

UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA DE:**

**INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS DE GRADO**

PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

**INGENIERO CIVIL**

**TEMA**

DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN  
Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y  
EN CONDICIONES LOCALES.

**AUTORES**

ALCIVAR CARDENAS HENRRY LEONARDO

PILLASAGUA SEGUICHE NESTOR ABELARDO

**DIRECTOR DE TESIS**

ING. YURI RODRIGUEZ ANDRADE

2014

MANTA – MANABÍ - ECUADOR



**DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.**

## **DEDICATORIA**

Es mi deseo dedicar esta investigación a Dios que iluminó mi camino y me permitió culminar con éxito mi carrera, a mi hermana, mi esposa y mi hijo que constituyen el pilar fundamental en mi vida tanto en el campo familiar como en lo laboral, pero de manera muy especial a mis padres por darme estabilidad emocional, económica y sentimental, para poder llegar a este logro, que no hubiese culminado sin el apoyo de ellos.

Por eso dedico este trabajo como símbolo de inagotable gratitud que guardo para ustedes.

**ALCIVAR CARDENAS HENRRY LEONARDO**



**DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.**

## **DEDICATORIA**

Es mi deseo dedicar este trabajo investigativo a Dios quien supo guiarme por el buen camino brindándome sabiduría, amor y paciencia en aquellos momentos difíciles. A mis padres por brindarme los recursos necesarios y por el apoyo incondicional durante el transcurso de la carrera.

A mis hermanos, a mi esposa e hijo que con su paciencia y comprensión pude lograr mi sueño por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino terminaba. A ellos este proyecto, que sin ellos, no hubiese podido ser.

**PILLASAGUA SEGUICHE NESTOR ABELARDO**



**DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.**

## **AGRADECIMIENTO**

De manera muy especial agradecemos a Dios por el maravilloso regalo que es la vida, a nuestras familias, compañeros y amigos por su presencia y compañía.

A la Universidad Laica “Eloy Alfaro de Manabí”, por dejarnos la huella del progreso logrando un título profesional.

A la Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil por permitirnos enriquecer nuestros conocimientos.

Al Decano, Al Coordinador de la Carrera de Ingeniería Civil y cada uno de los catedráticos que supieron ser ejemplo de superación, despertando en nosotros la alegría por la expresión y el conocimiento creativo reflejado en el éxito alcanzado.

A nuestro Director de tesis Ing. Yuri Rodríguez, por el apoyo, guía y orientación en el desarrollo de nuestra tesis.

## **LOS AUTORES**



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

## CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

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

CERTIFICO: Que los egresados de la Carrera de Ingeniería Civil **ALCIVAR CARDENAS HENRRY LEONARDO** y **PILLASAGUA SEGUICHE NESTOR ABELARDO**, han cumplido con el desarrollo de su Tesis Titulada:DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES; la misma que ha sido desarrollada y concluida en su totalidad bajo mi dirección, habiendo cumplido con todos los requisitos y reglamentos para este efecto se requiere.

---

Ing. YURI RODRIGUEZ ANDRADE

DIRECTOR DE TESIS



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

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

---

AlcivarCardenasHenry Leonardo PillasaguaSeguicheNestor Abelardo



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

COOTADCÓDIGO ORGÁNICO TERRITORIAL, AUTONOMÍA  
Y DESCENTRALIZACIÓN.

ASTM (SOCIEDAD AMERICANA DE ENSAYOS DE MATERIALES)/  
(AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS).

ACI (INSTITUTO AMERICANO DEL CONCRETO) /  
(AMERICAN CONCRETE INSTITUTE).

INEN INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN.

EHE INSTIUTO DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	i
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS.....	iv
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	v
<b>RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
CAPITULO I.....	4
1. MARCO TEÓRICO.....	4
1.1. CEMENTO.....	4
1.1.1. GENERALIDADES.....	4
1.1.2. CEMENTOS HIDRÁULICOS.....	4
1.1.3. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS CEMENTOS.....	4
1.2. CEMENTO DEL CONCRETO HIDRÁULICO.....	5
1.2.1. PROPIEDADES ESPECIALES DE LOS CEMENTOS HIDRÁULICOS.....	6
1.2.2. CEMENTOS PRODUCIDOS ACTUALMENTE EN EL ECUADOR.....	7
1.3. MATERIALES PÉTREOS UTILIZADOS EN HORMIGÓN HIDRÁULICO.....	9
1.4. COMPONENTES DEL CONCRETO HIDRÁULICO.....	10





**DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.**

1.4.1.	ARENA.....	10
1.4.2.	ARIDO GRUESO.....	12
1.5.	AGUA PARA CONCRETO.....	14
1.5.1.	CONSIDERACIONES GENERALES.....	14
1.5.2.	EFFECTOS DEL AGUA EN EL CONCRETO.....	14
1.6.	CONCRETO.....	14
1.6.1.	GENERALIDADES.....	14
1.6.2.	EVOLUCIÓN DE LOS CAMBIOS DE ESTADO DEL CONCRETO.....	16
1.6.3.	PROPIEDADES DEL CONCRETO.....	18
1.7.	CONCRETO ENDURECIDO.....	20
1.7.1.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	21
1.7.2.	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.....	22
1.7.3.	RESISTENCIA AL DESGASTE.....	23
1.7.4.	ESTABILIDAD VOLUMÉTRICA.....	23
1.7.5.	PESO UNITARIO.....	24
	CAPITULO II.....	26
2.	METODOLOGÍA EMPLEADA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO.....	26
2.1.	GRANULOMETRÍA.....	26
2.1.1.	GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO.....	27
2.1.2.	GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO.....	29



**DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.**

2.2.	CONTENIDO HUMEDAD AGREGADO (ASTMC-566).....	30
2.3.	GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINO Y GRUESO (ASTMC-128/C-127).....	31
2.4.	PESO VOLUMÉTRICO SUELTO Y COMPACTADO DE AGREGADO FINO Y GRUESO.....	34
2.5.	ENSAYO DE ABRASIÓN ASTM(C-31).....	37
2.6.	ACEPTABILIDAD DEL HORMIGÓN.....	38
2.6.1.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	38
2.6.2.	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.....	41
2.7.	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE MEZCLAS DE ACUERDO AL ACI 211.1.....	43
2.7.1.	ELECCIÓN DE REVENIMIENTO.....	44
2.7.2.	ELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO.....	45
2.7.3.	CÁLCULO DE AGUA DE MEZCLADO Y CONTENIDO DE AIRE.....	45
2.7.4.	SELECCIÓN DE LA RELACIÓN DE AGUA/CEMENTO PARA LOS DIFERENTES DISEÑOS.....	46
2.7.5.	CALCULO DE CONTENIDO DE CEMENTO.....	46
2.7.6.	DISEÑO DE 210 Kg/cm <sup>2</sup> .....	51
2.7.7.	DISEÑO DE 280 Kg/cm <sup>2</sup> .....	52
2.7.8.	DISEÑO DE 320 Kg/cm <sup>2</sup> .....	53



**DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.**

CAPITULO III.....	54
3. ANALISIS DE LOS RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO.....	54
3.1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN.....	54
3.2. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE FLEXIÓN.....	58
3.3. ANALISIS ESTADISTICOS.....	63
3.3.1. RESISTENCIA PROMEDIO.....	63
3.3.2. DESVIACIÓN ESTANDAR.....	64
3.3.3. COEFICIENTE DE VARIACIÓN.....	64
3.3.4. RANGO.....	65
3.3.5. AMPLITUD.....	65
3.3.6. MODA.....	65
3.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS.....	66
3.5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	77
3.5.1. CONCLUSIONES.....	77
3.5.2. RECOMENDACIONES.....	79
3.6. BIBLIOGRAFÍA.....	80
3.7. ANEXOS.....	81



## ÍNDICE DE IMÁGENES

Gráfico 1.-Participación por marca del Mercado Ecuatoriano.....	9
Figura 1.- Arena Homogenizada.....	11
Figura 2.- Arena de Mar.....	11
Figura 3.- Ripio homogenizado.....	12
Figura 4.-Distribución en la masa de concreto.....	15
Figura 5.-Variaciones de las proporciones en volumen absoluto de los materiales usados el concreto sin aire incluido.....	16
Figura 6.-Curva de evolución del fraguado del concreto.....	17
Figura 7.-Ejemplos de segregación que se pueden originar en el concreto.....	19
Figura 8.-Cilindro de concreto sometido a compresión.....	21
Figura 9.- Resistencia a la flexión.....	22
Figura 10.- Granulometría de arena.....	27
Figura 11.- Ensayo en el cono de revenimiento.....	44
Figura 12.- Maquina a compresión.....	54
Figura 13.- Maquina a flexión.....	58
Figura 14.- Vigas ensayadas a flexión.....	59



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Ventas de cemento en el mercado Ecuatoriano hasta el 2009.....	8
Tabla2.-Principales aspectos del concreto influidos por los agregados.....	13
Tabla 3.- Peso intermedios vistos en los concretos frescos.....	25
Tabla 4.- Factor de modificación para la desviación estándar, cuando se dispone de menos de 30 ensayos.....	39
Tabla 5.-Resistencia a la compresión promedia requerida, cuando no se dispone De datos para establecer una desviación estándar.....	40
Tabla 6.-Resistencia promedia requerida a tracción por flexión cuando la desviación estándar conocida.....	42
Tabla 7.-Resistencia promedia requerida a tracción por flexión (MRr), cuando la desviación estándar conocida.....	42



## RESUMEN

La excelencia del Hormigón simboliza la calidad en el desarrollo de las obras civiles actuales. La resistencia a la compresión y a la flexión son parámetros del buen desempeño que debe desarrollar un hormigón de buena calidad, una vez que haya cumplido sus días de fraguado. En la práctica los ensayos de flexión demandan la preparación de muestras, que cuyo costo es mayor, que las utilizadas en los ensayos de compresión. Además el transporte de las mismas implica cuidados cuando se los lleva desde la obra hasta el laboratorio en donde se harán los ensayos respectivos. Por lo expuesto es más común el uso del ensayo a compresión para obtener la calidad de un hormigón.

En esta investigación se determina la correlación entre la resistencia a la compresión y la flexión. Mediante ensayos de especímenes elaborados de hormigón obtendremos los valores de resistencias a compresión y a flexión, y mediante cálculos matemáticos, estadísticos tendremos las correlaciones directas entre la resistencia a la compresión y el módulo de rotura de hormigones preparados. En la investigación los diseños de hormigón fueron realizados para obtener resistencia del orden 210, 280 y 320 kg/cm<sup>2</sup>.

Con la correlación matemática obtenida en la investigación, se concluye que para los materiales disponibles en nuestro medio la ecuación para el módulo de rotura es  $M_r = 2,44 * \sqrt{f'_c}$ ; el valor de 2,44 está dentro del rango establecido en el ACI, el mismo que indica que “La resistencia a la flexión para un concreto de peso normal, debe estar entre los valores de 1,99 a 2,65 veces la raíz cuadrada de la resistencia a la compresión”.



## DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

### INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, debido al desarrollo económico y tecnológico de nuestro país, se ha generado un avance importante en obras relacionadas a la Ingeniería Civil, cubriendo las necesidades de poblaciones e incluyéndolo en el camino del progreso. Mediante estas razones nace la necesidad de incluirse en el desarrollo mediante el aporte de un estudio titulado: Determinación de la correlación de la resistencia entre compresión y flexión del hormigón hidráulico con material de nuestro medio y en condiciones locales.

Mediante la introducción de la industria automotriz en nuestro país, se ha presentado un incremento o demanda de mejorar el sistema vial, dando apertura a implementar un sinnúmero de técnicas de construcción de caminos y carreteras, por lo que se enfocó la mirada en el hormigón; material de gran utilidad en obras civil de fácil manejo y manipulación, aplicando metodología que garantice la calidad de los trabajos y la durabilidad de los pavimentos.

El diseño y construcción de losas de hormigón simple para pavimento rígidos, están destinados a soportar diversa intensidad de tráfico, para estos diseños de hormigones se han realizados investigaciones de distintas mezclas con el fin de encontrar relaciones entre sus propiedades, como es el de la relación entre la resistencia a la compresión y resistencia a la flexión.



**DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.**

### **ACTUALIDAD, IMPORTANCIA Y NECESIDAD DEL ESTUDIO QUE SE HACE.**

Al diseñar estructuras de hormigón, como losas de pavimentos de concreto hidráulicas con materiales de nuestro entorno, nos permiten tener obras con mejores efectos más económicos y sociales,proveyendo infraestructuras de transportes que integren a sus ciudadanos con otros núcleos poblacionales, mejorando así calidad de vida.

Este trabajo de graduación está enfocado en correlacionar las resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión del hormigón hidráulico, obteniendo valores de constante “K” del módulo de ruptura que son de gran utilidad para los cálculos de pavimentos rígidos.





DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

## CAPÍTULO I

### **1. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.**

#### **1.1. Cemento.**

##### **1.1.1. Generalidades.**

En el periodo XX evoluciono la industria del cemento, por numerosas investigaciones y experimentaciones químicas formulados por los franceses Vicat y Le Chatelier, que lograron obtener un cementante de calidad homogénea.

Fueron los primeros indicios para las industrias del cemento, que a medida que paso el tiempo se fue perfeccionando al seleccionar los agregados utilizados para su fabricación, de tal forma que el cemento cumpla con una serie de propiedades físicas y químicas para alcanzar una excelente calidad.

##### **1.1.2. Cementos Hidráulicos.**

Es un material finamente pulverizado que amasado con el agua: fraguan y endurecen. Bajo el agua, debido a su interacción químicas producidas por la hidratación se endurecen desarrollando su resistencia y conservando su estabilidad adecuado al uso deseado.

##### **1.1.3. Principales características físicas de los cementos.**

Aunque en una mezcla el cemento represente un porcentaje bajo, sus características reflejan la calidad y resistencia de un hormigón.



## DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

Propiedades Físicas del cemento:

**Finura:** la fineza del cemento hace que al amasarlo con el agua reaccione con mayor rapidez, incrementando resistencias tempranas.

**Hidratación:** es el proceso del fraguado del cemento.

**Tiempo de Fraguado:** es el cambio que sufre un hormigón desde la etapa de amasado hasta su endurecimiento.

**Resistencia Mecánica:** de acuerdo a los días de fraguado se estima la resistencia de un concreto, dichas pruebas se hace a través de resistencia a la compresión en especímenes preparados.

### 1.2. Cementantes del Concreto Hidráulico

Los cementantes que se utilizan para la obtención del concreto son hidráulicos, al tener interacción con el agua, los cementantes fraguan y endurecen con mayor rapidez.

Constan otras variedades de cemento con otras composiciones y propiedades, entre los cuales tenemos los siguientes:



## DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

- ✓ Cementos Pórtland
- ✓ Cementos Portland con Adiciones Hidráulicamente Activas
- ✓ Cementos Puzolánicos
- ✓ Cementos Aluminosos
- ✓ Cementos de Mampostería
- ✓ Cementos Blancos

En construcciones civiles el concreto es uno de los materiales importantes en cuanto a la obra, se conviene valorar la calidad para lograr un fraguado con rapidez, donde el tiempo inaugural y terminante se halle incorporado los valores normativos para una consistencia normal.

### **1.2.1. Propiedades Especiales de los Cementos Hidráulicos.**

En determinados casos las obras de ingeniería requieren estructuras de concreto que brinden mayor garantía, con propiedades especiales o adicionales, tales como: de alta resistencia o alto desempeño que permita soportar grandes cargas a nivel de flexión y compresión.

Estos concretos pueden ser fabricados con cemento portland lo cual esta especificado en la norma ASTM C-150.

#### **Tipos de cementos portland:**



## DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

**Tipo I:** Es usualmente utilizado para obras en general (edificios, estructuras, etc.).

Libera más calor de hidratación que otros tipos de cementos.

**Tipo II:** es utilizado para obras expuestas a sustancias químicas como es el caso del sulfato, en construcciones tales como puentes, tubería de concreto, etc.

**Tipo III:** alta resistencia inicial, cuando se requiere que la estructura se somete a cargas antes del tiempo previsto o al desencofrar a pocos días de su fundición.

**Tipo IV:** este cemento reacciona bajo el calor, en la cual no se deben originar dilataciones en el instante de su fraguado.

**Tipo V:** usualmente se utiliza donde las construcciones están expuestas a sustancias químicas tal como el sulfato (canales, obras portuarias, etc.).

### **1.2.2. Cementos Producidos Actualmente en El Ecuador.**

El Mercado Ecuatoriano en la distribución del cemento ha incrementado los últimos 10 años con una pauta promedio de 6,82%. La demanda de este producto sumaron un monto de US \$562 millones en el 2009.



**DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.**

	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
<b>PIB</b>	37.186.942	41.763.230	45.789.374	54.685.881	51.385.555
<b>PIB Construcción</b>	3.099.723	3.822.000	4.162.006	5.343.693	5.448.964
<b>% PIB</b>	8,34%	9,15%	9,09%	9,77%	10,6%

**Tabla 1. Ventadel cemento en el mercado Ecuatoriano hasta el 2009**

**FUENTE: Empresa pública cementera del Ecuador EPCE**

El contenido situado en manufactura es de 5.6 millones de toneladas por año en un mercado que consumió 5.3 millones de toneladas en el año 2010. El contenido de fabricación de cemento en el Ecuador bordeando el volumen de la demanda, existiendo la correlación entre oferta y demanda de 93%. Consecuentemente la detención de una de las plantas en producción presentementerepresentaría un valioso riesgo de desabastecimiento de los mercados a los que atiende. No hay alternativa que reemplace el cemento y su impacto en el sector de la construcción se sitúa entre el 10% y 15%. Estos agentes hacen que las variaciones de precio (elasticidad) en el producto no afecten sustancialmente la cantidad demandada del mismo.

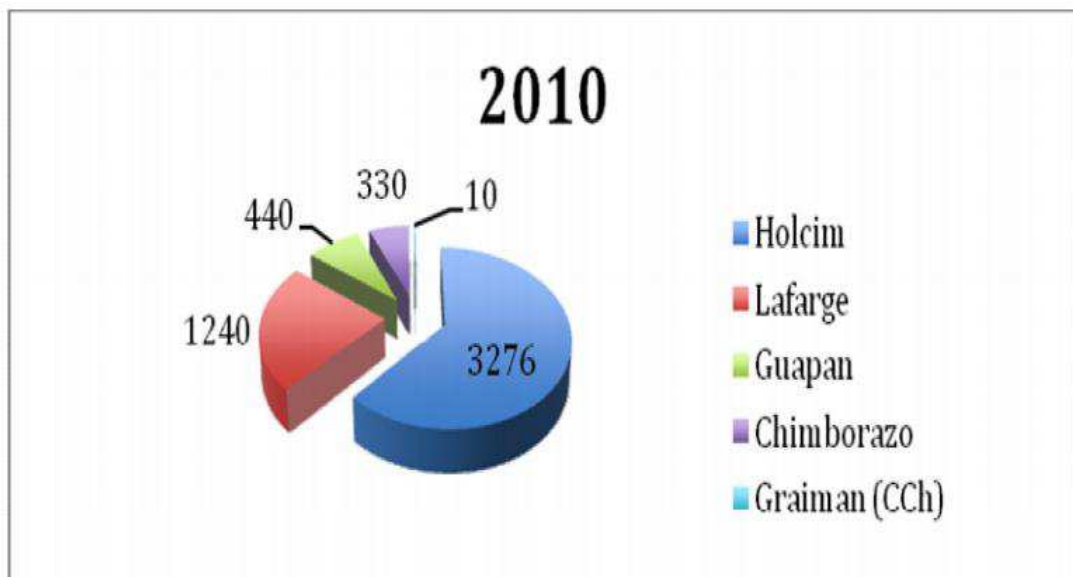
En el Ecuador existen 4 empresas productoras de cementos:

1. Holcim
2. Lafarge
3. Industrias Guapán
4. Cemento Chimborazo



**DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.**

Mediante la demanda de producto en el mercado Ecuatoriano se obtienen los porcentajes de las distintas empresas nombradas 62% Holcim; 24% Lafarge y 14% Guapán - Chimborazo. A continuación el cuadro de las ventas en miles de t.



**Gráfico 1 Participación por marca del mercado ecuatoriano**

**Fuente EPCE**

**1.3. Materiales pétreos utilizados en hormigón Hidráulico.**

Del 60% al 70% del volumen del hormigón es ocupado por agregado (grueso y fino) y la tendencia actual en áreas constructivas requiere mejorar y aumentar las exigencias a todos los materiales componentes del hormigón convencional, dando como resultados hormigones resistentes, durables y con mayor estabilidad volumétricas.



## DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

Nuestro país está formado en más del 90% por rocas volcánicas, el resto lo forman las sedimentarias.

- ✓ **Rocas volcánicas:** están formadas por el enfriamiento y su solidificación del magma.
- ✓ **Rocas sedimentarias:** se crean por la recolección de sedimentos que son átomos de diferentes dimensiones que son trasladados por el hielo.
- ✓ **Rocas metamórficas:** estas rocas están sometidas presiones y se forman a partir de distintas rocas existentes.

### 1.4. Componentes del Concreto Hidráulico.

Los agregados cumplen un papel fundamental en el concreto, ya que con una mejor selección de las características de los agregados y un estudio previo se obtienen consideraciones del diseño y precio de la obra que se proyecta y se ejecuta.

Los componentes básicos que constituyen el concreto hidráulico son los siguientes:

#### 1.4.1. La arena

La arena es el material que producto de la dispersión natural de las rocas o se consigue de la trituración de las mismas, y cuyo tamaño es mínimo a los 5mm. Para su uso se especifican las arenas por su dimensión. A tal fin se les hace pasar por unos tamices que van reteniendo los granos más gruesos y dejan pasar los más finos.



**DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.**

Al mezclar la arena homogeneizada con la arena de mar que tienen diferentes módulos de finura, se consigue comprimir mejor los espacios vacíos, economizando así cemento y logrando resistencias más altas del concreto.

Pueden utilizarse todas las arenas que desempeñen con las especificaciones establecidas en la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).



**Figura 1. Arena homogenizada**



**Figura 2. Arena de Mar**





DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

#### 1.4.2. EL ÁRIDO GRUESO

No se requiere ninguna especificación en particular, a excepción del tamaño máximo del árido, que debe limitarse para evitar el bloqueo en el paso de la masa fresca entre las armaduras.

El ripio homogenizado se logra llenar mejor los espacios vacíos en el concreto, los elementos piedra y arena por ser la porción inactivo del conjunto y forman el cuerpo o masa principal un hormigón para su excelencia en su diseño.



**Figura 3. Ripio Homogenizado**



**DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.**

CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS	ASPECTOS INFLUIDOS EN EL CONCRETO	
	CONCRETO FRESCO	CONCRETO ENDURECIDO
Granulometría	Manejabilidad	Resistencia mecánica
	Requerimiento de agua	Cambios volumétricos
	Sangrado	Economía
Limpieza (materia orgánica, limo, arcillas y otros finos indeseables)	Requerimiento de agua	Durabilidad
	Contracción plástica	Resistencia Cambios volumétricos
Densidad (gravedad específica)	Peso unitario	Peso unitario
Sanidad	Requerimiento de agua	Durabilidad
Absorción y porosidad	Pérdida de revendimiento	Durabilidad
	Contracción plástica	Permeabilidad
Forma de partículas	Manejabilidad	Resistencia mecánica
	Requerimiento de agua	Cambios volumétricos
Textura artificial	Manejabilidad	Durabilidad
	Requerimiento de agua	Resistencia al desgaste Economía
Tamaño máximo	Segregación	Resistencia mecánica
	Peso unitario	Cambios volumétricos
	Requerimiento de agua	Peso unitario
		Permeabilidad Economía
Reactividad con los alcalis		Durabilidad
Módulo de elasticidad		Módulo de elasticidad Cambios volumétricos
Resistencia a la abrasión		Resistencia a la abrasión Durabilidad
Resistencia mecánica (por aplastamiento)		Resistencia mecánica
Partículas friables y terrones de arcillas	Contracción plástica	Resistencia mecánica Durabilidad Reventones superficiales
Coeficiente de expansión térmica		Propiedades térmicas

**Tabla 2: Principales aspectos del concreto influidos por los agregados.**



## **1.5. Agua para Concreto.**

### **1.5.1. Consideraciones Generales.**

Debido a su empleo en el concreto, el agua ocupa un papel predominante en aplicaciones de elaboración de mezcla, proceso de fraguado estado endurecido del hormigón, es usual utilizar agua de calidad sin la presencia de sustancias químicas perjudiciales en la misma.

### **1.5.2. Efectos del Agua en el Concreto.**

Es necesario establecer la calidad del agua del mezclado, evitando sustancias indeseables e impurezas que puedan contaminar el concreto, sean estas dirigidas a construcciones urbanas, industriales o similares afectando a su composición y a su resistencia.

## **1.6. Concreto.**

### **1.6.1. Generalidades.**

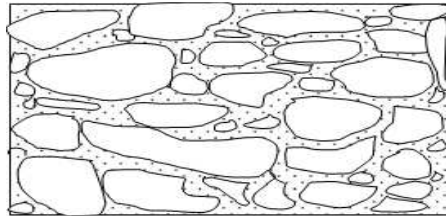
El concreto se ha convertido en el material de construcción más utilizado por su versatilidad y facilidad de ser moldeado obteniendo una masa solida resistente a las variaciones del tiempo y temperatura.

La calidad del concreto depende de los tipos de agregado, tipo de agua a utilizar para formar mezcla semejante capaz de resistir solicitaciones que estará sometido el concreto.



## DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

A los materiales primordiales, se le logran complementar otros, líquidos o en polvo, llamados aditivos, con la solución de cambiar las especificaciones obtenida la mezcla de concreto, ésta se lleva a un molde determinado por medio de compactación o consolidación, evitando aire atrapado o pequeñas burbujas provocando falla en el concreto. Debe de existir una excelente distribución de los agregados que conforman el concreto, como se muestra en la figura 4.



**Fig. 4 Distribución en la masa de concreto. Asociados**

**Fuente: EPCE**

Cuando el amasado es de baja calidad, o pobres en cemento los agregados adquieren más del 75% del volumen total del concreto, contra un volumen incondicional de 7% del cemento y 16% del agua. Cuando el amasado es superior en lo alcanzado del cemento como se muestra en la (Fig. 5.), los agregados se mezclan con más del 60% en volumen, contra 15% del cemento y 21% del agua. En estas realidades, se observa el intervalo del total en su volumen, que se interponen en el concreto habitual o concreto estándar. Es primordial prestar atención que el aire alcanzado, no debe ser superior que el 3% en volumen del concreto.



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

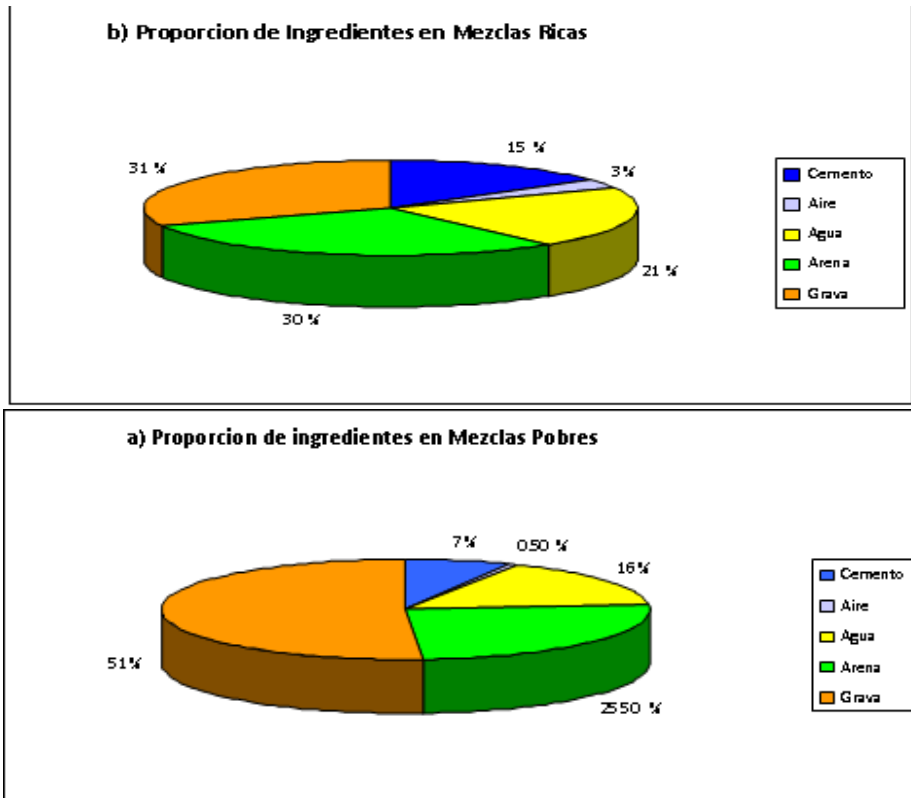


Fig5. Variación de las proporciones en volumen absoluto de los materiales usados en el concreto sin aire incluido. Fuente: Fabricación del Concreto.

### 1.6.2. Evolución de los Cambios de Estado del Concreto.

La evolución es la deducción de las indagaciones producidas en los planos físicos, químicos, estéticos y mecánicos. El comportamiento expuesto al fuego los convierte en el material estructural más seguro antes ese tipo de adversidades. El conocimiento de sus impotencias permite elaborar estructuras seguras y duraderas.

El concreto presenta dos estados esenciales desde lo práctico. El estado fresco y el estado endurecido. Estos estados son sinónimos de la fase de colocación en obra y de



## DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

USO.

El concreto fresco es el beneficio inmediato del amasado de sus materiales. Desde el instante que su masa se expone a reacciones químicas sus características finales como material endurecido. El concreto fresco es una masa heterogénea de fases sólida, líquida y gaseosa que se distribuyen en igual proporción si está bien amasado.

El concreto endurecido se obtiene al final del fraguado. El concreto endurecido se compone del árido, la pasta de cemento endurecido y las red de poros abiertos o cerrados resultado de la evaporación del agua sobrante, el aire ocluido puede ser natural o provocado por un aditivo.

En la figura 6 se identifica el tipo de curva en la evolución del fraguado, que nos ilustra el transcurso de cambio en la mezcla de concreto.

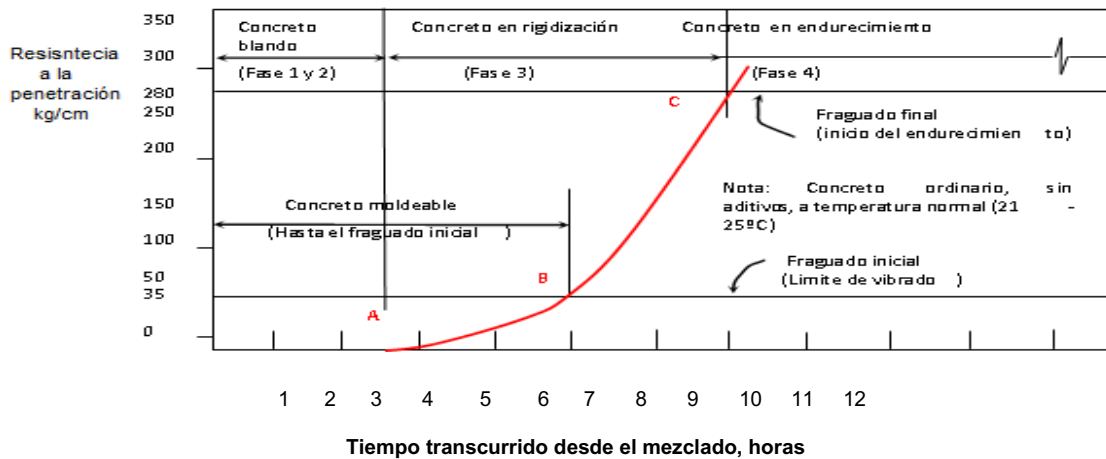


Fig. 6 Curva de evolución del fraguado del concreto.

Fuente: Manual de Tecnología del concreto. Sección IV. (CFE)



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

### 1.6.3. Propiedades del Concreto.

El concreto generalmente se caracteriza por sus particulares semejanzas a la piedra que se adquieren a través de una mezcla afinadamente proporcionada de cemento.

Las importantes propiedades del concreto que son intervenidas y cambiadas por las desiguales tipos y clases de cemento, son las subsiguientes:

**Durabilidad:** al estar en la intemperie el concreto debe ser resistente, por estar expuesto a distintos factores como las sustancias químicas y a la fricción del mismo.

**Impermeabilidad:** es primordial que el concreto se logre optimarse, con continuidad, comprimiendo la cantidad de agua en el amasado.

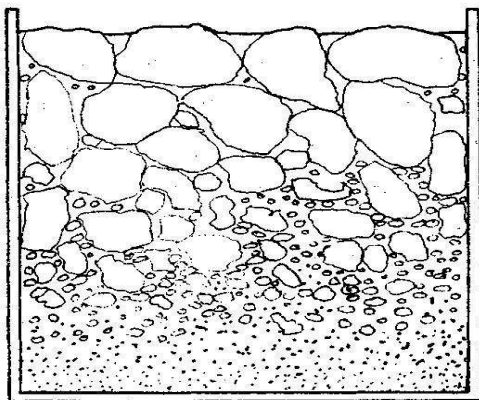
**Resistencia:** como en toda construcción siempre se aspira que el concreto llegue a una resistencia alta o prudente, la mayoría de las obras civiles dan énfasis a ensayos con especímenes a la compresión, entre mayores días de fraguado tenga el concreto mayor será su resistencia y durabilidad.

