3

$$\text{Arena} = \frac{1930 \text{ Kg/m}^3}{3+1} * 3 = 1448 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Cemento} = \frac{1930 \text{ Kg/m}^3}{3+1} * 1 = 483 \text{ Kg/m}^3$$

Por lo que Cemento + Arena = 1448 Kg/m<sup>3</sup> + 483 Kg/m<sup>3</sup> = 1930 Kg/m<sup>3</sup>

## 2. Ajuste por Humedad

$$\text{Agua Adicional} = \% \text{ Abs} - \% \text{ Hum} = 1.13 - 0.34 = 0.79 \%$$

$$\text{Agua} = \text{Agua} + [\text{Arena} * \text{Agua Adicional}/100] = 250 \text{ Kg/m}^3 + [1448 \text{ Kg/m}^3 * 0.79 / 100] = 261 \text{ Kg/m}^3$$

3. Reducción a Muestra de Prueba ( 2 Litros ≈ 0.002 m<sup>3</sup>)

$$\text{Cemento} = 483 * 0.002 = 0.966 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Arena} = 1448 * 0.002 = 2.896 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Agua} = 261 * 0.002 = 0.524 \text{ Kg/m}^3$$

**ARENA RECICLADA****DATOS**

$$\text{M.U.} = 2180 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Agua} = 250 \text{ kg/m}^3$$

$$\% \text{ Abs} = 13.58$$

$$\% \text{ Hum} = 2.58$$

**Proporción 1:4**

## 1. Cantidad de Arena

Si M.U. = 2180 Kg/m<sup>3</sup> equivalente a Cemento + Agua + Arena

$$\text{Cemento} + \text{Arena} = 2180 \text{ Kg/m}^3 - 250 \text{ Kg/m}^3 = 1930 \text{ Kg/m}^3$$

Si la relación Cemento + Arena → 1:4

$$\text{Arena} = \frac{1930 \text{ Kg/m}^3}{4+1} * 4 = 1544 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Cemento} = \frac{1930 \text{ Kg/m}^3}{4+1} * 1 = 386 \text{ Kg/m}^3$$

Por lo que Cemento + Arena = 1544 Kg/m<sup>3</sup> + 386 Kg/m<sup>3</sup> = 1930 Kg/m<sup>3</sup>

## 2. Ajuste por Humedad

$$\text{Agua Adicional} = \% \text{ Abs} - \% \text{ Hum} = 13.58 - 2.58 = 11 \%$$

$$\text{Agua} = \text{Agua} + [\text{Arena} * \text{Agua Adicional}/100] = 250 \text{ Kg/m}^3 + [1544 \text{ Kg/m}^3 * 11 / 100] = 420 \text{ Kg/m}^3$$

**Proporción 1:3**

## 1. Cantidad de Arena

Si M.U. = 2180 Kg/m<sup>3</sup> equivalente a Cemento + Agua + Arena

$$\text{Cemento} + \text{Arena} = 2180 \text{ Kg/m}^3 - 250 \text{ Kg/m}^3 = 1930 \text{ Kg/m}^3$$

Si la relación Cemento + Arena → 1:3

$$\text{Arena} = \frac{1930 \text{ Kg/m}^3}{3+1} * 3 = 1447.5 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Cemento} = \frac{1930 \text{ Kg/m}^3}{3+1} * 1 = 482.5 \text{ Kg/m}^3$$

Por lo que Cemento + Arena = 1447.5 Kg/m<sup>3</sup> + 482.5 Kg/m<sup>3</sup> = 1930 Kg/m<sup>3</sup>

## 2. Ajuste por Humedad

$$\text{Agua Adicional} = \% \text{ Abs} - \% \text{ Hum} = 13.58 - 2.58 = 11 \%$$

$$\text{Agua} = \text{Agua} + [\text{Arena} * \text{Agua Adicional}/100] = 250 \text{ Kg/m}^3 + [1447.5 \text{ Kg/m}^3 * 11 / 100] = 409 \text{ Kg/m}^3$$

3. Reducción a Muestra de Prueba ( 2 Litros ≈ 0.002 m<sup>3</sup>)

$$\text{Cemento} = 482.5 * 0.002 = 0.965 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Arena} = 1447.5 * 0.002 = 2.895 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Agua} = 409 * 0.002 = 0.818 \text{ Kg/m}^3$$

# **PRUEBA DE FLUIDEZ**

**ARENA LAVADA****Proporción 1:4**

$$\text{Cemento} = 0.772 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Arena} = 3.088 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Agua} = 0.524 \text{ Kg/m}^3$$

