



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
La Universidad Católica de Loja

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Influencia del recubrimiento del acero en elementos de hormigón armado”**

Trabajo de fin de Carrera previo a la  
obtención del Título de  
INGENIERO CIVIL.

**TESISTA:**

Ángel Gabriel Carpio Moreno

**DIRECTOR:**

Ing. Humberto Joel Ramírez Romero

LOJA – ECUADOR

2012



## **CERTIFICACIÓN**

ING. HUMBERTO JOEL RAMÍREZ ROMERO

Docente de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica Particular de Loja,

CERTIFICA:

Que el presente trabajo de fin de carrera desarrollado para obtener el título de Ingeniero Civil, titulado “INFLUENCIA DEL RECUBRIMIENTO DEL ACERO EN ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO”, realizado por Ángel Gabriel Carpio Moreno, ha sido elaborado bajo mi dirección y minuciosamente supervisado y revisado, por lo que autorizo su presentación a la Escuela de Ingeniería Civil.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

---

ING. HUMBERTO JOEL RAMÍREZ ROMERO

DIRECTOR DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA



## AUTORÍA

Las ideas, diseños, cálculos, resultados, conclusiones, tratamiento formal y científico de la metodología de la investigación contemplada en el trabajo de fin de carrera titulado “**INFLUENCIA DEL RECUBRIMIENTO DEL ACERO EN ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO**”, previo a la obtención del grado de Ingeniero Civil de la Universidad Técnica Particular de Loja, son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ángel Gabriel Carpio Moreno

**AUTOR**



## **CESIÓN DE DERECHOS**

Yo, Ángel Gabriel Carpio Moreno, declaro ser autor del presente trabajo y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la universidad”.

Ángel Gabriel Carpio Moreno

**AUTOR**



## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar quiero agradecer a Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado. Quiero agradecer a mis padres que están en alguna parte cerca de Dios y que desde ahí han estado conmigo todo el tiempo.

A la Universidad Técnica Particular de Loja, y de manera especial a la Escuela de Ingeniería Civil por ser la principal fuente de enseñanza para la formación integral de los profesionales.

Al Ingeniero Humberto Ramírez Romero por su valiosa asesoría durante el periodo de tiempo que ha durado esta investigación.

A todos los maestros que inculcaron en mí un sentido de seriedad, responsabilidad y rigor académico sin los cuales no podría tener una formación completa como profesional.

A mis queridos hermanos Marilú, Irma, Elena, Juan, Manuel y Demetrio Carpio Moreno que supieron apoyarme en esta maravillosa carrera.

A todos mis amigos y compañeros, que de una u otra forma me ayudaron y brindaron su apoyo a lo largo de nuestra carrera.

El Autor



## **DEDICATORIA**

A mí querida hermana Marilú Carpio que ha velado por mi bienestar y educación siendo mí apoyo en todo momento, con mucho amor y cariño le dedico todo mi esfuerzo y trabajo puesto para la realización de esta tesis.

Ángel Gabriel Carpio Moreno



## ESQUEMA DE CONTENIDOS

Certificación.....	ii
Autoría.....	iii
Cesión de derechos.....	iv
Agradecimiento.....	v
Dedicatoria.....	vi
Esquema de contenidos.....	vii
Índice de figuras.....	xi
Índice de tablas.....	xii
Índice de cuadros.....	xvii
Índice de gráficos.....	xvii
Resumen y Abstract.....	xviii
<b><u>1. OBJETIVOS</u></b> .....	<b>2</b>
1.1    Objetivo general.....	2
1.2    Objetivos específicos.....	2
<b><u>2. INTRODUCCIÓN</u></b> .....	<b>3</b>
2.1    ELEMENTOS CONSTITUYENTES DEL HORMIGÓN ARMADO..	6
2.1.1    Cemento.....	6
2.1.2    Agregados.....	6
2.1.2.1    Arena.....	7
2.1.2.2    Grava.....	7
2.1.3    Agua.....	7
2.1.4    Acero de refuerzo.....	8