**Trabajabilidad:** es primordialmente significativo este parámetro en la excelencia de un concreto. En particularidad, es la facilidad con la cual los agregados al amasarse se pueden maniobrar, trasladarse y ubicarse con escasa pérdida de homogeneidad.

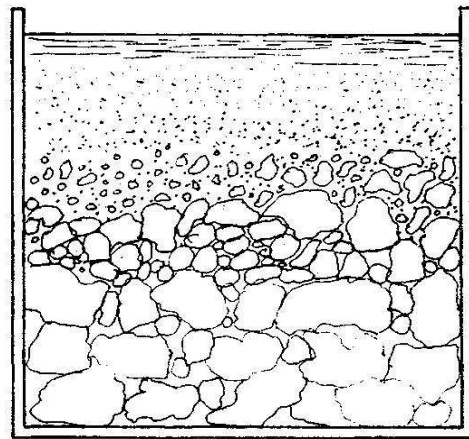


**DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.**

En ocasiones por el mal manejo de los constructores el concreto no llega a una buena resistencia por la elección de los agregados se consiguen aislar en tamaños desaprovechándose la igualdad y la eficacia del concreto, a este desgaste se llama segregación, después del vaciado o dando los últimos amoldaduras al concreto, se sabe ostentar el sangrado, es una representación de segregación en la que el agua del amasado dilata a subir a la superficie de un concreto recientemente vaciado. Es por causa de los componentes sólidos del amasado no se consiguen retener parte del agua cuando se asientan.



**Segregación inversa**



**Segregación normal**

**Figura 7 Ejemplos de segregación que se pueden originar en el concreto**

Esto representa que el concreto tenga un estado poroso, con una estimación muy baja con el contacto de los agregados y el amasado.

Se obtiene un concreto fresco cuando cumple con varias características: manejable, fabricado y terminado, en circunstancias determinadas, sin mostrar sangrado, ni segregación.





### **1.7. Concreto Endurecido.**

Una vez obtenido el fraguado del concreto, va adquiriendo resistencia y endurece. Las características de un concreto endurecido son resistentes y durables siempre, y cuando se lleven las especificaciones técnicas y adecuadas, por lo tanto se enumera seis propiedades fundamentales de un concreto en estado endurecido:

1. Impermeabilización.
2. Estabilidad.
3. Resistencias mecánicas: compresión, flexión y abrasión, cambios volumétricos y el peso unitario.
4. Cambios volumétricos: contorsión, esparcimiento, distorsión elástica, distorsión plástica.
5. Severidad al calor y a la radiación.
6. Característica térmica, vibración y automática.

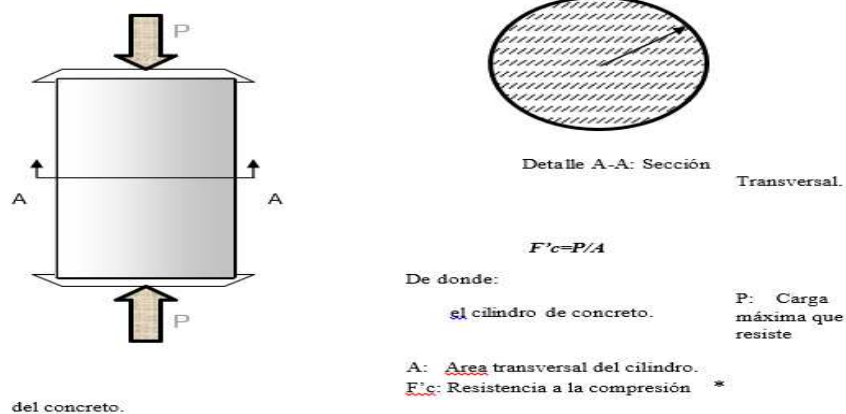
Entre todas estas propiedades, las que más importancia tienen en nuestra investigación, debido a su interacción en el concreto hidráulico, son las que se enumeran a continuación: resistencias a la compresión, flexión y abrasión, cambios volumétricos y el peso unitario del concreto.



**DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.**

**1.7.1. Resistencia a la compresión:** es aquella que se adquiere de diversos ensayos por ejemplo, de cubos de cilíndricos que regularmente tienen la medición de 15 centímetros de diámetro y 30 centímetros de altura. Cuya resistencia se enumera en ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ), Mpay en algunas ocasiones en libras por pulgada cuadrada (psi), entre mayor sea el tiempo de fraguado mayor será la resistencia de el concreto, se le designa a dicha resistencia la nomenclatura de  $f'_c$ .

Conviene preparar y curar los especímenes bajo el seguimiento de control que prescribe la elaboración de los morteros, para certificar una vez el vaciado del concreto se originen muestras con las dimensiones establecidas y obtener una buena calidad y su resistencia de el concreto.



**Figura 8 Cilindro de concreto sometido a compresión.**

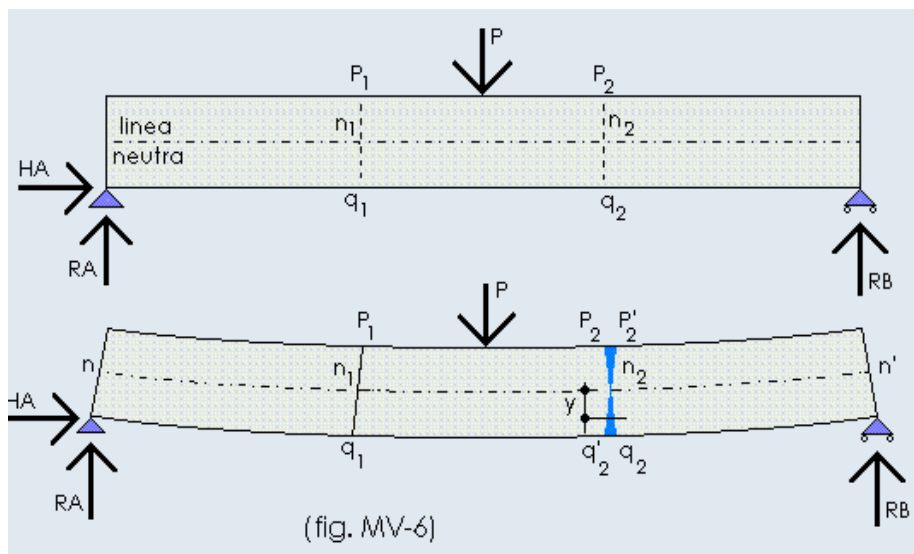
**Fuente: Fabricación del concreto. (Ingenieros Civiles Asociados)**



**DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.**

**1.7.2. Resistencia a la flexión:**regularmenteel concreto se somete a pruebas de compresión por su bajo costo y su alta resistencia, los ensayos a la flexión son considerablemente perceptivas en su elaboración, manejo y procedimiento de curado de las muestras. Por lo cual las vigas son muy pesadas y pueden ser perjudicadas cuando se las maneja y trasladaa partirel sitio de trabajo hasta el laboratorio.

Frecuentemente se eligeutilizar estos diseños en pavimentos, por lo cualsu diseño de amasados tiene que ser debidamente en un laboratorio, las muestras de vigasconviene ser fabricadas convenientemente en el campo, porque las mezclas para los pavimentos de concreto son secas con asentamiento.



**Figura 9- Resistencia a la flexión**

**Fuente:Fabricación del concreto. (Ingenieros Civiles Asociados)**



#### DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

**1.7.3. Resistencia al desgaste:** en las estructuras e obras civiles, están sujetas al desgaste por un sin número de factores por ejemplo a sustancias químicas, efectos naturales, transporte vehicular, etc.

Pero para que un concreto tenga mayor vida útil y no sufra al desgaste se toma como medida el procedimiento adecuado, con el ensayo de abrasión el cual le da una mejor resistencia al concreto.

Un concreto de excelente resistencia a compresión posee superior resistencia a la abrasión que un concreto de resistencia a compresión pobre. También el desgaste del pavimento surge en la mala elección de los agregados que influye que la superficie del concreto sufra un mayor desgaste.

**1.7.4. Estabilidad Volumétrica:** una particularidad que no es deseada en el concreto hidráulico es su propensión a mostrar permutaciones volumétricas, característicamente contorsiones, que conllevan a los agrietamientos en las estructuras. Para prevenir con este tipo de fisuras, en procesos que lo merecen, se ha innovado tipos de cementos expansivos que se optan para los concretos de contorsión remediada.



#### DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

La humedad del concreto causa que se dilate sutilmente. Y al entrar en el estado de secado se endurece. La característica primordial que afecta es la dimensión de la contorsión por secado, es el espeso de agua del concreto recientemente amasado.

**1.7.5. Peso Unitario:** el concreto tradicional, utilizado frecuentemente en construcciones estructurales posee un peso unitario centralmente en el límite de 2,240 a 2,400 kg/m<sup>3</sup>. Con relación del peso unitario en el concreto varia por distintos efectos tantos como la cantidad relativa de sus agregados, el conjunto retenido de aire, incluidos el cemento y agua, los cuales influyen al tamaño superlativo de sus añadidos.

El procedimiento de los ensayo incluye en el valor del peso unitario del concreto fresco y marca las técnicas para automatizar el rendimiento, cantidad de cemento, y la cantidad de agua que permanece estancada impenetrablemente en poros capilares y no se evapora bajo situaciones normales.

El contenido de agua al exponerse al aire libre cumple con el estado de evaporación, por lo tanto obtiene el 50% alrededor de 2% a 3% del peso del concreto, obedeciendo a la cantidad preliminar de agua del concreto, de la propiedad de absorción de los añadidos, y de las dimensiones de la estructura.



**DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.**

Tamaño máximo del agregado, mm	Contenido de aire, por ciento	Agua por (kg/m <sup>3</sup> )	Cemento (kg/m <sup>3</sup> )	Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )				
				Gravedad específica de agregados (Estado saturado superficialmente seco)				
				2.55	2.60	2.65	2.70	2.75
19	6.0	168	336	2,195	2,227	2,259	2,291	2,323
38	4.5	145	291	2,259	2,291	2,339	2,371	2,403
76	3.5	121	242	2,307	2,355	2,387	2,435	2,467
152	3.0	97	167	2,355	2,387	2,435	2,467	2,515

**Tabla 3 Pesos intermedios vistos en los concretos frescos.**

**Fuente: Diseño y Control de Mezclas de Concreto. (IMCYC)**



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

## CAPITULO II

### **2. METODOLOGÍA EMPLEADA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO.**

Mediante la realización de este proyecto se encuentran inmersos varios ensayos que se emplean a los materiales utilizados para la elaboración del concreto, en el cual se determina la calidad del tipo de agregado a utilizarse en la mezcla.

Para esto se realizó en las instalaciones del laboratorio de ingeniería civil de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí los ensayos: granulométrico, contenido de humedad, gravedad específica, absorción, peso volumétrico suelto y compactado, resistencia al desgaste; dichos ensayos se describen a continuación:

#### **2.1. GRANULOMETRÍA**

Es la repartición de los volúmenes de las partículas de un agregado, consiste en hacer pasar el agregado a través de una serie de tamices de malla de alambre de aberturas cuadradas.



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

### 2.1.1. GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO.

En este ensayo se hace pasar la muestra por una serie de mallas o tamices para conocer la distribución retenidas o el porcentaje que pasa.

Se utilizaron tamices del N° 4, 8, 16, 30, 50, 100, 200 y su respectiva tapa.

En este ensayo utilizamos una muestra representativa de arena aproximadamente de 515 gramos.

#### CÁLCULO

$$MF = \frac{\text{suma del \% acumulado de la malla 8 hasta 200}}{100}$$



Figura 10 Granulometría de arena





DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

**ENSAYO GRANULOMETRICO DE LOS AGREGADOS FINOS .**

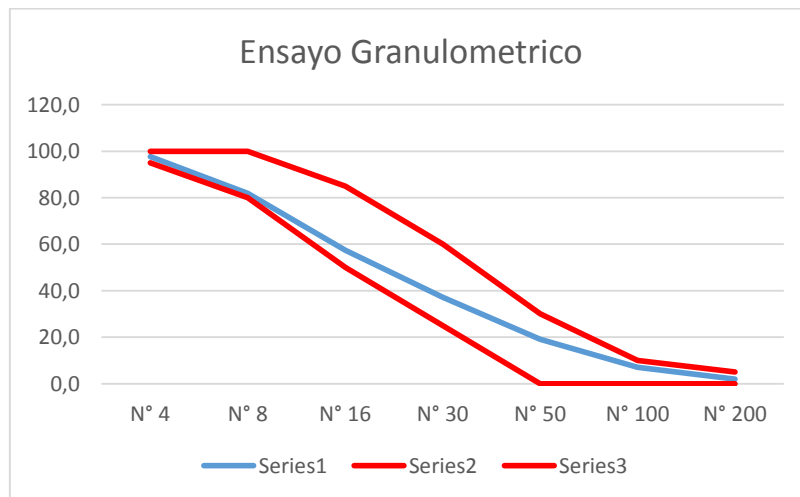
PROCEDENCIA: **CANTERA CHORRILLO**

FECHA: 17-ENER-2014

ARENA HOMOGENIZADA

PESO INICIAL **515** Gr

TAMIZ		RETENIDO PARCIAL (g)	RETENIDO ACUMULADO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASANTE ACUMULADO (%)	ESPECIFICACIONES	
INEM	ASTM							
38 mm	1 ½ in							
25 mm	1 in							
19 mm	¾ in							
12.5 mm	½ in							
9.5 mm	3/8 in	0	0	0,0	0,00	100	100	100
4.75 mm	N° 4	12,1	12,1	2,4	2,4	97,6	95	100
2.36 mm	N° 8	81,3	93,4	15,8	18,1	81,9	80	100
1.18 mm	N° 16	126,2	219,6	24,5	42,7	57,3	50	85
0.59 mm	N° 30	103,9	323,5	20,2	62,8	37,2	25	60
0.29 mm	N° 50	93,1	416,6	18,1	80,9	19,1	0	30
0.149 mm	N° 100	62,1	478,7	12,1	93,0	7,0	0	10
0.074 mm	N° 200	25,9	504,6	5,0	98,0	2,0	0	5
	<b>P.200</b>	<b>10,2</b>	<b>514,8</b>	<b>2,0</b>	<b>100,0</b>	<b>0,0</b>		
		<b>514,8</b>		<b>MODULO DE FINURA</b>		<b>3,0</b>		



Como se observa en la gráfica la arena se encuentra dentro de los límites para la elaboración de concreto. Con un módulo de finura de 3.



**DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.**

**2.1.2. Granulometría Agregado Grueso.**

Con este ensayo obtenemos el tanteo de partícula de la grava así como el tamaño máximo.

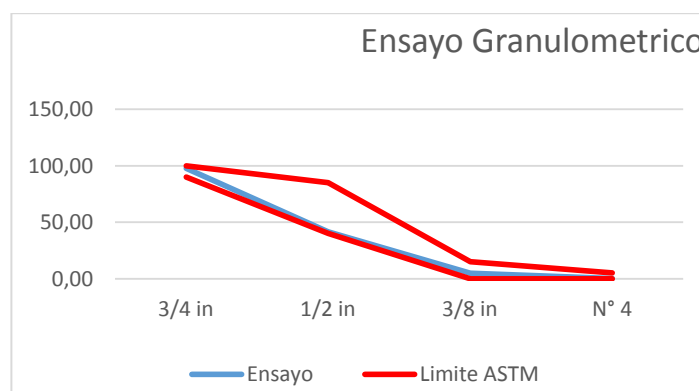
Se utilizaron tamices del N° ¾, ½, 3/8, 4, 8, 16, 30, 50, 100, 200 y su respectiva tapa que retiene el material pasante.