Diámetro 1	Diámetro 2	Diámetro 3	Diámetro 4	Diámetro Promedio
15.5	15.3	15.5	15.3	15.4

$$\text{Fluidez} = \frac{(\text{Diámetro Promedio} * 10) - 101.6}{101.6} \times 100$$

$$\text{Fluidez} = \frac{(15.4 * 10) - 101.6}{101.6} \times 100 = 51.57 \%$$

**Agua Adicional 100 ml**

Diámetro 1	Diámetro 2	Diámetro 3	Diámetro 4	Diámetro Promedio
20.6	20.0	20.0	20.6	20.3

$$\text{Fluidez} = \frac{(20.3 * 10) - 101.6}{101.6} \times 100 = 99.8 \%$$

**Agua Adicional 30 ml**

Diámetro 1	Diámetro 2	Diámetro 3	Diámetro 4	Diámetro Promedio
19.5	19.4	19.2	19.4	19.375

$$\text{Fluidez} = \frac{(19.375 * 10) - 101.6}{101.6} \times 100 = 90.69 \%$$

**Agua Adicional 50 ml**

Diámetro 1	Diámetro 2	Diámetro 3	Diámetro 4	Diámetro Promedio
21.3	21	20.7	20.5	20.875

$$\text{Fluidez} = \frac{(20.875 * 10) - 101.6}{101.6} \times 100 = 105.46 \%$$

**Total de agua agregada fue de 180 ml para una fluidez del 105.45 %**

**Proporción 1:3**Cemento = 0.966 Kg/m<sup>3</sup>Arena = 2.896 Kg/m<sup>3</sup>Agua = 0.524 Kg/m<sup>3</sup>

Diámetro 1	Diámetro 2	Diámetro 3	Diámetro 4	Diámetro Promedio
20.8	20.5	20.5	20.8	20.65

$$\text{Fluidez} = \frac{(\text{Diámetro Promedio} * 10) - 101.6}{101.6} \times 100$$

$$\text{Fluidez} = \frac{(20.65 * 10) - 101.6}{101.6} \times 100 = 102.756 \%$$

**Agua Adicional 30 ml**

Diámetro 1	Diámetro 2	Diámetro 3	Diámetro 4	Diámetro Promedio
22	22	22.8	22	22.2

$$\text{Fluidez} = \frac{(22.2 * 10) - 101.6}{101.6} \times 100 = 118.504 \%$$

**Total de agua agregada fue de 30 ml para una fluidez del 118.504 %**

**ARENA RECICLADA****Proporción 1:4**Cemento = 0.772 Kg/m<sup>3</sup>Arena = 3.088 Kg/m<sup>3</sup>Agua = 0.840 Kg/m<sup>3</sup>**Agua Adicional 100 ml**

Diámetro 1	Diámetro 2	Diámetro 3	Diámetro 4	Diámetro Promedio
18.7	18.5	19.0	18.0	18.55

$$\text{Fluidez} = \frac{(\text{Diámetro Promedio} * 10) - 101.6}{101.6} \times 100$$

$$\text{Fluidez} = \frac{(18.55 * 10) - 101.6}{101.6} \times 100 = 82.578 \%$$

**Agua Adicional 50 ml**

Diámetro 1	Diámetro 2	Diámetro 3	Diámetro 4	Diámetro Promedio
18.5	19.2	19.0	18.7	18.85

$$\text{Fluidez} = \frac{(18.85 * 10) - 101.6}{101.6} \times 100 = 85.531 \%$$

**Agua Adicional 50 ml**

Diámetro 1	Diámetro 2	Diámetro 3	Diámetro 4	Diámetro Promedio
20	21	19.8	21	20.45

$$\text{Fluidez} = \frac{(20.45 * 10) - 101.6}{101.6} \times 100 = 101.28 \%$$

**Agua Adicional 20 ml**

Diámetro 1	Diámetro 2	Diámetro 3	Diámetro 4	Diámetro Promedio
22	21	20	20	20.25

$$\text{Fluidez} = \frac{(20.25 * 10) - 101.6}{101.6} \times 100 = 99.31 \%$$



**Agua Adicional 30 ml**

Diámetro 1	Diámetro 2	Diámetro 3	Diámetro 4	Diámetro Promedio
20.5	20.2	20.1	21.1	20.475

$$\text{Fluidez} = \frac{(20.475 * 10) - 101.6}{101.6} \times 100 = 101.52 \%$$

**Total de agua agregada fue de 250ml para una fluidez del 101.52 %**

**Proporción 1:3**

$$\text{Cemento} = 0.965 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Arena} = 2.895 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Agua} = 0.818 \text{ Kg/m}^3$$