---

2.1.4.1	Clases de acero.....	8
2.1.4.2	Formas de estribos.....	8
2.2	ENSAYOS DE LABORATORIO PARA ÁRIDOS.....	10
2.2.1	Granulometría.....	10
2.2.1.1	Módulo de finura.....	10
2.2.1.2	Tamaño máximo.....	10
2.2.2	Determinación de la densidad y absorción de agua en el árido fino.....	11
2.2.3	Determinación de la densidad y absorción de agua en el árido grueso.....	14
2.2.4	Determinación de la masa unitaria o densidad aparente suelta y compactada en áridos.....	16
2.2.5	Determinación del contenido de humedad.....	18
2.3	DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN.....	19
2.3.1	Generalidades.....	19
2.3.2	Dosificación por el método ACI.....	20
2.4	ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	22
2.4.1	Vigas.....	22
2.4.2	Columnas.....	25
2.4.3	Losas.....	26
2.4.4	Recubrimientos mínimos recomendados en elementos estructurales.....	26
2.5	PROBLEMAS EN EL HORMIGÓN ARMADO POR FALTA DE RECUBRIMIENTO.....	28
2.5.1	Adherencia entre el hormigón y el acero.....	28
<b>3.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>32</b>
3.1	ESPECIFICACIONES DE LOS ELEMENTOS A ENSAYARSE.....	33
3.2	CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.....	34
3.3	DOSIFICACIÓN: PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO.....	35
3.4	FABRICACIÓN Y CURADO DE LOS ELEMENTOS.....	39
3.5	PRUEBAS DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	39
3.5.1	Ensayo de vigas.....	40





---

3.5.2	Ensayo de columnas.....	41
3.5.3	Ensayo de losas.....	42
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>44</b>
4.1	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PARA LOS AGREGADOS..	45
4.1.1	Árido fino.....	45
4.1.2	Árido grueso.....	45
4.2	RESUMEN DE LAS DOSIFICACIONES.....	46
4.3	FALLA DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	48
4.3.1	Vigas.....	48
4.3.2	Columnas.....	51
4.3.3	Losas.....	54
4.4	RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE RESISTENCIA.....	54
4.4.1	Vigas.....	55
4.4.1.1	Comparación entre vigas de igual recubrimiento con diferente tipo de estribos.....	55
4.4.1.2	Comparación entre vigas de diferente recubrimiento con el mismo tipo de estribos.....	58
4.4.1.3	Comparación entre vigas de diferente recubrimiento y diferente tipo de estribos.....	64
4.4.1.3	Diferencia de capacidad de carga en vigas.....	67
4.4.2	Columnas de sección cuadrada.....	68
4.4.2.1	Comparación entre columnas de igual recubrimiento con diferente tipo de estribos.....	68
4.4.2.2	Comparación entre columnas de diferente recubrimiento con el mismo tipo de estribos.....	71
4.4.2.3	Comparación entre columnas de diferente recubrimiento y diferente tipo de estribos.....	77
4.4.3.1	Diferencia de capacidad de carga en columnas...	80
4.4.3	Columnas de sección circular.....	81



4.4.3.1 Diferencia de capacidad de carga en columnas...	84
4.4.4 Losas.....	84
4.4.3.1 Diferencia de capacidad de carga en losas.....	88
<b><u>5. CONCLUSIONES</u></b>	<b>89</b>
5.1 CONCLUSIONES GENERALES.....	90
5.2 CONCLUSIONES ESPECÍFICAS.....	90
<b><u>6. BIBLIOGRAFÍA</u></b>	<b>93</b>
<b><u>7. ANEXOS</u></b>	<b>95</b>
7.1 ANEXO A: TABLAS PARA DOSIFICAR.....	96
7.2 ANEXO B: ENSAYOS EN AGREGADOS.....	100



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.4.2_1. Forma típica de los estribos.....	9
Figura 2.4.1_1. Diagrama de fuerza cortante y momento flector.....	24
Figura 2.4.4_1. Recubrimiento de concreto mínimo.....	27
Figura 3_1. Formas de estribos. (a) estribos tipo I, (b) estribos tipo II.....	33
Figura 3.5.1_1. Sistema de carga empleado en vigas.....	41
Figura 3.5.1_2. Montaje de la viga en la máquina de prueba.....	41
Figura 3.5.2_1. Montaje de las columnas en la máquina de prueba (a) columna de sección circular, (b) columna de sección cuadrada.....	42
Figura 3.5.3_1. Montaje de las losas en la máquina de prueba.....	43
Figura 4.3.1_1. Viga sin recubrimiento.....	49
Figura 4.3.1_2. Viga con un centímetro de recubrimiento.....	49
Figura 4.3.1_3. Viga con 2.5 centímetros de recubrimiento.....	50
Figura 4.3.1_4. Deslizamiento de las barras en elementos sin recubrimientos.....	50
Figura 4.3.1_5. Desprendimiento del hormigón en las aristas de los elementos.....	51
Figura 4.3.2_1. Pandeo de las barras longitudinales en elementos con recubrimiento insuficiente o nulo.....	52
Figura 4.3.2_2. Pandeo de las barras longitudinales en elementos con recubrimientos apropiados.....	52
Figura 4.3.2_3. Desprendimiento inmediato del hormigón en elementos con recubrimiento insuficiente o nulo.....	53
Figura 4.3.2_3. Desprendimiento del hormigón en elementos con recubrimiento apropiado.....	53
Figura 4.3.2_3. Desprendimiento del hormigón en losas (a) losa con recubrimiento escaso, (b) losa con recubrimiento apropiado.....	54