**ENSAYO GRANULOMETRICO DE LOS AGREGADOS GRUESOS.**

**PROCEDENCIA:** CANTERA URUZCA  
**PESO INICIAL** 10500 Gr

FECHA: 17-ENER-2014

TAMIZ		RETENIDO PARCIAL (g)	RETENIDO ACUMULADO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASANTE ACUMULADO (%)	ESPECIFICACIONES	
INEM	ASTM							
38 mm	1 ½ in	0	0	0	0	0		
25 mm	1 in	0	0	0	0			
19 mm	¾ in	241,2	241,2	2,30	2,30	97,70	90	100
12.5 mm	½ in	5899,4	6140,6	56,2	58,50	41,50	40	85
9.5 mm	3/8 in	3859	9999,6	36,8	95,26	4,74	0	15
4.75 mm	N° 4	479,8	10479,4	4,6	99,8	0,2	0	5
2.36 mm	N° 8	1,6	10481	0,0	99,8	0,2		
1.18 mm	N° 16	0,9	10481,9	0,0	99,9	0,1		
0.59 mm	N° 30	0,6	10482,5	0,0	99,9	0,1		
0.29 mm	N° 50	0,7	10483,2	0,0	99,9	0,1		
0.149 mm	N° 100	9,5	10492,7	0,1	100,0	0,0		
0.074 mm	N° 200	4	10496,7	0,0	100,0	0,0		
	P.200	0,8	10497,5	0,0	100,0	0,0		
		<b>10497,5</b>						





**DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.**

**Tamaño máximo y tamaño máximo nominal del agregado grueso:**

El tamaño máximo es  $\frac{3}{4}$  **pulgadas (19 mm)** ya que es el menor tamiz por el que pasa toda la muestra; y el tamaño máximo nominal es el que sigue  $\frac{1}{2}$  **pulgada (12.5 mm)** ya que es el menor tamaño de la malla por el cual pasa la mayor parte del agregado, o sea es la malla donde se retiene el agregado de mayor tamaño. Los resultados y cálculos completos de las pruebas de granulometría del agregado grueso deben cumplir con las siguientes tablas:

Tamiz		% que pasa (acumulado)
mm	(pulgadas)	
25,4	1	100
19,1	3/4	84-100
12,7	1/2	73-91
9,5	3/8	62-81
4,76	No.4	51-69
2,38	No.8	39-58
1,19	No.16	29-48
0,595	No.30	20-38
0,296	No.50	12-29
0,149	No.100	7-20
0,074	No.200	2-10*

**2.2. CONTENIDO HUMEDAD AGREGADOS (ASTM C-566)**

Esta técnica de ensayo determina el porcentaje de humedad evaporable en una muestra en estado natural. Algunos agregados pueden contener agua que está químicamente combinada con los minerales en el agregado, dicha agua no es evaporable y no está incluida en el porcentaje determinado por este procedimiento de ensayo. Este ensayo se debe de hacer justo antes de realizar la mezcla de concreto, debido a que la humedad presente en los agregados es variable y depende de muchos factores, por lo que los resultados de éste son diferentes en cada diseños de mezclas; el contenido de humedad de los agregados que utilizamos en esta investigación para el diseño son los siguientes.



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

### ENSAYO DE HUMEDAD PARA AGREGADO FINOS Y GRUESO .

PROCEDENCIA: **CANTERA URUZCA**

FECHA: 21-ENER-2014

**ARENA.HOMOGENIZADA( CHORRILLO**

PROCEDENCIA: )

Nº ENSAYO	RIPIO	A. HOMOGENIZADA	A.SAN MATEO
PESO DE GRAVA HUMEDA (g) =	372	388,3	605,1
PESO DE GRAVA SECA AL HORNO (g) =	363,2	352,2	596,4
AGUA=	8,8	36,1	8,7
% DE HUMEDAD =	<b>2,42</b>	<b>10,25</b>	1,46

### 2.3. GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINO Y GRUESO (ASTM C-128/C-127)

Estos procedimientos de ensayo cubren la determinación de la densidad promedio de una cantidad de partículas de agregado grueso y fino.

A continuación observaremos los resultados de los agregados logrados en el laboratorio “Bolívar Ortiz Logroño” de acuerdo a las normas (ASTM C-128/C-127), en la cual se utilizarán para la aplicación del procedimiento del diseño de mezclas de hormigón ACI 211.1:



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

### ENSAYO DE PESOS ESPECIFICO DE LOS AGREGADOS FINOS.

FECHA: 20-ENER-2014

PROCEDENCIA: CANTERA CHORRILLO

HOJA: 1/1

NOMBRE	UNIDAD	VALOR
(A) = PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO	Gr	459,95
(B) = PESO DE LA PROBETA LLENO DE AGUA	Gr	1231,6
(C) = PESO DE LA PROBETA CON MUESTRA Y LLENO DE AGUA	Gr	1526,8
(S) = PESO DE MATERIAL	Gr	500
<b>PESOS ESPECIFICOS</b>		
GRAVEDAD ESPECIFICA DE MASAS = $(A / (B + A - C))$	gr/cm <sup>3</sup>	2,79
GRAVEDAD ESPECIFICA S.S.S = $(S / B + S - C)$	gr/cm <sup>3</sup>	2,44
GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE = $(A / (B + S - C))$	gr/cm <sup>3</sup>	2,25
% ABSORCION DE AGUA = $((S - A) / A) * 100$	%	8,71

#### **Gravedad específica de agregado fino en condición saturado superficialmente**

**seco (s.s.s):**

La grava posee una densidad relativa de: **2.44 %**

#### **Absorción del agregado fino:**

La arena que se utilizará en la elaboración de especímenes de concreto tiene una absorción del: **8.71 %**.

#### **Gravedad específica y absorción del agregado grueso, procedente de la Cantera Uruzca.**



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

### ENSAYO DE PESOS ESPECÍFICO DE LOS AGREGADOS GRUESOS.

FECHA: 17-ENER-2014

PROCEDENCIA: CANTERA URUZCA

HOJA: 1/1

NOMBRE	UNIDAD	VALOR
(A) = PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO	Gr	1961
(B) = PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SATURADA	Gr	2000
(C) = PESO EN EL AGUA DE LA MUESTRA SATURADA	Gr	1276
<b>PESOS ESPECIFICOS</b>		
GRAVEDAD ESPECIFICA DE MASAS = $(A / A - C)$	gr/cm <sup>3</sup>	2,71
GRAVEDAD ESPECIFICA S.S.S = $(B / B - C)$	gr/cm <sup>3</sup>	2,76
GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE = $(A / A - C)$	gr/cm <sup>3</sup>	2,86
% ABSORCION DE AGUA = $((B - A) / A) * 100$	%	1,99

**Gravedad específica de agregado grueso en condición saturado superficialmente seco (s.s.s):**

La grava posee una densidad relativa de: **2.76 %**

**Absorción del agregado grueso:**

La grava que se utilizará en la elaboración de especímenes de concreto tiene una absorción del: **1.99 %**.



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

#### **2.4. PESO VOLUMÉTRICO SUELTO Y COMPACTADO DE AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO (ASTM C-29)**

Esta técnica de ensayo describe la determinación de la densidad en masa (peso unitario) de los agregados en condiciones compactada o suelta, tanto a los agregados gruesos y agregados finos.

Esta técnica de prueba es flexible a aquellos agregados que no excedan de 125 mm (5 pulgadas) como tamaño máximo nominal. Peso unitario son procesos tradicionales para referir la propiedad determinada por esta técnica de prueba, y que personifica el peso entre el volumen unitario (más correctamente, masa entre volumen unitario, o densidad). Primordialmente, la información que se necesita obtener de los ensayos de peso volumétrico de agregados (ASTM C-29) para la estudio del método de diseño de mezclas de concreto de peso normal ACI 211.1 se muestra a continuación:

##### **Peso volumétrico seco compactado (PVSC):**

El peso volumétrico de la grava secada al horno y varillado según ASTM C-29 es **1540.51 kg/m<sup>3</sup>**.

Los resultados y cálculos completos de las pruebas de peso volumétrico de agregados se presentan a continuación



**DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.**

**Calculo de peso volumétrico de grava:**

En este ensayo obtenemos peso de la grava por unidad de volumen cuando es sometida a cierto grado de compactación con una varilla de punta redonda con capa de 25 golpes distribuido en toda la superficie del recipiente.

CÁLCULO:

$$P.V.S.V. = \frac{\text{Peso de la grava}}{\text{Volumen de la grava}}$$

**ENSAYO DE PESOS VOLUMETRICOS SUELTO Y COMPACTADO DE AGREGADO GRUESO .**

**PROCEDENCIA:**

**CANTERA URUZCA**

FECHA: 17-ENER-2014

ALTURA DE MOLDE = 0,28 m  
 DIAMETRO DE MOLDE = 0,258 m  
 PESO DE MOLDE = 8751 Gr  
 VOLUMEN DE MOLDE= 0,0146 m<sup>3</sup>

DESCRIPCION	SUELTO	COMPACTADO
PESO DE MOLDE (G )=	8751	8751
PESO DE MATERIAL (KG ) =	19342,6	21475,33
VOLUMEN DE MOLDE (M3)=	0,0146	0,0146
PESO VOLUMETRICO SUELTO (KG/M3) =	<b>1321,4</b>	<b>1467,1</b>

P.VOLUMETRICO SUELTO = **1321,4** Kg/m<sup>3</sup>  
 P.VOLUMETRICO COMPACTADO = **1467,1** Kg/m<sup>3</sup>





**DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.**

**Calculo de peso volumétrico de arena:**

En este ensayo se obtiene peso por unidad de volumen de una arena, cuando la muestra tiene una determinada compactación en el recipiente dejándolo caer a una altura aproximadamente de 50 centímetros, el llenado debe hacerse en tres capas dando 25 golpes con la varilla de punta redonda en toda la superficie de la muestra.

CÁLCULO:

$$P.V.S.V. = \frac{\text{Peso}}{\text{Volumen}}$$

**ENSAYO DE PESOS VOLUMETRICOS SUELTO Y COMPACTADO DE AGREGADO FINOS .**

<b>PROCEDENCIA:</b>	<b>CANTERA CHORRILLO</b>	FECHA: 22- ENER-2014
	ARENA HOMOGENIZADA	
ALTURA DE MOLDE =	0,28	M
DIAMETRO DE MOLDE =	0,258	M
PESO DE MOLDE =	8751	Gr
VOLUMEN DE MOLDE=	0,0146	m3
DESCRIPCION	SUELTO	COMPACTADO
PESO DE MOLDE (KG )=	8751	8751
PESO DE MATERIAL (KG ) =	18872	20287,5
VOLUMEN DE MOLDE (M3)=	0,0146	0,0146
PESO VOLUMETRICOS SUELTO (KG/M3) =	<b>1289,2</b>	<b>1385,9</b>
P.VOLUMETRICOS SUELTO =	<b>1289,2</b>	<b>Kg/m3</b>
P.VOLUMETRICOS COMPACTADO =	<b>1385,9</b>	<b>Kg/m3</b>



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

## 2.5. ENSAYO DE ABRASIÓN ASTM (C-31)

El ensayo de los ángeles o abrasión se realiza introduciendo unas esferas de acero en un tambor rotatorio durante 500 revoluciones. Se pesa la muestra cuyo tamaño se ha mantenido superior a 1.7 mm y se expresa en tanto con respecto al peso de la muestra inicial.

### ENSAYO DE DESGASTE DE AGREGADO GRUESO.

**PROCEDENCIA:** CANTERA URUZCA

FECHA: 21-ENER-2014

GRADACION EMPLEADA: TIPO B

CARGA ABRASIVA (ESFERA): 11

REVOLUCIONES: 500

MALLAS	PESOS (g)
PASA LA MALLA 3/4 Y RETIENE EN LA MALLA 1/2" =	2500
PASA LA MALLA 1/2" Y RETIENE EN LA MALLA 3/8 " =	2500
PESO TOTAL DE LA MUESTRA =	<b>5000</b>
$W_{final}$ (peso despues de la prueba retenido en la malla n°12) =	<b>4225</b>

% DESGASTE:

$$D = \frac{W_{inic} - W_{final}}{W_{inic}} \leq 50$$

$$D = 15,5 \%$$



## 2.6. Aceptabilidad del hormigón.

### 2.6.1. Resistencia a la compresión.

Cualquier diseño de mezcla de hormigón deben de seguir criterios establecidos de normas y especificaciones en función de calidad de resistencia a la compresión.

Se deben elaborar ensayos de las probetas, verificando el grado de variaciones en los resultados, lo que hace que el hormigón es material estadísticamente variable lo que permiten hacer pruebas de resistencia promedio.

Con este fin se debe tener resistencia de diseño de mezcla de laboratorio : $f'_{cr} \geq f'_c$ .  
según el ACI 301

**Donde:**

$f'_{cr}$  = resistencia a la compresión promedio requerido Mpa

$f'_c$  = resistencia v especificada a la compresión, Mpa

Al no existen datos al fabricar hormigón, se puede realizar análisis estadístico.

Datos de un solo grupo de menos de 15 ensayos de compresión consecutivo.

$$s^2 = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{(x_1 - x_2)^2}{n - 1}$$



**DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.**

**Donde:**

S = desviación estándar

n = numero de resultado de ensayos.

X=promedio de resultados de ensayos considerados.

Xi = resultados de ensayos individuales.

Datos de dos grupos de ensayos de resistencia a la compresión que sumados den 30.

No deben ser menores de 10 resultados.

$$s = \sqrt{(n1 - 1) + (n2 - 1)s2^2)/(n1 + n2 - 2)}$$

**Donde:**

S = desviación estándar para los dos grupos combinados.

S1,s2= desviación estándar para los grupos 1 y 2, calculados de acuerdo a la ecuación.

n1,n2 =números de resultados de ensayos de los grupos 1 y 2 respectivamente.

Dependiendo los números de muestras se obtendrán la desviación estándar como se muestra en la tabla siguiente.

Número de ensayos	Factor de modificación para la desviación estándar.
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 o mas	1.0

**Tabla 4. Factor de modificación para la desviación estándar, cuando se dispone de menos de 30 ensayos. Fuente: Control de calidad en el hormigón**



**DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.**

La resistencia promedio requerida se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$f'c = f'c + 1.34 ks$$

$$f'c = f'c + 2.33 ks - 3.45$$

**Donde:**

$f'c$  = resistencia a la compresión promedio requerida, Mpa.

$f'c$  = resistencia específica a la compresión, Mpa.

K = factor de mayoración de la tabla.

S = desviación estándar calculada, Mpa.

Si no existe historia de resultados de ensayo de los materiales, en proyecto de obras nuevas, se fijan resistencia de diseño de mezcla de hormigón según la tabla.

<b>Resistencia Especificada <math>f'c</math> - Mpa</b>	<b>Resistencia a la Compresión Promedio Requerida - <math>f'cr</math> - MPa</b>
Menor a 21	$f'c + 6.9$
21 a 35	$f'c + 8.3$
Sobre 35 hasta 70	$f'c + 9.7$
Sobre 70 hasta 105	$f'c + 12.4$

**Tabla 5. Resistencia a la compresión promedio requerida, cuando no se dispone de datos para establecer una desviación estándar. Fuente: Control de calidad en el hormigón**



### 1.6.2. Resistencia a flexión

El ACI 325.9R, recomienda que para diseño de pavimento de hormigón se debe hacer una estimación de correlación entre resistencia a la flexión y los ensayo a la compresión, y su resistencia debe ser mayor que la especificada, cumpliendo con los requisitos de aceptabilidad.

La resistencia requerida se calcula con la siguiente ecuación:

$$MR_r = MR + PS$$

**Donde:**

$MR_r$  = Resistencia requerida Mpa.

P = factor de probabilidad.

S = desviación estándar Mpa.

Según la norma INEN 1855-1, Se debe verificar los factores de modificación de desviación estándar y realizar por lo menos 30 ensayos de control de resistencia.

Cuando resultados las muestra a flexión la resistencia de diseño es menor que la requerida, se debe tomar las medidas necesaria para incrementar los resultados de los ensayos. Como se muestra en la tabla.



**DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.**

Números de ensayos	Desviación Estandar				
	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70
15	0.46	0.63	0.78	1.04	1.31
20	0.43	0.68	0.72	0.97	1.22
30 o más	0.40	0.64	0.67	0.90	1.13

**Tabla 6. Resistencia promedio requerida a tracción por flexión, cuando la desviación estándar es conocida. Fuente: Control de calidad en el hormigón.**

Resistencia Especifica (Mr)	Resistencia Promedia Requerida (Mpa)
Menor que 2.6 MPa	MR + 0.92 Mpa
Entre 2.5 y 4.0 Mpa	MR + 1.11 Mpa
Mayor de 4.0 Mpa	MR + 1.31 Mpa

**Tabla 7. Resistencia Promedia Requerida a Tracción por Flexión (MRr), cuando la desviación estándar es conocida. Fuente: Control de calidad en el hormigón**

Mediantes ensayos de laboratorio se debe concluir si los resultados de la diferente muestra deben de cumplir con las normas mencionadas, para su diseño.



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

## 2.7. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE MEZCLAS DE ACUERDO AL ACI 211.1

Resistencia promedio requerida.

Al no tener investigaciones de pruebas de resistencia en donde usaron materiales y condiciones relacionados a aquellas que utilizaremos en nuestra investigación, la resistencia de diseño de la mezcla se debe determinar de acuerdo con la siguiente tabla:

Si no hay registros de pruebas de resistencia en donde se usaron materiales y condiciones similares a aquellas que serán empleadas, la resistencia de diseño de la mezcla se debe determinar de acuerdo con la siguiente tabla

Resistencia especificada $f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia de diseño de la mezcla $f_{cr}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Menos de 210 kg/cm <sup>2</sup>	$f_c + 70$ kg/cm <sup>2</sup>
De 210 kg/cm <sup>2</sup> a 350 kg/cm <sup>2</sup>	$f_c + 85$ kg/cm <sup>2</sup>
Más de 350 kg/cm <sup>2</sup>	$f_c + 100$ kg/cm <sup>2</sup>





**DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.**

**2.7.1. Elección del revenimiento.**

La aplicación del ensayo de revenimiento conviene hacerlo en el lapso de cinco minutos una vez hecho el mezclado.