**Agua Adicional 200 ml**

Diámetro 1	Diámetro 2	Diámetro 3	Diámetro 4	Diámetro Promedio
21.8	21.5	21.2	22.4	21.725

$$\text{Fluidez} = \frac{(21.725 * 10) - 101.6}{101.6} \times 100 = 113.82 \%$$

**Total de agua agregada fue de 200ml para una fluidez del 113.82 %**

- **Masa Unitaria Arena Reciclada 1:3**

$$\text{Peso de Tara + Mortero} = 1.072 \text{ Kg}$$

$$\text{Peso de Tara} = 0.088 \text{ Kg}$$

$$\text{Peso de Mortero} = 0.982 \text{ Kg}$$

# AJUSTE DEL CONTENIDO DE AGUA

**ARENA LAVADA****Proporción 1:4**

$$\text{Agua Adicional} = \frac{\text{Agua Agregada}}{\text{Vol. De Mezcla}} = \frac{\text{Agua Agregada}}{0.002 \text{ m}^3}$$

$$\text{Agua Adicional} = \frac{180 \text{ ml}}{0.002 \text{ m}^3} \div 1000 = 90 \text{ Litros}$$

Por lo tanto son 90 litros de agua para agregar al metro cúbico.

## 1. Cantidad de Arena

Si M.U. = 2180 Kg/m<sup>3</sup> equivalente a Cemento + Agua + Arena

$$\text{Cemento} + \text{Arena} = 2180 \text{ Kg/m}^3 - (250 \text{ Kg/m}^3 + 90 \text{ Kg/m}^3) = 1840 \text{ Kg/m}^3$$

Si la relación Cemento + Arena → 1:4

$$\text{Arena} = \frac{1840 \text{ Kg/m}^3}{4+1} * 4 = 1472 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Cemento} = \frac{1840 \text{ Kg/m}^3}{4+1} * 1 = 368 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Por lo que Cemento} + \text{Arena} = 1472 \text{ Kg/m}^3 + 368 \text{ Kg/m}^3 = 1840 \text{ Kg/m}^3$$

## 2. Ajuste por Humedad

$$\text{Agua Adicional} = \% \text{ Abs} - \% \text{ Hum} = 1.13 - 0.34 = 0.79 \%$$

$$\text{Agua} = \text{Agua} + [\text{Arena} * \text{Agua Adicional}/100] = 250 \text{ Kg/m}^3 + [1472 \text{ Kg/m}^3 * 0.79 / 100] = 352 \text{ Kg/m}^3$$

3. Reducción a Muestra de Prueba ( 2 Litros ≈ 0.002 m<sup>3</sup>)

$$\text{Cemento} = 368 * 0.002 = 0.736 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Arena} = 1472 * 0.002 = 2.944 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Agua} = 352 * 0.002 = 0.704 \text{ Kg/m}^3$$

**Proporción 1:3**

$$\text{Agua Adicional} = \frac{\text{Agua Agregada}}{\text{Vol. De Mezcla}} = \frac{\text{Agua Agregada}}{0.002 \text{ m}^3}$$

$$\text{Agua Adicional} = \frac{30 \text{ ml}}{0.002 \text{ m}^3} \div 1000 = 15 \text{ Litros}$$

Por lo tanto son 15 litros de agua para agregar al metro cúbico.

## 1. Cantidad de Arena

Si M.U. = 2180 Kg/m<sup>3</sup> equivalente a Cemento + Agua + Arena

$$\text{Cemento} + \text{Arena} = 2180 \text{ Kg/m}^3 - (250 \text{ Kg/m}^3 + 30 \text{ Kg/m}^3) = 1900 \text{ Kg/m}^3$$

Si la relación Cemento + Arena → 1:3

$$\text{Arena} = \frac{1900 \text{ Kg/m}^3}{3+1} * 3 = 1425 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Cemento} = \frac{1900 \text{ Kg/m}^3}{3+1} * 1 = 475 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Por lo que Cemento} + \text{Arena} = 1425 \text{ Kg/m}^3 + 475 \text{ Kg/m}^3 = 1900 \text{ Kg/m}^3$$

## 2. Ajuste por Humedad

$$\text{Agua Adicional} = \% \text{ Abs} - \% \text{ Hum} = 1.13 - 0.34 = 0.79 \%$$

$$\text{Agua} = \text{Agua} + [\text{Arena} * \text{Agua Adicional}/100] = 250 \text{ Kg/m}^3 + [1425 \text{ Kg/m}^3 * 0.79 / 100] = 261.26 \text{ Kg/m}^3$$