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.2.1.2_1. Masa mínima de la muestra de ensayo del árido grueso en función del tamaño máximo de las partículas.....	11
Tabla 2.2.3_1 Masa mínima de la muestra de ensayo del árido grueso en función del tamaño máximo de las partículas.....	16
Tabla 2.3.2_1. Resistencia a compresión media requerida.....	97
Tabla 2.3.2_2. Relaciones agua cemento para distintas resistencias a 28 días.....	97
Tabla 2.3.2_3. Consistencias recomendadas para distintos tipos de construcciones.....	98
Tabla 2.3.2_4. Cantidad aproximada de agua de amasado para diferentes consistencias y tamaños máximos del árido.....	98
Tabla 2.3.2_5. Volumen de árido grueso por unidad de volumen de hormigón.....	99
Tabla 4.4.1.1_1(a) Vigas con cero recubrimiento y estribos Tipo I.....	55
Tabla 4.4.1.1_1 (b) Vigas con cero recubrimiento y estribos Tipo II.....	55
Tabla 4.4.1.1_1 (c) Incremento en la capacidad de carga en vigas.....	55
Tabla 4.4.1.1_2 (a) Vigas con un centímetro de recubrimiento y estribos Tipo I.....	56
Tabla 4.4.1.1_2 (b) Vigas con un centímetro de recubrimiento y estribos Tipo II.....	56
Tabla 4.4.1.1_2 (c) Incremento en la capacidad de carga en vigas.....	56
Tabla 4.4.1.1_3 (a) Vigas con 2.5 centímetros de recubrimiento y estribos Tipo I.....	57
Tabla 4.4.1.1_3 (b) Vigas con 2.5 centímetros de recubrimiento y estribos Tipo II.....	57
Tabla 4.4.1.1_3 (c) Incremento en la capacidad de carga en vigas.....	57
Tabla 4.4.1.2_1(a) Vigas con cero centímetros de recubrimiento y estribos Tipo I.....	58
Tabla 4.4.1.2_1 (b) Vigas con un centímetro de recubrimiento y estribos Tipo I.....	58



Tabla 4.4.1.2_1 (c) Incremento en la capacidad de carga en vigas.....	58
Tabla 4.4.1.2_2(a) Vigas con cero centímetros de recubrimiento y estribos Tipo II.....	59
Tabla 4.4.1.2_2 (b) Vigas con un centímetro de recubrimiento y estribos Tipo II.....	59
Tabla 4.4.1.2_2 (c) Incremento en la capacidad de carga en vigas.....	59
Tabla 4.4.1.2_3 (a) Vigas con cero centímetros de recubrimiento y estribos Tipo I.....	60
Tabla 4.4.1.2_3 (b) Vigas con 2.5 centímetros de recubrimiento y estribos Tipo I.....	60
Tabla 4.4.1.2_3 (c) Incremento en la capacidad de carga en vigas.....	60
Tabla 4.4.1.2_4 (a) Vigas con cero centímetros de recubrimiento y estribos Tipo II.....	61
Tabla 4.4.1.2_4 (b) Vigas con 2.5 centímetros de recubrimiento y estribos Tipo II.....	61
Tabla 4.4.1.2_4 (c) Incremento en la capacidad de carga en vigas.....	61
Tabla 4.4.1.2_5 (a) Vigas con un centímetro de recubrimiento y estribos Tipo I.....	62
Tabla 4.4.1.2_5 (b) Vigas con 2.5 centímetros de recubrimiento y estribos Tipo I.....	62
Tabla 4.4.1.2_5 (c) Incremento en la capacidad de carga en vigas.....	62
Tabla 4.4.1.2_6 (a) Vigas con un centímetro de recubrimiento y estribos Tipo II.....	63
Tabla 4.4.1.2_6 (b) Vigas con 2.5 centímetros de recubrimiento y estribos Tipo II.....	63
Tabla 4.4.1.2_6 (c) Incremento en la capacidad de carga en vigas.....	63
Tabla 4.4.1.3_1 (a) Vigas con cero centímetros de recubrimiento y estribos Tipo I.....	64
Tabla 4.4.1.3_1 (b) Vigas con un centímetro de recubrimiento y estribos Tipo II.....	64
Tabla 4.4.1.3_1 (c) Incremento en la capacidad de carga en vigas.....	64
Tabla 4.4.1.3_2 (a) Vigas con cero centímetros de recubrimiento y estribos Tipo I.....	65