Vierta el amasado en un recipiente antes de llevar a cabo el ensayo. Se recomienda humedecer cono de revenimiento con agua y colocarlo en una superficie nivelada.



**Figura 11. Ensayo en el cono de revenimiento**

Se optan diferentes clases de revenimientos para las distintas obras civiles con concreto, se utiliza la siguiente tabla:

<b>Tabla 6.3.1 Revenimientos recomendados para diversos tipos de construcción</b>		
<b>Tipos de construcción</b>	<b>Rev. Máximo cm.</b>	<b>Rev. Mínimo cm.</b>
Muros de cimentación y Zapatas	7,5	2,5
Zapatas, cajones de cimentación y muros de subestructura sencillos	7,5	2,5
Vigas y muros reforzados	10	2,5
Columnas para edificios	10	2,5
Pavimentos y losas	7,5	2,5
Concreto masivo	7,5	2,5



**DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.**

**2.7.2. Elección del tamaño máximo del agregado.**

Se ha adaptado que es adecuado el agregado disponible en la localidad, cuya granulometría obtuvo un tamaño máximo nominal de 19 mm.

**2.7.3. Cálculo de agua de mezclado y contenido de aire.**

Reduciendo ciertos aspectos inicialmente estudiados, se puede incluir que el contenido de agua por volumen unitario de concreto el cual se pretende elegir por su revenimiento proporcionado, obedece del tamaño máximo del agregado, su carácter y contextura de la partícula, del contenido de aire incluido y de los aditivos reductores de agua.

Con el conocimiento previo al contenido de aire en el concreto, es significativo apuntar y haya un pronóstico que la estructura no será arriesgada a ambientes rígidos, se obtienen benéficos con la agregación de aire en el amasado, optimizando su manejabilidad y cohesión.

**Tabla 6.3.3** Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de agregado

REVENIMIENTOS cm /TMA mm	9,5	12,5	19	25	38	50	75	150
2,5	207	199	190	179	166	154	130	113
3	207	199	190	179	166	154	130	113
4	207	199	190	179	166	154	130	113
5	207	199	190	179	166	154	130	113
7,5	228	216	205	193	181	169	145	124
8	228	216	205	193	181	169	145	124
9	228	216	205	193	181	169	145	124
10	228	216	205	193	181	169	145	124
15	243	228	216	202	190	178	169	
16	243	228	216	202	190	178	169	
17	243	228	216	202	190	178	169	
17,5	243	228	216	202	190	178	169	
Cantidad aprox. Aire atrapado	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

#### **2.7.4. Selección de la relación agua/ cemento para los diferentes diseños.**

Para todo diseño es primordial hacer el contenido exacto de agua/cemento ( $a/c$ ) se debe ser cuidadoso en la elección del mismo.

La relación agua/cemento solicitada, se calcula principalmente por su: durabilidad, impermeabilización, resistencia y terminado.

#### **2.7.5. Cálculo del contenido de cemento.**

El procedimiento empleado para el cálculo por metro cúbico de concreto es muy simple, como ya se obtuvo la relación agua/cemento y la cantidad de agua deducidos en dos pasos, se despeja la cantidad de cemento ( $c$ ). Es decir,

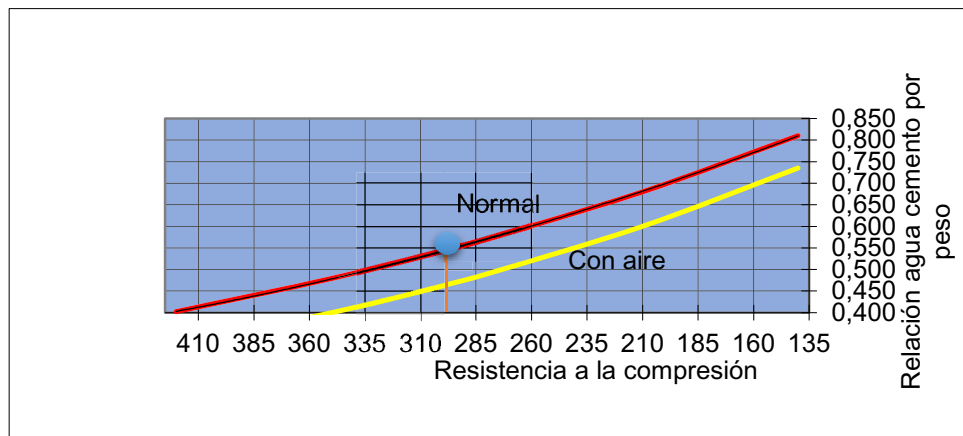
$$C = \frac{a}{a/c}$$



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

### Diseño 210 kg/cm<sup>2</sup>

Tabla 6.3.4 (a) Correspondencia entre la relación agua/cemento o agua materiales cementantes			
Resistencia de Proyecto	210 Kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia	Relación a/c
D.std. (esperada)	30 Kg/cm <sup>2</sup>	<b>Normal</b>	<b>0,550</b>
Grado de Calidad	ACI	<b>Con aire</b>	<b>0,469</b>
Resist. Requerida (Fcr) =	295 Kg/cm <sup>2</sup>	<b>0,550</b>	



Calculo del contenido de cemento.

La cantidad de cemento por volumen unitario de concreto se rige por las determinaciones expuestas en las tablas 6.3.3 y 6.3.4(a).

$$0.55 = a / c$$

$$c = 205 / 0.55$$

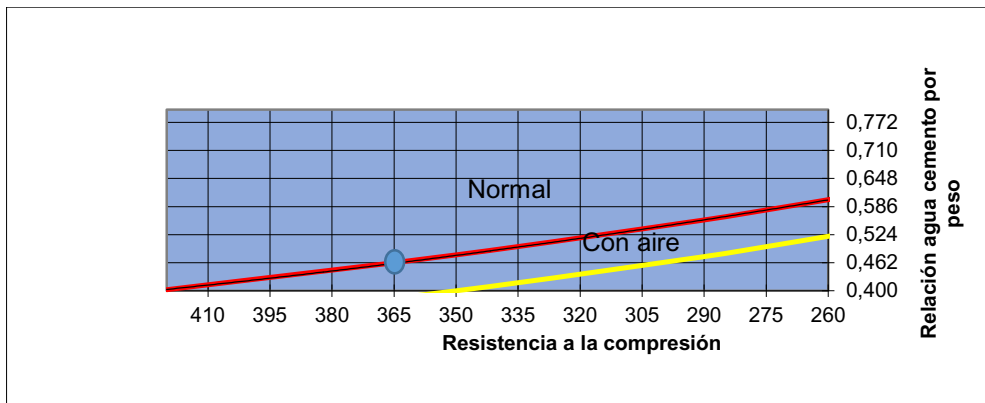
**Cemento = 372.73 kg.**



**DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.**

**Diseño 280 kg/cm<sup>2</sup>**

<b>Tabla 6.3.4 (a) Correspondencia entre la relación agua/cemento o agua materiales cementantes</b>			
<b>Resistencia de Proyecto</b>	<b>280 Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Resistencia</b>	<b>Relación a/c</b>
D.std. (esperada)	30 Kg/cm <sup>2</sup>	<b>Normal</b>	<b>0,462</b>
Grado de Calidad	ACI	<b>Con aire</b>	<b>0,383</b>
Resist. Requerida (Fcr) =	365 Kg/cm <sup>2</sup>		<b>0,460</b>



Calculo del contenido de cemento.

La cantidad de cemento por volumen unitario de concreto se rige por las determinaciones expuestas en las tablas 6.3.3 y 6.3.4(a).

$$0.55 = a / c$$

$$c = 205 / 0.46$$

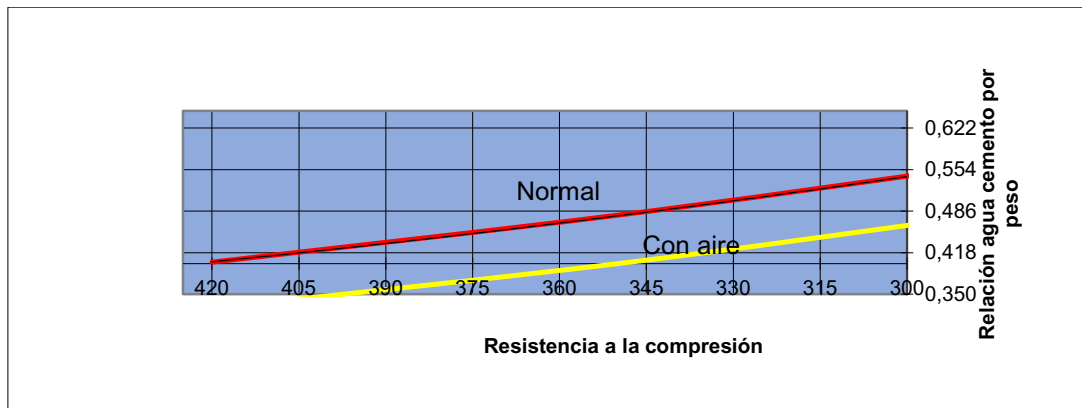
**Cemento = 445.65 kg.**



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

### Diseño de 320 kg/cm<sup>2</sup>

<b>Tabla 6.3.4 (a) Correspondencia entre la relación agua/cemento o agua materiales cementantes</b>			
<b>Resistencia de Proyecto</b>	<b>320 Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Resistencia</b>	<b>Relación a/c</b>
D.std. (esperada)	30 Kg/cm <sup>2</sup>	<b>Normal</b>	<b>0,418</b>
Grado de Calidad	ACI	<b>Con aire</b>	<b>0,341</b>
Resist. Requerida (Fcr) =	405 Kg/cm <sup>2</sup>	<b>0,420</b>	



Calculo del contenido de cemento.

La cantidad de cemento por volumen unitario de concreto se rige por las determinaciones expuestas en las tablas 6.3.3 y 6.3.4(a).

$$0.55 = a / c$$

$$c = 205 / 0.42$$

**Cemento = 448.10 kg.**



### Estimación del contenido de agregado grueso para los diseños empleados

El contenido del ingrediente grueso se obtiene, conformando los volúmenes de los ingredientes en estado de varillado en seco, como se establece en la norma ASTM C 29. Estos volúmenes se eligen de relacionar empíricamente para obtener concretos con una excelente trabajabilidad. En ciertos concretos de poca trabajabilidad, como en obras de pavimentos, el volumen de agregado grueso se logra extender en un 10%.

<b>Tabla 6.3.6</b> <i>Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto</i>					
Tamaño máximo nominal del agregado (mm)	Volumen de agregado grueso varillado en seco por volumen unitario de concreto para distintos módulos de finura de la arena				
	2,40	2,60	2,80	2,97	3,00
9,50	0,50	0,48	0,46	<b>0,443</b>	0,44
12,50	0,59	0,57	0,55	<b>0,533</b>	0,53
19,00	0,66	0,64	0,62	<b>0,603</b>	0,60
25,00	0,71	0,69	0,67	<b>0,653</b>	0,65
38,00	0,75	0,73	0,71	<b>0,693</b>	0,69
50,00	0,78	0,76	0,74	<b>0,723</b>	0,72
75,00	0,82	0,80	0,78	<b>0,763</b>	0,76
150,00	0,87	0,85	0,83	<b>0,813</b>	0,81

**Obtención del peso seco del agregado grueso.**



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

$$1467.10 \times 0.533 = 880.26 \text{ kg}$$

2.7.6. Diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>

PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE MEZCLAS DE ACUERDO AL ACI 211.1						
Incremento a la resistencia de proyecto		85,00 kg/cm <sup>2</sup>				
DATOS DE PROYECTO				RELACIÓN GRAVA / ARENA		
RESISTENCIA F'c	210 kg/cm <sup>2</sup>			% de grava	53	
REVENIMIENTO	7,5 cm			% de arena	47	
ELEMENTO	Masivo			R g/a	1,110	
TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO	19,0 mm			3/4 pulg		
Características de los Materiales						
MATERIAL	Modulo de finura	PVSS Kg/m <sup>3</sup>	PVSC kg/m <sup>3</sup>	DENSIDAD (S.S.S.)	Humedad	Absorción
Cemento	-	-	-	3,16 %	-	-
Arena	3	1289,2	1385,9	2,44 %	10,25 %	8,71 %
Grava	-	1321,4	1467,1	2,76 %	2,42 %	1,99 %
CALCULOS				VOLUMEN ABSOLUTO EN (M3)		
AGUA POR M3	205 lts			MATERIALES	VERIFICACIÓN 1 (M3)	
Relacion a/c	0,55			AGUA	0,205 m3	
Cemento	372,79 kg			CEMENTO	0,118 m3	
Volumen compactado de agregado grueso por m3	0,60 kg			GRAVA S.S.S	0,325 m3	
Peso de agregado grueso seco	880,26 kg			AIRE ATRAPADO (OCASIO)	0,020 m3	
Peso del agrado grueso (S.S.S)	897,78 kg			ARENA S.S.S=	0,331 m3	
Aire aprox. Atrapado (%)	0,02			1m3 - (vol. Agua) - (vol. grava) - (vol. Aire)		
DOSIFICACIÓN						
MATERIAL	PESO VOLUMETRICO SECO	PESO VOLUMETRICO S.S.S.	PESO VOLUMETRICO E. NATURAL	VOLUMEN S.S.S.	PESO EN LABORATORIO	
					BALDE SECO	25 lts E. NATURAL
AGUA	293,29 kg/m <sup>3</sup>	205,00 kg/m <sup>3</sup>	188,69 kg/m <sup>3</sup>	0,205 m3	7,332	4,717
CEMENTO	372,79 kg/m <sup>3</sup>	372,79 kg/m <sup>3</sup>	372,79 kg/m <sup>3</sup>	0,118 m3	9,320	9,320
GRAVA	879,91 kg/m <sup>3</sup>	897,78 kg/m <sup>3</sup>	901,64 kg/m <sup>3</sup>	0,325 m3	21,998	22,541
ARENA	738,13 kg/m <sup>3</sup>	808,55 kg/m <sup>3</sup>	821,00 kg/m <sup>3</sup>	0,331 m3	18,453	20,525
AIRE	-	-	-	0,020 m3	-	-
TOTAL	2284,12 kg/m <sup>3</sup>	2284,12 kg/m <sup>3</sup>	2284,12 kg/m <sup>3</sup>	1,000 m3	57,103	57,103
DISEÑO FINAL DE MEZCLA						
MATERIALES	VOLUMEN S.S.S.	PESO VOLUMETRICO S.S.S.	SACOS DE CEMENTO POR M3	CEMENTO POR UNIDAD	PESO EN LABORATORIO	
					BALDE SECO	25 lts SACO DE CEMENTO
AGUA	0,205 m3	205,00 kg/m <sup>3</sup>	205,00	0,55	1,1	
CEMENTO	0,118 m3	372,79 kg/m <sup>3</sup>	7,46	1,00	1 SACO	
GRAVA	0,325 m3	897,78 kg/m <sup>3</sup>	17,96	2,41	3,6	
ARENA	0,331 m3	808,55 kg/m <sup>3</sup>	16,17	2,17	3,4	
AIRE	0,020 m3	-	-	-	-	-
DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN APARENTE POR (m3)		DOSIFICACION POR PARIHUELAS				
AGREGADOS EN ESTADO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO		PARIHUELA DE	a(m)	b(m)	h(m)	Vol. P. (m3)
AGUA	205,00 kg/m <sup>3</sup>		0,4	0,4	0,2	0,032
CEMENTO	7,46 SACOS	AGUA	27,5	28 lt		
GRAVA	0,68 m3	CEMENTO	1	1 Saco		
ARENA	0,63 m3	GRAVA	2,85	3 Parih		
		ARENA	2,63	3 Parih		