3. Reducción a Muestra de Prueba ( 2 Litros ≈ 0.002 m<sup>3</sup>)

$$\text{Cemento} = 475 * 0.002 = 0.950 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Arena} = 1425 * 0.002 = 2.850 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Agua} = 261.26 * 0.002 = 0.523 \text{ Kg/m}^3$$

**ARENA RECICLDADA****Proporción 1:4**

$$\text{Agua Adicional} = \frac{\text{Agua Agregada}}{\text{Vol. De Mezcla}} = \frac{\text{Agua Agregada}}{0.002 \text{ m}^3}$$

$$\text{Agua Adicional} = \frac{250 \text{ ml}}{0.002 \text{ m}^3} \div 1000 = 125 \text{ Litros}$$

Por lo tanto son 125 litros de agua para agregar al metro cúbico.

## 1. Cantidad de Arena

Si M.U. = 2180 Kg/m<sup>3</sup> equivalente a Cemento + Agua + Arena

$$\text{Cemento} + \text{Arena} = 2180 \text{ Kg/m}^3 - (250 \text{ Kg/m}^3 + 125 \text{ Kg/m}^3) = 1805 \text{ Kg/m}^3$$

Si la relación Cemento + Arena → 1:4

$$\text{Arena} = \frac{1805 \text{ Kg/m}^3}{4+1} * 4 = 1444 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Cemento} = \frac{1805 \text{ Kg/m}^3}{4+1} * 1 = 361 \text{ Kg/m}^3$$

Por lo que Cemento + Arena = 1444 Kg/m<sup>3</sup> + 361 Kg/m<sup>3</sup> = 1805 Kg/m<sup>3</sup>

## 2. Ajuste por Humedad

$$\text{Agua Adicional} = \% \text{ Abs} - \% \text{ Hum} = 13.58 - 2.58 = 11 \%$$

$$\text{Agua} = \text{Agua} + [\text{Arena} * \text{Agua Adicional}/100] = 250 \text{ Kg/m}^3 + [1444 \text{ Kg/m}^3 * 11/100] = 534 \text{ Kg/m}^3$$

3. Reducción a Muestra de Prueba ( 2 Litros ≈ 0.002 m<sup>3</sup>)

$$\text{Cemento} = 361 * 0.002 = 0.722 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Arena} = 1444 * 0.002 = 2.888 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Agua} = 534 * 0.002 = 1.068 \text{ Kg/m}^3$$

**Proporción 1:3**

$$\text{Agua Adicional} = \frac{\text{Agua Agregada}}{\text{Vol. De Mezcla}} = \frac{\text{Agua Agregada}}{0.002 \text{ m}^3}$$

$$\text{Agua Adicional} = \frac{200 \text{ ml}}{0.002 \text{ m}^3} \div 1000 = 100 \text{ Litros}$$

*Por lo tanto son 100 litros de agua para agregar al metro cúbico.*

## 1. Cantidad de Arena

Si M.U. = 2180 Kg/m<sup>3</sup> equivalente a Cemento + Agua + Arena

$$\text{Cemento} + \text{Arena} = 2180 \text{ Kg/m}^3 - (250 \text{ Kg/m}^3 + 200 \text{ Kg/m}^3) = 1830 \text{ Kg/m}^3$$

Si la relación Cemento + Arena → 1:3

$$\text{Arena} = \frac{1830 \text{ Kg/m}^3}{3+1} * 3 = 1372.5 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Cemento} = \frac{1830 \text{ Kg/m}^3}{3+1} * 1 = 457.5 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Por lo que Cemento} + \text{Arena} = 1372.5 \text{ Kg/m}^3 + 457.5 \text{ Kg/m}^3 = 1830 \text{ Kg/m}^3$$

## 2. Ajuste por Humedad

$$\text{Agua Adicional} = \% \text{ Abs} - \% \text{ Hum} = 1.13 - 0.34 = 0.79 \%$$

$$\text{Agua} = \text{Agua} + [\text{Arena} * \text{Agua Adicional}/100] = 250 \text{ Kg/m}^3 + [1372.5 \text{ Kg/m}^3 * 11/100] = 401 \text{ Kg/m}^3$$

3. Reducción a Muestra de Prueba ( 2 Litros ≈ 0.002 m<sup>3</sup>)

$$\text{Cemento} = 458 * 0.002 = 0.916 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Arena} = 1373 * 0.002 = 2.746 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Agua} = 401 * 0.002 = 0.802 \text{ Kg/m}^3$$