Tabla 4.4.1.3_2 (b) Vigas con 2.5 centímetros de recubrimiento y estribos Tipo II.....	65
Tabla 4.4.1.3_2 (c) Incremento en la capacidad de carga en vigas.....	65
Tabla 4.4.1.3_3 (a) Vigas con un centímetro de recubrimiento y estribos Tipo I.....	66
Tabla 4.4.1.3_3 (b) Vigas con 2.5 centímetros de recubrimiento y estribos Tipo II.....	66
Tabla 4.4.1.3_3 (c) Incremento en la capacidad de carga en vigas.....	66
Tabla 4.4.2.1_1(a) Columnas con cero recubrimiento y estribos Tipo I.....	68
Tabla 4.4.2.1_1 (b) Columnas con cero recubrimiento y estribos Tipo II.....	68
Tabla 4.4.2.1_1 (c) Incremento en la capacidad de carga en columnas.....	68
Tabla 4.4.2.1_2 (a) Columnas con un centímetro de recubrimiento y estribos Tipo I.....	69
Tabla 4.4.2.1_2 (b) Columnas con un centímetro de recubrimiento y estribos Tipo II.....	69
Tabla 4.4.2.1_2 (c) Incremento en la capacidad de carga en columnas.....	69
Tabla 4.4.2.1_3 (a) Columnas con 2.5 centímetros de recubrimiento y estribos Tipo I.....	70
Tabla 4.4.2.1_3 (b) Columnas con 2.5 centímetros de recubrimiento y estribos Tipo II.....	70
Tabla 4.4.2.1_3 (c) Incremento en la capacidad de carga en columnas.....	70
Tabla 4.4.2.2_1(a) Columnas con cero centímetros de recubrimiento y estribos Tipo I.....	71
Tabla 4.4.2.2_1 (b) Columnas con un centímetro de recubrimiento y estribos Tipo I.....	71
Tabla 4.4.2.2_1 (c) Incremento en la capacidad de carga en columnas.....	71
Tabla 4.4.2.2_2(a) Columnas con cero centímetros de recubrimiento y estribos Tipo II.....	72
Tabla 4.4.2.2_2 (b) Columnas con un centímetro de recubrimiento y estribos Tipo II.....	72
Tabla 4.4.2.2_2 (c) Incremento en la capacidad de carga en columnas.....	72
Tabla 4.4.2.2_3 (a) Columnas con cero centímetros de recubrimiento y estribos Tipo I.....	73



Tabla 4.4.2.2_3 (b) Columnas con 2.5 centímetros de recubrimiento y estribos Tipo I.....	73
Tabla 4.4.2.2_3 (c) Incremento en la capacidad de carga en columnas.....	73
Tabla 4.4.2.2_4 (a) Columnas con cero centímetros de recubrimiento y estribos Tipo II.....	74
Tabla 4.4.2.2_4 (b) Columnas con 2.5 centímetros de recubrimiento y estribos Tipo II.....	74
Tabla 4.4.2.2_4 (c) Incremento en la capacidad de carga en columnas.....	74
Tabla 4.4.2.2_5 (a) Columnas con un centímetro de recubrimiento y estribos Tipo I.....	75
Tabla 4.4.2.2_5 (b) Columnas con 2.5 centímetros de recubrimiento y estribos Tipo I.....	75
Tabla 4.4.2.2_5 (c) Incremento en la capacidad de carga en columnas.....	75
Tabla 4.4.2.2_6 (a) Columnas con un centímetro de recubrimiento y estribos Tipo II.....	76
Tabla 4.4.2.2_6 (b) Columnas con 2.5 centímetros de recubrimiento y estribos Tipo II.....	76
Tabla 4.4.2.2_6 (c) Incremento en la capacidad de carga en columnas.....	76
Tabla 4.4.2.3_1 (a) Columnas con cero centímetros de recubrimiento y estribos Tipo I.....	77
Tabla 4.4.2.3_1 (b) Columnas con un centímetro de recubrimiento y estribos Tipo II.....	77
Tabla 4.4.2.3_1 (c) Incremento en la capacidad de carga en columnas.....	77
Tabla 4.4.2.3_2 (a) Columnas con cero centímetros de recubrimiento y estribos Tipo I.....	78
Tabla 4.4.2.3_2 (b) Columnas con 2.5 centímetros de recubrimiento y estribos Tipo II.....	78
Tabla 4.4.2.3_2 (c) Incremento en la capacidad de carga en columnas.....	78
Tabla 4.4.2.3_3 (a) Columnas con un centímetro de recubrimiento y estribos Tipo I.....	79
Tabla 4.4.2.3_3 (b) Columnas con 2.5 centímetros de recubrimiento y estribos Tipo II.....	79
Tabla 4.4.2.3_3 (c) Incremento en la capacidad de carga en columnas.....	79