Fuente: Propia





DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

2.7.7. Resistencia de 280 kg/cm<sup>2</sup>

PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE MEZCLAS DE ACUERDO AL ACI 211.1						
Incremento a la resistencia de proyecto		85,00 kg/cm <sup>2</sup>				
DATOS DE PROYECTO				RELACIÓN GRAVA / ARENA		
RESISTENCIA F <sup>c</sup>	280 kg/cm <sup>2</sup>			% de grava	54	
REVENIMIENTO	7,5 cm			% de arena	46	
ELEMENTO	Masivo			R g/a	1,192	
TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO	19,0 mm			3/4 pulg		
Características de los Materiales						
MATERIAL	Modulo de finura	PVSS Kg/m <sup>3</sup>	PVSC kg/m <sup>3</sup>	DENSIDAD (S.S.S.)	Humedad	Absorción
Cemento	-	-	-	3,16 %	-	-
Arena	3	1289,2	1385,9	2,44 %	10,25 %	8,71 %
Grava	-	1321,4	1467,1	2,76 %	2,42 %	1,99 %
CALCULOS				VOLUMEN ABSOLUTO EN (M3)		
AGUA POR M3	205 lts			MATERIALES	VERIFICACIÓN 1 (M3)	
Relacion a/c	0,46			AGUA	0,205 m3	
Cemento	444,08 kg			CEMENTO	0,141 m3	
Volumen compactado de agregado grueso por m <sup>3</sup>	0,60 kg			GRAVA S.S.S	0,325 m3	
Peso de agregado grueso seco	880,26 kg			AIRE ATRAPADO (OCASIO)	0,020 m3	
Peso del agrado grueso (S.S.S)	897,78 kg			ARENA S.S.S=	0,309 m3	
Aire aprox. Atrapado (%)	0,02			1m <sup>3</sup> - (vol. Agua) - (vol. grava) - (vol. Aire)		
DOSIFICACION						
MATERIAL	PESO VOLUMETRICO SECO	PESO VOLUMETRICO S.S.S.	PESO VOLUMETRICO E. NATURAL	VOLUMEN S.S.S.	PESO EN LABORATORIO	
					BALDE	18 lts
AGUA	288,48 kg/m <sup>3</sup>	205,00 kg/m <sup>3</sup>	189,54 kg/m <sup>3</sup>	0,205 m <sup>3</sup>	5,193	3,412
CEMENTO	444,08 kg/m <sup>3</sup>	444,08 kg/m <sup>3</sup>	444,08 kg/m <sup>3</sup>	0,141 m <sup>3</sup>	7,993	7,993
GRAVA	879,91 kg/m <sup>3</sup>	897,78 kg/m <sup>3</sup>	901,64 kg/m <sup>3</sup>	0,325 m <sup>3</sup>	15,838	16,229
ARENA	687,71 kg/m <sup>3</sup>	753,33 kg/m <sup>3</sup>	764,93 kg/m <sup>3</sup>	0,309 m <sup>3</sup>	12,379	13,769
AIRE	-	-	-	0,020 m <sup>3</sup>	-	-
TOTAL	2300,18 kg/m <sup>3</sup>	2300,18 kg/m <sup>3</sup>	2300,18 kg/m <sup>3</sup>	1,000 m <sup>3</sup>	41,403	41,403
DISEÑO FINAL DE MEZCLA						
MATERIALES	VOLUMEN S.S.S.	PESO VOLUMETRICO S.S.S.	SACOS DE CEMENTO POR M3	CEMENTO POR UNIDAD	PESO EN LABORATORIO	
					BALDE	18 lts
AGUA	0,205 m <sup>3</sup>	205,00 kg/m <sup>3</sup>	205,00	0,46	1,3	
CEMENTO	0,141 m <sup>3</sup>	444,08 kg/m <sup>3</sup>	8,88	1,00	1 SACO	
GRAVA	0,325 m <sup>3</sup>	897,78 kg/m <sup>3</sup>	17,96	2,02	4,2	
ARENA	0,309 m <sup>3</sup>	753,33 kg/m <sup>3</sup>	15,07	1,70	3,7	
AIRE	0,020 m <sup>3</sup>	-	-	-	-	
DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN APARENTE POR (m <sup>3</sup> )		DOSIFICACION POR PARIHUELAS				
AGREGADOS EN ESTADO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO		PARIHUELA DE	a(m)	b(m)	h(m)	Vol. P. (m <sup>3</sup> )
AGUA	205,00 kg/m <sup>3</sup>		0,4	0,4	0,2	0,032
CEMENTO	8,88 SACOS	AGUA	23,1	23 lt		
GRAVA	0,68 m <sup>3</sup>	CEMENTO	1	1 Saco		
ARENA	0,58 m <sup>3</sup>	GRAVA	2,39	2 Parih		
		ARENA	2,06	2 Parih		

Fuente: Propia



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

2.7.8. Resistencia de 320 kg/cm<sup>2</sup>

PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE MEZCLAS DE ACUERDO AL ACI 211.1						
Incremento a la resistencia de proyecto		85,00 kg/cm <sup>2</sup>				
DATOS DE PROYECTO				RELACIÓN GRAVA / ARENA		
RESISTENCIA F'c	320 kg/cm <sup>2</sup>			% de grava	56	
REVENIMIENTO	7,5 cm			% de arena	44	
ELEMENTO	Masivo			R g/a	1,252	
TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO	19,0 mm			3/4 pulg		
Características de los Materiales						
MATERIAL	Modulo de finura	PVSS Kg/m <sup>3</sup>	PVSC kg/m <sup>3</sup>	DENSIDAD (S.S.S.)	Humedad	Absorción
Cemento	-	-	-	3,16 %	-	-
Arena	3	1288,2	1385,9	2,44 %	10,25 %	8,71 %
Grava	-	1321,4	1467,1	2,76 %	2,42 %	1,99 %
CALCULOS		VOLUMEN ABSOLUTO EN (M3)				
AGUA POR M3	205 lts	MATERIALES		VERIFICACIÓN 1 (M3)		
Relacion a/c	0,42	AGUA		0,205 m3		
Cemento	490,79 kg	CEMENTO		0,156 m3		
Volumen compactado de agregado grueso por m3	0,60 kg	GRAVA S.S.S		0,325 m3		
Peso de agregado grueso seco	880,26 kg	AIRE ATRAPADO (OCASIO)		0,020 m3		
Peso del agrado grueso (S.S.S)	897,78 kg	ARENA S.S.S=		0,294 m3		
Aire aprox. Atrapado (%)	0,02	1m3 - (vol. Agua) - (vol. grava) - (vol. Aire)				
DOSIFICACIÓN						
MATERIAL	PESO VOLUMETRICO SECO	PESO VOLUMETRICO S.S.S.	PESO VOLUMETRICO E. NATURAL	VOLUMEN S.S.S.	PESO EN LABORATORIO	
					BALDE SECO	48 lts E. NATURAL
AGUA	285,33 kg/m <sup>3</sup>	205,00 kg/m <sup>3</sup>	190,10 kg/m <sup>3</sup>	0,205 m3	13,696	9,125
CEMENTO	490,79 kg/m <sup>3</sup>	490,79 kg/m <sup>3</sup>	490,79 kg/m <sup>3</sup>	0,156 m3	23,558	23,558
GRAVA	879,91 kg/m <sup>3</sup>	897,78 kg/m <sup>3</sup>	901,64 kg/m <sup>3</sup>	0,325 m3	42,236	43,279
ARENA	654,68 kg/m <sup>3</sup>	717,15 kg/m <sup>3</sup>	728,19 kg/m <sup>3</sup>	0,294 m3	31,425	34,953
AIRE	-	-	-	0,020 m3	-	-
TOTAL	2310,71 kg/m <sup>3</sup>	2310,71 kg/m <sup>3</sup>	2310,71 kg/m <sup>3</sup>	1,000 m3	110,914	110,914
DISEÑO FINAL DE MEZCLA						
MATERIALES	VOLUMEN S.S.S.	PESO VOLUMETRICO S.S.S.	SACOS DE CEMENTO POR M3	CEMENTO POR UNIDAD	PESO EN LABORATORIO	
					BALDE SECO	48 lts SACO DE CEMENTO
AGUA	0,205 m3	205,00 kg/m <sup>3</sup>	205,00	0,42	0,4	
CEMENTO	0,156 m3	490,79 kg/m <sup>3</sup>	9,82	1,00	1 SACO	
GRAVA	0,325 m3	897,78 kg/m <sup>3</sup>	17,96	1,83	1,4	
ARENA	0,294 m3	717,15 kg/m <sup>3</sup>	14,34	1,46	1,2	
AIRE	0,020 m3	-	-	-	-	
DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN APARENTE POR (m3)		DOSIFICACION POR PARIHUELAS				
AGREGADOS EN ESTADO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO		PARIHUELA DE	a(m)	b(m)	h(m)	Vol. P. (m3)
			0,4	0,4	0,2	0,032
AGUA	205,00 kg/m <sup>3</sup>	AGUA	20,9	21 lt		
CEMENTO	9,82 SACOS	CEMENTO	1	1 Saco		
GRAVA	0,68 m3	GRAVA	2,16	2 Parih		
ARENA	0,56 m3	ARENA	1,77	2 Parih		

Fuente: Propia



### CAPITULO III

#### 3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO.

##### 3.1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN

Para los ensayos de resistencia a compresión, se sacaron las muestras del almacenamiento de curado a los 14 días, se somete el espécimen a la rotura con una velocidad entre 0,14 a 0,34 MPa/s, una vez fallado los especímenes se registraron las cargas máximas y los tipos de falla producidos para proceder a calcular la resistencia a compresión, de los diferentes diseños que se muestran a continuación:



Figura 12. Maquina a compresión



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

**DISEÑO DE  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .**

**RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO**

**DESCRIPCION:** **CILINDROS DE CONCRETO  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$**

Fecha de moldeo : 10/03/2014

Fecha de curado : 14

Fecha de rotura : 24/03/2014

DIAS	N° MUESTRA	AREA (cm <sup>2</sup> )	Carga max. (kg.f / cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA		% Resistencia
				kg/ cm	Mpa	
14	1	176,71	33486,8	189,5	18,95	0,9
14	2	176,71	30499	172,59	17,26	0,82
14	3	176,71	31301,5	177,13	17,71	0,84
14	4	176,71	30856,8	174,62	17,46	0,83
14	5	176,71	29717,2	168,17	16,82	0,8
14	6	176,71	34476,2	195,1	19,51	0,93
14	7	176,71	35695,3	202	20,2	0,96
14	8	176,71	33379,9	188,9	18,89	0,9
14	9	176,71	34353,7	194,41	19,44	0,93
14	10	176,71	35883,9	203,07	20,31	0,97
14	11	176,71	30388,1	171,97	17,2	0,82
14	12	176,71	34367,4	194,48	19,45	0,93
14	13	176,71	29825,1	168,78	16,88	0,8
14	14	176,71	32156,9	181,98	18,2	0,87
14	15	176,71	30752,9	174,03	17,4	0,83

Fuente: Propia



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

**DISEÑO DE  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .**

**RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO**

**DESCRIPCION: CILINDROS DE CONCRETO  $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$**

Fecha de moldeo : 26/02/2014

Fecha de curado : 14

Fecha de rotura : 12/03/2014

DIAS	N° MUESTRA	AREA (cm <sup>2</sup> )	Carga max. (kg.f / cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA		% Resistencia
				kg/ cm	Mpa	
14	1	176,71	47304,1	267,69	26,77	0,96
14	2	176,71	45289,3	256,29	25,63	0,92
14	3	176,71	46069	260,7	26,07	0,93
14	4	176,71	48942,5	276,97	27,7	0,99
14	5	176,71	46149,2	261,16	26,12	0,93
14	6	176,71	43584	246,64	24,66	0,88
14	7	176,71	44231,4	250,31	25,03	0,89
14	8	176,71	46584	263,62	26,36	0,94
14	9	176,71	45284,5	256,26	25,63	0,92
14	10	176,71	46134,6	261,08	26,11	0,93
14	11	176,71	44247,8	250,4	25,04	0,89
14	12	176,71	42343,5	239,62	23,96	0,86
14	13	176,71	46315,7	262,1	26,21	0,94
14	14	176,71	45801,6	259,19	25,92	0,93
14	15	176,71	40175,2	227,35	22,74	0,81

Fuente: Propia



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

**DISEÑO DE  $f'c = 320 \text{ kg/cm}^2$ .**

**RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO**

**DESCRIPCION: CILINDROS DE CONCRETO  $f'c = 320 \text{ Kg/cm}^2$**

Fecha de moldeo : 25/02/2014

Fecha de curado : 14

Fecha de rotura : 11/03/2014

DIAS	N° MUESTRA	AREA (cm <sup>2</sup> )	Carga max. (kg.f / cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA		% Resistencia
				kg/ cm	Mpa	
14	1	176,71	50943,9	288,29	28,83	0,9
14	2	176,71	53517,2	302,85	30,29	0,95
14	3	176,71	46378,2	262,45	26,25	0,82
14	4	176,71	52618,7	297,77	29,78	0,93
14	5	176,71	47691,6	269,89	26,99	0,84
14	6	176,71	51113,7	289,25	28,93	0,9
14	7	176,71	54700,9	309,55	30,96	0,97
14	8	176,71	52442,6	296,77	29,68	0,93
14	9	176,71	48567,2	274,84	27,48	0,86
14	10	176,71	50234,6	284,28	28,43	0,89
14	11	176,71	53495,4	302,73	30,27	0,95
14	12	176,71	52123,7	294,97	29,5	0,92
14	13	176,71	48675	275,45	27,55	0,86
14	14	176,71	50678,2	286,79	28,68	0,9
14	15	176,71	51142,6	289,42	28,94	0,9

Fuente: Propia



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

### 3.2. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A LA FLEXION.

Para los ensayos de resistencia a la flexión, se sacaron las muestras del almacenamiento de curado a los 14 y 21 días, las prismas de hormigón tienen como dimensiones 10x10x50 centímetros, este ensayo consiste en apoyar la vigueta a 2,5 centímetros de sus extremos, y se rompen bajo la acción de dos cargas simétricas colocadas a los tercios de la luz.

$$Mr = \frac{P * L}{b * d^2}$$

En donde:

Mr= Módulo de rotura, MPa.

P= Carga de rotura, en N.

L= Luz entre apoyos extremos, en mm.

B= ancho de la viga, en mm.

D= Altura de la viga en mm.



Figura 13. Maquina de flexión



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

Cuando la falla ocurre fuera del tercio medio de las viguetas pero a menos del 5% de la luz libre, la resistencia a flexión se calcula de la siguiente manera:

$$Mr = \frac{3 * P * a}{b * d^2}$$



**Figura 14. Vigas ensayadas a flexión**





DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

**DISEÑO DE  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$**

**RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO**

**DESCRIPCION:**

**VIGAS DE CONCRETO  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$**

Fecha de moldeo : 18/03/2014

Fecha de curado : 14

Fecha de rotura :01/04/2014

DIAS	Nº MUESTRA	MODULO RUPTURA Req. (Mpa)	LUZ (cm)	BASE (cm)	ALTURA (cm)	Carga max. (kg.f / cm <sup>2</sup> )	Módulo de Rotura Mpa	% Resistencia
14	1	2,1	45	10	10	687,49	30,94	15
14	2	2,1	45	10	10	680,56	30,63	15
14	3	2,1	45	10	10	682,45	30,71	15
14	4	2,1	45	10	10	653,33	29,4	14
14	5	2,1	45	10	10	715,33	32,19	15
14	6	2,1	45	10	10	644,26	28,99	14
14	7	2,1	45	10	10	623,45	28,06	13
14	8	2,1	45	10	10	646,09	29,07	14
14	9	2,1	45	10	10	641,81	28,88	14
14	10	2,1	45	10	10	613,67	27,61	13
14	11	2,1	45	10	10	710,34	31,97	15
14	12	2,1	45	10	10	658,25	29,62	14
14	13	2,1	45	10	10	673,56	30,31	14
14	14	2,1	45	10	10	708,71	31,89	15
14	15	2,1	45	10	10	698,43	31,43	15

Fuente: Propia



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

DISEÑO DE  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

**RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO**

DESCRIPCION:

VIGAS DE CONCRETO  $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$

Fecha de moldeo : 17/03/2014

Fecha de curado : 14

Fecha de rotura : 31/03/2014

DIAS	Nº MUESTRA	MODULO RUPTURA Req. (Mpa)	LUZ (cm)	BASE (cm)	ALTURA (cm)	Carga max. (kg.f / cm <sup>2</sup> )	Módulo de Rotura Mpa	% Resistencia
14	1	2,8	45	10	10	787,55	35,44	13
14	2	2,8	45	10	10	786,92	35,41	13
14	3	2,8	45	10	10	836,07	37,62	13
14	4	2,8	45	10	10	858,91	38,65	14
14	5	2,8	45	10	10	825,77	37,16	13
14	6	2,8	45	10	10	790,99	35,59	13
14	7	2,8	45	10	10	863,8	38,87	14
14	8	2,8	45	10	10	799,66	35,98	13
14	9	2,8	45	10	10	791,81	35,63	13
14	10	2,8	45	10	10	840,46	37,82	14
14	11	2,8	45	10	10	797,56	35,89	13
14	12	2,8	45	10	10	816,45	36,74	13
14	13	2,8	45	10	10	798,04	35,91	13
14	14	2,8	45	10	10	821,43	36,96	13
14	15	2,8	45	10	10	872,14	39,25	14

Fuente: Propia



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

**DISEÑO DE  $f'c = 320 \text{ kg/cm}^2$**

**RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO**

**DESCRIPCION:**

**VIGAS DE CONCRETO  $f'c = 320 \text{ Kg/cm}^2$**

Fecha de moldeo :12/03/2014

Fecha de curado : 21

Fecha de rotura :02/04/2014

DIAS	Nº MUESTRA	MODULO RUPTURA Req. (Mpa)	LUZ (cm)	BASE (cm)	ALTURA (cm)	Carga max. (kg.f / cm <sup>2</sup> )	Módulo de Rotura Mpa	% Resistencia
21	1	3,2	45	10	10	788,96	35,5	0,11
21	2	3,2	45	10	10	877,87	39,5	0,12
21	3	3,2	45	10	10	814,86	36,67	0,11
21	4	3,2	45	10	10	829,13	37,31	0,12
21	5	3,2	45	10	10	845,67	38,06	0,12
21	6	3,2	45	10	10	870,33	39,16	0,12
21	7	3,2	45	10	10	900,92	40,54	0,13
21	8	3,2	45	10	10	915,71	41,21	0,13
21	9	3,2	45	10	10	881,95	39,69	0,12
21	10	3,2	45	10	10	851,77	38,33	0,12
21	11	3,2	45	10	10	878,08	39,51	0,12
21	12	3,2	45	10	10	813,04	36,59	0,11
21	13	3,2	45	10	10	793,23	35,7	0,11
21	14	3,2	45	10	10	856,53	38,54	0,12
21	15	3,2	45	10	10	904,78	40,72	0,13

Fuente: Propia



### 3.3. ANALISIS ESTADISTICO.

Mediante la culminación de los ensayos realizados se verifican los valores de resistencias obtenidos de los diferentes tipos de espécimen de una misma mezcla de hormigón hidráulico son variables, dependiendo el tipo de diseño muestran una dispersión cercana a la resistencia media, se hace necesario realizar un análisis estadístico.

La variabilidad de los resultados depende de variaciones encontrados en la característica del hormigón del procedimiento de muestreo, de los cambio en la elaboración de las mezcla, de la forma de la elaboración de los espécimen obtenidos durante variaciones de ensayo.

#### 3.3.1. Resistencia Promedio (X)

La resistencia promedio para cada de los espécimen elaboradas con una misma mezcla, se calcula mediante los valores muestrales dividiendo la suma por el número de sumado, mediante la siguiente fórmula:

Donde:

X=resistencia promedio en kg/cm<sup>2</sup>.

$$\chi = \frac{x_1 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$



### 3.3.2. Desviación estándar ( $\sigma$ )

La desviación estándar es la más importante para conocer con detalle un conjunto de datos, mediante medidas de tendencia central o dispersión que presentan los datos en su distribución respecto de la media aritmética de dicha distribución de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\sigma^2 = \frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Donde:

$\delta$  = Desviación estándar, en kg/cm<sup>2</sup>

$\bar{x}$  = Resistencia promedio, en kg/cm<sup>2</sup>

$x_1$  = Resultados individuales de prueba de resistencia, en kg/cm<sup>2</sup>

$n$  = Número de ensayo.

### 3.3.3. Coeficiente de variación

Se define estadísticamente como la dispersión de una probabilidad de distribución.

Es utilizada generalmente para comparar variables que se hallan en diferentes escalas que mantienen correlación estadística y sustantiva con valor común.

El coeficiente de variación corresponde a un control de estudio en varias clases de concreto tanto al tratamiento de espécimen, como el control de calidad de los diferentes ensayos realizados.



## DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

Este coeficiente se expresa de forma porcentual, y se define mediante la siguiente expresión:

$$v = \frac{\delta}{\chi} * 100\%$$

### 3.3.4. Rango

El rango o recorrido representa el intervalo entre el valor máximo y el valor mínimo permitiendo obtener mediante datos una dispersión de muestra de resistencia.

$$R = R \text{ Mayor} - R \text{ Menor}$$

### 3.3.5. AMPLITUD

Mediante esta función estadística que se obtiene mediante la división del rango entre el número de clase.

$$A = \frac{R}{K}$$

### 3.3.6. MODA

Es el valor que ocurre con mayor frecuencia en una distribución de datos.

$$Md = (\text{limitesuperior}) + A * \frac{fi - fi - 1}{(fi - fi - 1) + (fi - fi - 1)}$$



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

### 3.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS

Después de haber culminado todos los ensayos y encontradas las resistencias características del hormigón, se realizó un análisis estadístico cuyos valores hacen comprender mejor la resistencia obtenidas.

Para los cálculos estadísticos utilizamos los programas:

- Microsoft Excel: obtenemos promedios, desviación estándar, coeficiente de variación, rango, amplitud, número de intervalo y moda.
- Minitab: es un programa diseñado para realizar gráficos y funciones estadísticas básicas y avanzadas.

Por medio delminitabexpresamos los gráficos de dispersión de la resistencia a la compresión y a la flexión.

Mediante la gráfica de dispersión si se observa que los puntos tienden a situarse en una recta diagonal existe correlación y si la dispersión no se asimila a la misma no existe correlación entre las variables evaluadas.



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

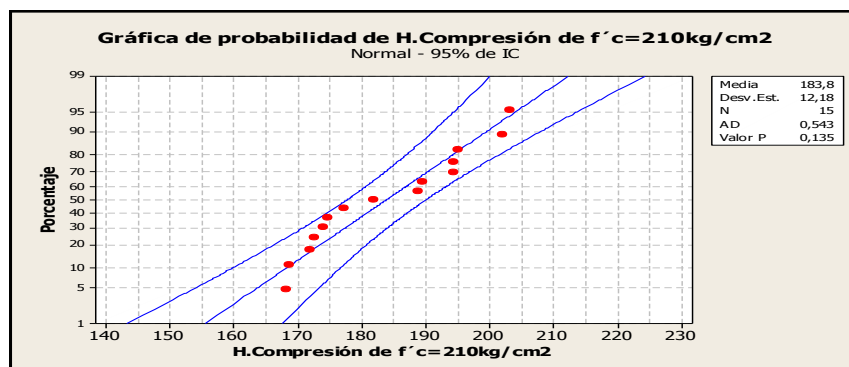
### CONCRETO DE 210 kg/cm<sup>2</sup>

#### RESULTADO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION ( f'c )

ENSAYO Nº	Carga max. (kg.f / cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	XI (MPA)	X <sup>2</sup>
1	33486,8	190	18,95	359,11
2	30499	173	17,26	297,89
3	31301,5	177	17,71	313,77
4	30856,8	175	17,46	304,92
5	29717,2	168	16,82	282,81
6	34476,2	195	19,51	380,64
7	35695,3	202	20,20	408,04
8	33379,9	189	18,89	356,82
9	34353,7	194	19,44	377,94
10	35883,9	203	20,31	412,36
11	30388,1	172	17,20	295,72
12	34367,4	194	19,45	378,24
13	29825,1	169	16,88	284,87
14	32156,9	182	18,20	331,15
15	30752,9	174	17,40	302,87

#### ANALISIS ESTADISTICO DESCRIPTIVO

Resistencia (X promedio)		
=	<b>183,8</b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>
Sumatoria de x <sup>2</sup> =	<b>5087,13</b>	
Desviacionestandar (S) =	<b>12,18</b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>
Coeficiente de variacion (V)	<b>7</b>	<b>%</b>
Rango (R)=	<b>35</b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>
Amplitud (A) =	<b>5,8</b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>
Nº de intervalo =	<b>6</b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>
Moda (Md) =	<b>184</b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>







DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

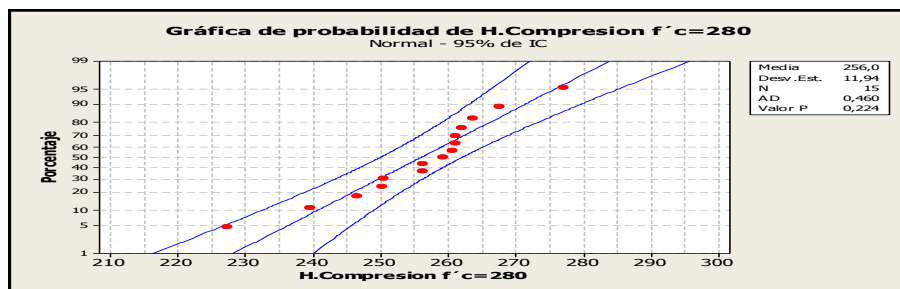
### CONCRETO DE 280 kg/cm<sup>2</sup>

### RESULTADO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION ( f'c )

ENSAYO N°	Carga max. (kg.f / cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	XI (MPA)	X <sup>2</sup>
1	47304,1	268	26,77	716,60
2	45289,3	256	25,63	656,85
3	46069	261	26,07	679,67
4	48942,5	277	27,70	767,10
5	46149,2	261	26,12	682,03
6	43584	247	24,66	608,32
7	44231,4	250	25,03	626,53
8	46584	264	26,36	694,95
9	45284,5	256	25,63	656,71
10	46134,6	261	26,11	681,60
11	44247,8	250	25,04	626,99
12	42343,5	240	23,96	574,18
13	46315,7	262	26,21	686,96
14	45801,6	259	25,92	671,80
15	40175,2	227	22,74	516,88

### ANALISIS ESTADISTICO DESCRIPTIVO

Resistencia (X promedio) =	256	Kg/cm <sup>2</sup>
Sumatoria de x <sup>2</sup> =	9847,18	
Desviación estándar (S) =	11,9	Kg/cm <sup>2</sup>
Coefficiente de variación (V)	5	%
Rango (R)=	50	Kg/cm <sup>2</sup>
Amplitud (A) =	8	Kg/cm <sup>2</sup>
N° de intervalo =	6	Kg/cm <sup>2</sup>
Moda (Md ) =	262	Kg/cm <sup>2</sup>





DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

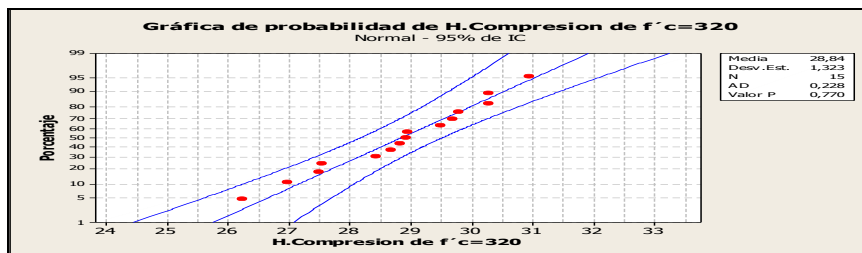
**CONCRETO DE 320 kg/cm<sup>2</sup>**

**RESULTADO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION ( f'c )**

ENSAYO N°	Carga max. (kg.f / cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	XI (MPA)	X <sup>2</sup>
1	50943,9	288	28,83	831,12
2	53517,2	303	30,29	917,20
3	46378,2	262	26,25	688,82
4	52618,7	298	29,78	886,66
5	47691,6	270	26,99	728,39
6	51113,7	289	28,93	836,67
7	54700,9	310	30,96	958,22
8	52442,6	297	29,68	880,74
9	48567,2	275	27,48	755,38
10	50234,6	284	28,43	808,13
11	53495,4	303	30,27	916,45
12	52123,7	295	29,50	870,06
13	48675	275	27,55	758,73
14	50678,2	287	28,68	822,47
15	51142,6	289	28,94	837,61

**ANALISIS ESTADISTICO DESCRIPTIVO**

Resistencia (X promedio) =	288	Kg/cm <sup>2</sup>
Sumatoria de x <sup>2</sup> =	12496,65	
Desviación estándar (S) =	13,2	Kg/cm <sup>2</sup>
Coefficiente de variación (V)	5	%
Rango (R)=	47	Kg/cm <sup>2</sup>
Amplitud (A) =	8	Kg/cm <sup>2</sup>
N° de intervalo =	6	Kg/cm <sup>2</sup>
Moda (Md) =	292	Kg/cm <sup>2</sup>





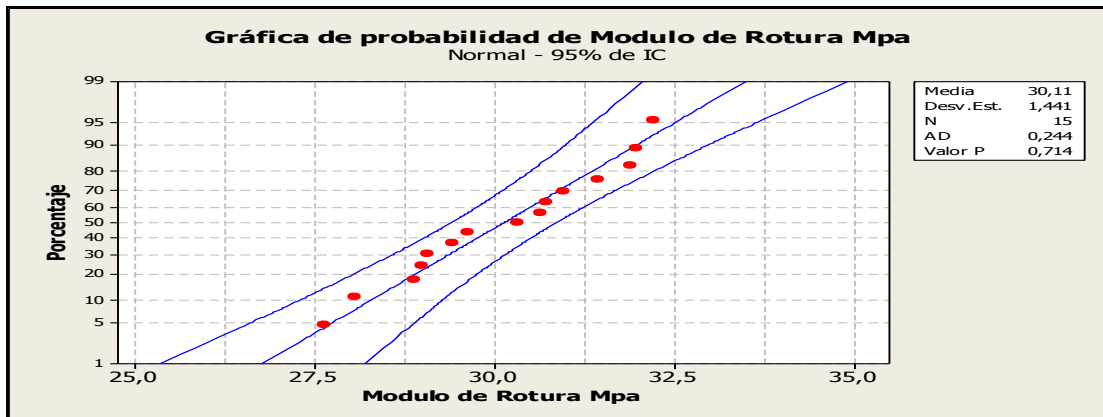
DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

**RESULTADO DE MODULO DE ROTURA PARA CONCRETO DE  $f'c= 2,1$  Mpa (MR)**

ENSAYO N°	Carga max. (kg.f / cm <sup>2</sup> )	Modulo de Rotura Mpa	XI (MPA)	X <sup>2</sup>
1	687,49	30,9	3,09	9,57
2	680,56	30,6	3,06	9,38
3	682,45	30,7	3,07	9,43
4	653,33	29,4	2,94	8,64
5	715,33	32,2	3,22	10,36
6	644,26	29,0	2,90	8,41
7	623,45	28,1	2,81	7,87
8	646,09	29,1	2,91	8,45
9	641,81	28,9	2,89	8,34
10	613,67	27,6	2,76	7,63
11	710,34	32,0	3,20	10,22
12	658,25	29,6	2,96	8,77
13	673,56	30,3	3,03	9,19
14	708,71	31,9	3,19	10,17
15	698,43	31,4	3,14	9,88

**ANALISIS ESTADISTICO DESCRIPTIVO**

Resistencia (X promedio) =	30	MPA
Sumatoria de x <sup>2</sup> =	136,31	
Desviacionestandar (S) =	1,44	MPA
Coefficiente de variacion (V)	5	%
Rango (R)=	5	MPA
Amplitud (A) =	0,8	MPA
N° de intervalo =	6	MPA
Moda (Md ) =	30	MPA





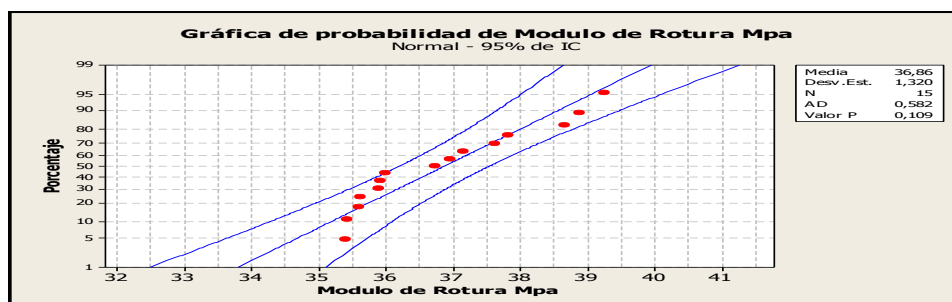
DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

**RESULTADO DE MODULO DE ROTURA PARA CONCRETO DE  $f'c = 2,8 \text{ Mpa (MR)}$**

ENSAYO	Nº	Carga max. (kg.f / cm2)	Modulo de Rotura Mpa	XI (MPA)	X <sup>2</sup>
1		787,55	35,4	3,54	12,56
2		786,92	35,4	3,54	12,54
3		836,07	37,6	3,76	14,15
4		858,91	38,7	3,87	14,94
5		825,77	37,2	3,72	13,81
6		790,99	35,6	3,56	12,67
7		863,80	38,9	3,89	15,11
8		799,66	36,0	3,60	12,95
9		791,81	35,6	3,56	12,70
10		840,46	37,8	3,78	14,30
11		797,56	35,9	3,59	12,88
12		816,45	36,7	3,67	13,50
13		798,04	35,9	3,59	12,90
14		821,43	37,0	3,70	13,66
15		872,14	39,2	3,92	15,40