Tabla 4.4.3_1 (a) Columnas circulares con cero centímetros de recubrimiento.....	81
Tabla 4.4.3_1 (b) Columnas circulares con un centímetro de recubrimiento....	81
Tabla 4.4.3_1 (c) Incremento en la capacidad de carga en columnas circulares.....	81
Tabla 4.4.3_2 (a) Columnas circulares con cero centímetros de recubrimiento.....	82
Tabla 4.4.3_2 (b) Columnas circulares con 2.5 centímetros de recubrimiento.....	82
Tabla 4.4.3_2 (c) Incremento en la capacidad de carga en columnas circulares.....	82
Tabla 4.4.3_3 (a) Columnas circulares con un centímetro de recubrimiento....	83
Tabla 4.4.3_3 (b) Columnas circulares con 2.5 centímetros de recubrimiento.....	83
Tabla 4.4.3_3 (c) Incremento en la capacidad de carga en columnas circulares.....	83
Tabla 4.4.4_1 (a) Losas con cero centímetros de recubrimiento.....	85
Tabla 4.4.4_1 (b) Losas con un centímetro de recubrimiento.....	85
Tabla 4.4.4_1 (c) Incremento en la capacidad de carga en losas.....	85
Tabla 4.4.4_2 (a) Losas con cero centímetros de recubrimiento.....	86
Tabla 4.4.4_2 (b) Losas con 2.5 centímetros de recubrimiento.....	86
Tabla 4.4.4_2 (c) Incremento en la capacidad de carga en losas.....	86
Tabla 4.4.4_3 (a) Losas con un centímetro de recubrimiento.....	87
Tabla 4.4.4_3 (b) Losas con 2.5 centímetros de recubrimiento.....	87
Tabla 4.4.4_3 (c) Incremento en la capacidad de carga en losas.....	87





## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3.3_1. Dosificación corregida por humedad.....	38
Cuadro 2.2_1. Características del Agregado Fino.....	45
Cuadro 2.2_2. Características del Agregado Grueso.....	46
Cuadro 4.2_1. Resumen de la dosificación para vigas.....	47
Cuadro 4.2_2. Resumen de la dosificación para columnas de sección cuadrada.....	47
Cuadro 4.2_3. Resumen de la dosificación para columnas de sección circular.....	47
Cuadro 4.2_4. Resumen de la dosificación para losas.....	48

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico 4.4.1.4_1 Diferencia de capacidad de carga en vigas.....	67
Grafico 4.4.1.4_1 Diferencia de capacidad de carga en columnas cuadradas..	80
Grafico 4.4.1.4_1 Diferencia de capacidad de carga en columnas circulares...	84
Grafico 4.4.1.4_1 Diferencia de capacidad de carga en losas.....	88



## “INFLUENCIA DEL RECUBRIMIENTO DEL ACERO EN ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO”

Ángel Carpio Moreno<sup>1</sup>, Humberto Ramírez Romero<sup>2</sup>

### RESUMEN

Esta investigación pretende demostrar cómo influye el recubrimiento en los elementos estructurales de hormigón armado, para lo cual se ensayaron en el laboratorio modelos de vigas, columnas de sección cuadrada, columnas de sección circular y losas, donde la variable principal es el recubrimiento y, en el caso de vigas y columnas cuadradas, también la forma del refuerzo transversal. Todos los elementos se fabricaron con hormigón cuya resistencia  $f'c$  es de 210 Kgf/cm<sup>2</sup> y tiempo de curado de 28 días.

Las pruebas de carga se las efectuó con la finalidad de observar las fallas que se producen en dichos elementos, además nos servirán para constatar las diferencias de capacidad de carga. Cabe señalar que lo que interesa de estas pruebas es el valor de la carga que soporta cada elemento, para luego hacer un análisis de los efectos de la variación del recubrimiento del refuerzo.

De los resultados obtenidos se puede concluir que los elementos que no presentan un adecuado recubrimiento tienden a disminuir notablemente su capacidad de carga.

---

<sup>1</sup>Profesional en formación de la UTPL, Loja – Ecuador, [agcarpio@utpl.edu.ec](mailto:agcarpio@utpl.edu.ec)

<sup>2</sup>Docente tutor de la UTPL [hjramirez@utpl.edu.ec](mailto:hjramirez@utpl.edu.ec)



# OBJETIVOS



## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 Objetivo general.**

Demostrar, mediante ensayos de laboratorio, la influencia del recubrimiento del acero en el comportamiento de elementos de hormigón armado.