**ANALISIS ESTADISTICO DESCRIPTIVO**

Resistencia (X promedio) =	37	MPA
Sumatoria de x <sup>2</sup> =	204,07	
Desviacionestandar (S) =	1,32	MPA
Coefficiente de variacion (V)	4	%
Rango (R)=	3,83	MPA
Amplitud (A) =	0,6	MPA
Nº de intervalo =	6	MPA
Moda (Md) =	37	MPA





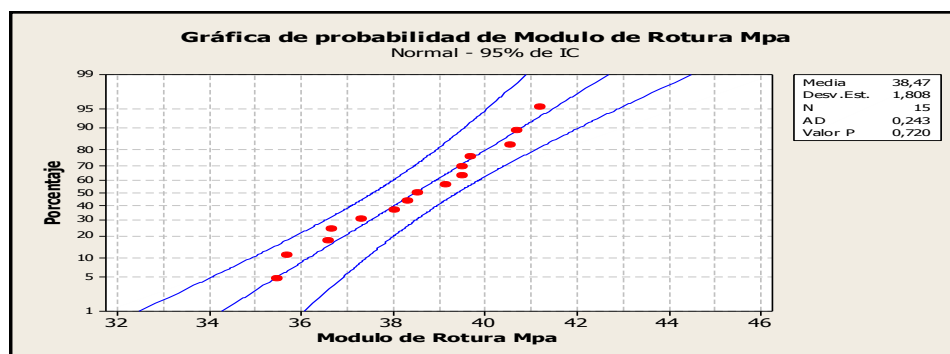
DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

### RESULTADO DE MODULO DE ROTURA PARA CONCRETO DE $f'c= 3,2$ Mpa (MR)

ENSAYO N°	Carga max. (kg.f / cm2)	Modulo de Rotura Mpa	XI (MPA)	X <sup>2</sup>
1	788,96	35,5	3,55	12,60
2	877,87	39,5	3,95	15,61
3	814,86	36,7	3,67	13,45
4	829,13	37,3	3,73	13,92
5	845,67	38,1	3,81	14,48
6	870,33	39,2	3,92	15,34
7	900,92	40,5	4,05	16,44
8	915,71	41,2	4,12	16,98
9	881,95	39,7	3,97	15,75
10	851,77	38,3	3,83	14,69
11	878,08	39,5	3,95	15,61
12	813,04	36,6	3,66	13,39
13	793,23	35,7	3,57	12,74
14	856,53	38,5	3,85	14,86
15	904,78	40,7	4,07	16,58

### ANALISIS ESTADISTICO DESCRIPTIVO

Resistencia (X promedio) =	38	MPA
Sumatoria de $x^2$ =	222,43	
Desviacionestandar (S) =	1,81	MPA
Coefficiente de variacion (V)	5	%
Rango (R) =	5,70	MPA
Amplitud (A) =	1,0	MPA
N° de intervalo =	6	MPA
Moda (Md) =	38	MPA





**DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.**

Mediante los resultados obtenidos de los análisis estadísticos se obtuvieron los siguientes valores promedios para cada una de las resistencias analizadas, como son la resistencia a la compresión y la resistencia a flexión de Hormigón hidráulico.

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION (<math>f'c</math>)</b>			
<b>DISEÑO</b>	<b>Relación A/C</b>	<b>Resistencia promedio <math>f'c</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Desviación estándar (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b><math>f'c = 210</math> kg/cm<sup>2</sup></b>	0,55	184	12,2
<b><math>f'c = 280</math> kg/cm<sup>2</sup></b>	0,46	256	11,9
<b><math>f'c = 320</math> kg/cm<sup>2</sup></b>	0,42	288	13,2
<b>RESISTENCIA A LA FLEXION (<math>Mr</math>)</b>			
<b>DISEÑO</b>	<b>Relación A/C</b>	<b>Resistencia promedio <math>f'c</math> (Mpa)</b>	<b>Desviación estándar (Mpa)</b>
<b><math>f'c = 210</math> kg/cm<sup>2</sup></b>	0,55	30	1,4
<b><math>f'c = 280</math> kg/cm<sup>2</sup></b>	0,46	37	1,32
<b><math>f'c = 320</math> kg/cm<sup>2</sup></b>	0,42	38	1,8

### **Determinación del factor K**

El valor K es el valor de la relación del módulo de ruptura entre la raíz cuadrada de  $f'c$ , lo que se obtiene de una división entre los valores de  $Mr$  y  $F'c$



**DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.**

<b>PROMEDIO DE RELACION LINEAL <math>f_r / f_c</math> PARA LAS DIFERENTES MEZCLA DE CONCRETO</b>		
<b>Mezcla <math>f'c = 210 \text{ kg/cm}^2</math></b>	<b>Mezcla <math>f'c = 280 \text{ kg/cm}^2</math></b>	<b>Mezcla <math>f'c = 320 \text{ kg/cm}^2</math></b>
<b><math>K = f_r / f_c</math></b>	<b><math>K = f_r / f_c</math></b>	<b><math>K = f_r / f_c</math></b>
<b>0,16</b>	<b>0,14</b>	<b>0,13</b>

Calculada la constante “k” se asume que entre la resistencia de ruptura y la resistencia de compresión existe una relación potencial recomendada por el ACI 318 para el cálculo de  $M_r$ :

$$M_r = K * \sqrt{f'c}$$

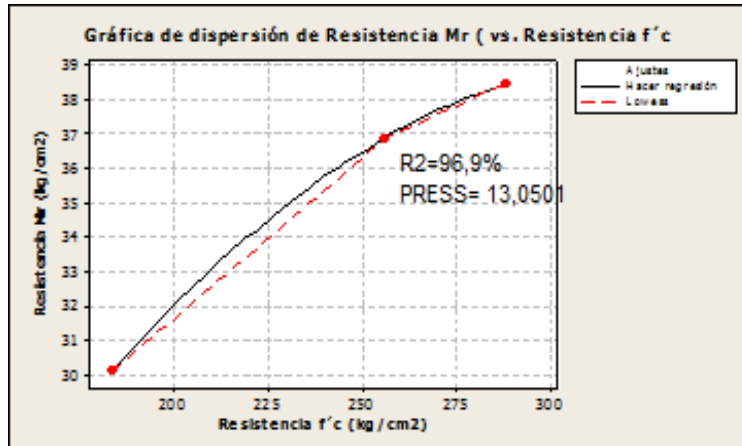
<b>RELACION POTENCIAL ENTRE <math>f_r</math> Y <math>f_c</math> PARA LAS DIFERENTES MEZCLA DE CONCRETO</b>		
<b>Mezcla <math>f'c = 210 \text{ kg/cm}^2</math></b>	<b>Mezcla <math>f'c = 280 \text{ kg/cm}^2</math></b>	<b>Mezcla <math>f'c = 320 \text{ kg/cm}^2</math></b>
<b><math>M_r = (K) * \sqrt{f'c}</math></b>	<b><math>M_r = (K) * \sqrt{f'c}</math></b>	<b><math>M_r = (K) * \sqrt{f'c}</math></b>
<b>2,37</b>	<b>2,41</b>	<b>2,39</b>

Para la correlación entre dos variables en la forma más directa de relación existente es a través de un diagrama de dispersión, este tipo de diagrama puede conseguirse mediante gráficos.

Obtenida las constantes K lineal y  $M_r$  potencial se procede a correlacionar valores de resistencia de la compresión y flexión de los diseños mencionados como se muestran en los siguientes gráficos:



**DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.**



**Análisis de regresión: Resistencia Mr( vs. Resistencia f'c**

La ecuación de regresión es

$$\text{Resistencia Mr (kg/cm}^2\text{)} = 15,2 + 0,0822 \text{ Resistencia f'c (kg/cm}^2\text{)}$$

Predictor	Coef	Coef. de EE	T	P	VIF
Constante	15,205	2,552	5,96	0,106	
Resistencia f'c (kg/cm2)	0,08217	0,01035	7,94	0,080	1,000

$$S = 0,783523 \quad R\text{-cuad.} = 98,4\% \quad R\text{-cuad.}(\text{ajustado}) = 96,9\%$$

$$\text{PRESS} = 13,0501 \quad R\text{-cuad.}(\text{pred}) = 66,81\%$$

En un análisis el coeficiente de correlación debe estar en los siguientes rangos:

- Si  $R^2 = -1$  no existe correlación.
- Si  $R^2 = +1$  se aproxima a 1 si existe una correlación de las dos variables.

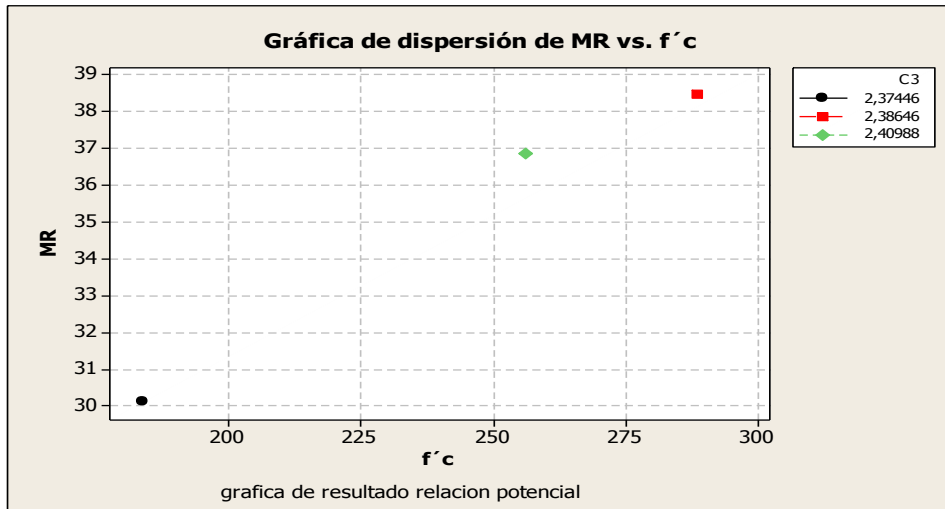
En el análisis de este gráfico se aprecia que la correlación es casi perfecta, ya que el coeficiente  $R^2 = 0,969$  y se aproxima a 1, teniendo un promedio de relación lineal

**13,051**





**DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.**



**Análisis de regresión: MR vs. f'c**

Análisis ponderado utilizando ponderaciones en C3

La ecuación de regresión es  
 $MR = 15,2 + 0,0822 f'c$

Predictor	Coef	Coef. de EE	T	P	VIF
Constante	15,206	2,565	5,93	0,106	
f'c	0,08218	0,01039	7,91	0,080	1,000

S = 1,21397    R-cuad. = 98,4%    R-cuad. (ajustado) = 96,9%

PRESS = 2,44145    R-cuad. (pred) = 97,39%

En este análisis del gráfico se aprecia que la correlación es casi perfecta, ya que el coeficiente  $R^2 = 0,97$  y se aproxima a 1, teniendo un promedio de relación potencial entre el módulo de ruptura y la resistencia a compresión **2,44**.



### 3.5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 3.5.1. CONCLUSIONES

- Mediante los resultados de la investigación se obtuvo relación entre el modulo de rotura y la resistencia a la compresión del concreto de 210, 280 y 320 kg/cm<sup>2</sup> se aprecian que a los 14 días de rotura, obtienen resistencias superiores a la del diseño promedio requerido sin presentar cambio en la muestra al momento del fraguado.

- En lo referente de los resultados entre el modulo de rotura ( $M_r$ ) y la resistencia a la compresión ( $f'_c$ ) se obtienes dos relaciones, una lineal y una potencial.

Con esta relación lineal de  $M_r$  y  $f'_c$  nos llevaría obtener un valor  $k$ , para una relación del tipo  $M_r = k * f'^c$ .

En este caso se obtuvo las siguientes relaciones:

$$\text{Diseño de 210 kg/cm}^2 \quad M_r = 0,16 * f'^c$$

$$\text{Diseño de 280 kg/cm}^2 \quad M_r = 0,14 * f'^c$$

$$\text{Diseño de 320 kg/cm}^2 \quad M_r = 0,13 * f'^c$$



**DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.**

- Obtenida la relación potencial tendremos un valor de constante k, con relación  $M_r = k * \sqrt{f'_c}$

En esta investigación tenemos las siguientes relaciones;

Diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>       $M_r = 2,37 * \sqrt{f'_c}$

Diseño de 280 kg/cm<sup>2</sup>       $M_r = 2,41 * \sqrt{f'_c}$

Diseño de 320 kg/cm<sup>2</sup>       $M_r = 2,39 * \sqrt{f'_c}$

Mediante los resultados de los gráficos de dispersión en función de  $M_r$  y  $f'_c$  se tiene un promedio total de correlación de  $M_r = 2,44 * \sqrt{f'_c}$

- Según el ACI, la resistencia a la flexión para un concreto de peso normal, está entre los valores de 1,99 a 2,65 veces la raíz cuadrada de la resistencia a la compresión. Los valores obtenidos de nuestro proyecto para mezcla de 210, 280 y 320 kg/cm<sup>2</sup> se encuentran dentro del rango establecido que establece el ACI.



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

### 3.5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que para el diseño de los hormigones se debe seguir procedimientos que garantice continuidad de mezcla tanto en obra como en el laboratorio y obtener resultados favorables principalmente en la elaboración de concreto, y así cumplir con un buen control de calidad y especificación deseada.
- Se debe hacer estudios en laboratorio de las obras civiles, ya que nos permite analizar, controlar y encontrar materiales idóneos que reflejen la respuesta al éxito en obras de ingeniería civil o al fracaso total de la misma.
- Para futuros proyectos se recomienda utilizar una misma mezcla, conservar las mismas características de los agregados a fin de evitar dispersión en los resultados y obtener resistencias confiables y aceptables.
- Se recomienda utilizar los valores K obtenidos en esta investigación, con materiales de nuestro medio para diseño de pavimentos de concreto hidráulico.



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

### 3.6. BIBLIOGRAFÍA

- Arredondo, F. (1999). Estudio de materiales: V.-Hormigones. Madrid:Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento.
- Cormac, J. (2002 ), Diseño de Concreto Reforzado, Mexico, S.A. de C.V. ISBN 970-15-0633-2
- Portland CementAssociation, (1991), Proyecto y Control de mezclas de concreto, México, S.A. Lago Chalco 230, Col. Anáhuac México, D.F. ISBN 968-18-0488-0.
- Rice, P. (1984) Diseño Estructural con normas ACI, México, S.A Dr. Urgante 155. Col. Doctores México, D.F. ISBN 968-18-1705-2
- Weimer, R. (2005), Estadística, México, Continental Renacimiento 180, Colonia San Juan Tlihuaca, Delegación Azcapotzalco, C.P. 02400, México, D.F. ISBN 968-26-1261-6



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

### 3.7. ANEXOS

#### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO FINO Y GRUESO



TAMIZADO DE LOS AGREGADOS



PESANDO LAS MUESTRAS



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

### CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADOS FINOS Y GRUESO



INTRODUCCIÓN DE LAS MUESTRAS

RETIRADO DE LAS MUESTRAS

### GRAVEDAD ESPECÍFICA Y % DE ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO



COLOCACIÓN DE AGUA      REALIZACIÓN DEL ENSAYO  
PARA PESO ESPECÍFICO



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

## GRAVEDAD ESPECÍFICA Y % DE ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO



## REALIZACIÓN DEL ENSAYO



## COLOCACIÓN DE LA CANASTILLA





DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

## PESO VOLUMÉTRICO SUELTO Y COMPACTADO DE AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO



### VERTIDO DE MUESTRA



### APISIONAMIENTO DE MUESTRA



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.

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



COLOCACIÓN DEL MATERIAL      ASEGURANDO COMPUERTA DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES



SACADO DEL AGREGADO GRUESO DEL CICLO ROTATORIO

## FUNDICIÓN DE MUESTRAS



AGREGADOS PESADOS



MATERIAL CEMENTICIO PESADO



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.



INTRODUCCIÓN DE AGREGADOS



MEZCLA DE HORMIGÓN



BASEADO DEL HORMIGON



PRUEBA DE REVENIMIENTO



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.



VARILLADO DE LA MUESTRA



ENRASADO DE CILINDRO



DESENCOFRADO DE CILINDROS MUESTRAS SUMERGIDAS



MAQUINA DE ENSAYO A COMPRESIÓN



MUESTRAS DESPUÉS DE ROTURA



**DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.**



ENCOFRADO PARA LAS MUESTRAS

LLENADO DE LAS VIGUETAS



MUESTRAS FUNDIDAS

DEENCOFRADO DE VIGUETAS



MUESTRAS SUMERGIDAS



DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA ENTRE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO CON MATERIALES DE NUESTRO MEDIO Y EN CONDICIONES LOCALES.



MAQUINA DE ENSAYO A FLEXIÓN



MUESTRAS DESPUÉS DE ROTURA