### **1.2 Objetivos específicos.**

- Dosificar con materiales propios de la región y diseñar elementos estructurales tales como vigas, columnas y losas con diferentes recubrimientos.
- Probar en laboratorio modelos de los elementos estructurales en los que se varíe el recubrimiento del acero y la forma de estribo en el caso de los elementos vigas y columnas cuadradas.
- Analizar los resultados relacionando el comportamiento de elementos similares.



# INTRODUCCIÓN



## 2. INTRODUCCIÓN

El hormigón armado en la ciudad de Loja es un material muy utilizado para sistemas constructivos, siendo así que la mayor parte de edificaciones en la ciudad son de este material, esto se debe a que estas estructuras son consideradas permanentes y con un bajo coste de mantenimiento. Esto es cierto en algunos ambientes, con la selección apropiada de materiales y métodos de construcción cuidadosamente ejecutados.

En investigaciones realizadas por Bueno P. y Lalangui M. (2011) en la ciudad de Loja, se ha comprobado que el recubrimiento de los elementos estructurales que conforman una estructura no cumplen con los mínimos recomendados, dejando así al acero de refuerzo expuesto ante cualquier situación que se pueda presentar durante la vida útil de las edificaciones, al no tener en cuenta un adecuado recubrimiento puede inducir a que los elementos que conforman la estructura presenten fallas disminuyendo así notablemente la resistencia de los mismos y ocasionar el posible colapso de la edificación.

Como se conoce, si los elementos estructurales no presentan un adecuado recubrimiento del acero de refuerzo éstos están más propensos a fallar debido a que no existe un confinamiento del acero y por lo tanto no hay transferencia adecuada de esfuerzos entre el hormigón y el acero, lo que hará que las barras se pandeen y el acero alcance su límite de fluencia tempranamente, al ocurrir esto el hormigón empieza a trabajar solo lo que ocasionara que los elementos presenten grietas y por ende la resistencia del hormigón disminuirá, si estos elementos están sometidos a flexión o compresión presentarán fallas considerables en la estructura.

La magnitud, tipo y la descripción de las fallas así como la influencia en cuanto a resistencia han sido objeto de estudio en varias investigaciones, lo que se pretende con esta investigación es aportar en este campo con información que



permita conocer de una forma cuantitativa como varía la resistencia y el tipo de falla con diferentes recubrimientos en elementos estructurales de hormigón armado.

Por lo anteriormente citado, el presente trabajo se centrará en ensayar en el laboratorio algunos modelos de elementos estructurales tales como vigas, columnas (de sección transversal cuadrada y circular) y losas para analizar y cuantificar la resistencia así como el tipo de falla en función del recubrimiento del acero que presenta cada elemento, además se variará la forma de estribos en las vigas y columnas.



## **2.1 ELEMENTOS CONSTITUYENTES DEL HORMIGÓN ARMADO**

### **2.1.1 Cemento**

“El cemento portland es el principal cemento hidráulico; entendiéndose como tal al que fragua y se endurece al contacto con el agua. Consiste esencialmente de silicatos de calcio hidráulico, que en forma usual contienen una o más formas de sulfato de calcio que se añade y se muele con ella” (Carrión, 1996, p.7).

El cemento no es un compuesto simple, sino que es una mezcla de muchos compuestos. Cuatro de ellos conforman el 90% o más del peso del cemento y son: el silicato tricálcico, el silicato dicálcico, el aluminato tricálcico y el aluminoferrito tetracálcico.

El cemento portland fue inventado en 1824 por Joseph Aspdin en Leeds, Inglaterra; la denominación de “Cemento Portland” es porque el mortero que se producía se parecía a la piedra caliza que se extrae en la Isla de Portland, Inglaterra.

### **2.1.2 Agregados**

“Un agregado es cualquier material duro e inerte formado por fragmentos clasificados en una amplia gama de tamaños, que se mezcla con un material cementante para formar concreto o un material afín. Los agregados constituyen entre el 60 % y el 80 % del volumen total del concreto” (Hornbostel, 2000, p.111).





### **2.1.2.1 Arena**

Constituyen los agregados finos, de partículas resistentes y duras, libres de material vegetal u otro material inconveniente. El agregado fino será usado en la mezcla con el cemento, la grava y el agua, su misión es reducir los espacios vacíos entre las piedras, cuyas partículas atraviesan el tamiz INEN de 4.75 mm (Nº 4 ASTM E-11), y quedan retenidas en el tamiz INEN de 75 µm (Nº 200 ASTM E-11).

### **2.1.2.2 Grava**

La grava es un material granular grueso, de partículas o fragmentos resistentes y duros, libres de material vegetal, de exceso de partículas alargadas, así como de material mineral cubierto de arcilla u otro material inconveniente. Se sitúan en fracciones que quedan retenidas en el tamiz INEN de 4.75 mm (Nº 4 ASTM E-11).

### **2.1.3 Agua**

El propósito del agua en la mezcla de concreto es combinarla con el cemento en el proceso de hidratación, cubrir el agregado y hacer manejable la mezcla.

El agua para la mezcla debe estar libre de materias orgánicas, álcalis, ácidos y aceite que son agresivos al cemento. Por lo general el agua que tenga como total menos de 2 000 ppm (partes por millón) de sólidos disueltos puede usarse satisfactoriamente para hacer hormigón (Love T.W, 1996, p.11).

Si no tenemos cuidado en eliminar las impurezas excesivas en el agua de mezcla, pueden afectar no solo el tiempo de fraguado, la resistencia del



concreto, la constancia de volumen, sino que a su vez pueden producir eflorescencia o corrosión del refuerzo (Steven Kosmatka, 2004, Cap. 4).

## 2.1.4 Acero de Refuerzo

Mecánicamente se entiende por acero al metal siderúrgico cuya tensión de rotura por tracción alcanza, cuando menos, los 4500 Kg/cm<sup>2</sup>.

La resistencia útil tanto a tensión como a compresión de los aceros comunes, es decir la resistencia a la fluencia, es aproximadamente quince veces la resistencia a la compresión del concreto estructural común y más de cien veces su resistencia a la tensión.

### 2.1.4.1 Clases de Aceros

El refuerzo usado en las estructuras de concreto puede ser de forma de barras o de malla soldada de alambre, las barras pueden ser lisas o corrugadas.

**Acero corrugado.-** Son las barras que tienen protuberancias laminadas en sus superficies para aumentar la adherencia entre el concreto y el acero.

**Acero liso.-** Como su nombre mismo lo dice son barras que no presentan protuberancias en su superficie y la adherencia con el hormigón depende fundamentalmente de la adhesión química y del rozamiento.

### 2.1.4.2 Formas de estribos

Los estribos son el refuerzo empleado para resistir esfuerzos de cortante y de torsión en un elemento estructural; este refuerzo está constituido por lo general por barras, alambres o refuerzo electrosoldado de alambre (liso o corrugado), y

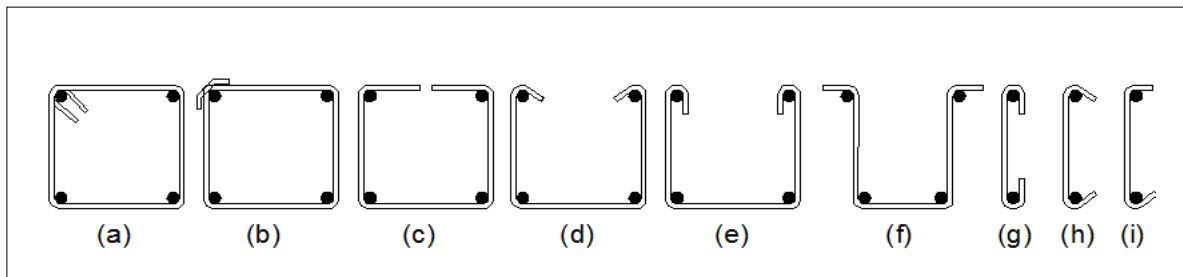


son colocados perpendicularmente o en ángulo con respecto al refuerzo longitudinal.

Los estribos pueden tener una o varias ramas verticales, cada una de las cuales debe abrazar una barra longitudinal mediante un dobléz, cuando el estribo continua, o mediante un gancho estándar en el extremo del estribo.

Según el código ACI 318S-08 todos los estribos de vigas maestras, vigas y columnas deben ser cerrados con ganchos a  $135^\circ$ , como se muestra en la Fig. 2.1.4.2\_1 (a). Mientras que en las viguetas el código permite utilizar todos los tipos de estribos mostrados en la figura 2.1.4.2\_1.

Si se utiliza refuerzo en espirales, éstas deben consistir en barras o alambres continuos espaciados uniformemente, con un tamaño y disposición que permitan su manejo y colocación sin distorsión de las dimensiones de diseño.



**Figura 2.1.4.2\_1. Forma típica de los estribos**  
**Fuente: Requisitos Esenciales para Edificaciones de Concreto reforzado**



## **2.2 ENSAYOS DE LABORATORIO PARA LOS ÁRIDOS**

### **2.2.1 Granulometría.**

Granulometría se refiere a obtener la distribución porcentual de los tamaños de las partículas que constituyen un árido, determinada por tamizado.

El procedimiento de ensayo se basa en pasar una muestra de árido seco, de masa conocida, a través de una serie de tamices de aberturas progresivamente más pequeñas, para determinar la distribución porcentual de los tamaños de las partículas que constituyen el árido (Songor, 1998, p.26).

#### **2.2.1.1 Módulo de finura**

Para obtener el módulo de finura, se debe elegir una muestra seca de al menos 500 gr, pasarlo por la serie de tamices establecidos en la norma ASTM C33 cuyas aberturas de la malla son: 9.5, 4.75, 2.36, 1.18, 0.600, 0.300, 0.150 y 0.075 mm. Pesar el material retenido en cada tamiz y calcular los pesos retenidos acumulados. El módulo de finura resultará de dividir para cien la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados.

Los valores típicos del módulo de finura tienen un rango entre 2.3 y 3.1

#### **2.2.1.2 Tamaño Máximo**

La muestra de ensayo para el agregado grueso debe obtenerse de acuerdo a lo que se indica en la tabla 2.2.1.2\_1, pasarlo por la serie de tamices establecidos en la norma ASTM C33 cuyas aberturas de la malla son: 75, 63, 50, 37.5, 25, 19.0, 12.5, 9.5 y 4.75 mm. Pesar el material retenido en cada tamiz y calcular los pesos retenidos acumulados. El tamaño máximo del



agregado es la abertura de tamiz de la serie normal en el cual se obtiene un porcentaje retenido acumulado igual o inmediatamente inferior al 5%.

**Tabla 2.2.1.2\_1. Masa mínima de la muestra de ensayo del árido grueso en función del tamaño máximo de las partículas**

Tamaño Máximo Nominal de las partículas en mm	Masa mínima de la muestra en Kg
75	45
63	25
50	20
37.5	16
25	12
19	8
12.5	4
9.5	2

Fuente: Songor, José. Materiales de Construcción I. 1998. Pag.26

## 2.2.2 Determinación de la densidad y absorción de agua en el árido fino.

### Densidad real

De acuerdo con la norma ASTM C 128, la gravedad específica se define como la relación de la masa de una unidad de volumen de material respecto a una masa de agua del mismo volumen a una temperatura determinada.

### Densidad en estado seco.

Es la relación entre el peso de las partículas de material, con inclusión de sus poros y el volumen de estas partículas.



### **Densidad en estado saturado superficialmente seco.**

Es la relación entre el peso de las partículas de material cuyos poros están saturados de agua, pero con la superficie de los granos seca, y el volumen de estas partículas.

### **Absorción.**

Es la capacidad que tiene un material para absorber y retener agua en sus poros permeables, y se determina como la relación entre el peso de agua que puede absorber el material y su peso seco.

La norma ASTM C 128 indica el procedimiento para determinar la densidad media de una cantidad de partículas de agregado fino, la densidad relativa y la absorción del agregado fino.

A continuación se describe el procedimiento para determinar lo antes mencionado.

De la muestra de árido cuarteado se debe tomar aproximadamente 1000 gr para luego ser secados al horno hasta obtener peso constante, se deja enfriar al ambiente y luego se sumerge en agua por 24 horas.

Eliminar con cuidado el agua, tender la muestra de arena sobre una superficie plana y se la somete a secado aplicando una corriente suave de aire caliente. Para inspeccionar la humedad de la muestra se debe colocar en un molde de acero tronco cónico sin fondo, y el material se compacta con 25 golpes de la barra compactadora sin ejercer presión, hasta que la muestra se desparrame conservando una cierta forma cónica, estando así lista para ser utilizada en el ensayo.



De la muestra preparada en la forma anterior se debe tomar 500 gr y se procede a determinar su densidad por el método gravimétrico (picnómetro), el cual consiste en introducir la muestra en estado saturada superficialmente seca dentro del picnómetro y llenar con agua hasta aproximadamente el 90 % de su capacidad, luego agitar el picnómetro durante un tiempo de 15 a 20 minutos para eliminar las burbujas de aire y registrar el peso del picnómetro con agua y la muestra.

Se recoge en un recipiente la muestra más el agua y someterla a secado en el horno a temperatura de  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por un tiempo de 24 horas. Posteriormente se registra la masa de la muestra seca y el peso del picnómetro con agua hasta la marca de aforo.

Así, para determinar la densidad real en el árido fino se utiliza las siguientes ecuaciones:

$$\text{Densidad relativa seca al horno} = \frac{A}{B + S - C}$$

$$\text{Densidad relativa en estado SSD} = \frac{S}{B + S - C}$$

$$\text{Densidad Aparente relativa} = \frac{A}{B + A - C}$$

$$\text{Absorción, \%} = \left[ \frac{(S - A)}{A} \right] \times 100$$



Donde:

A: Masa de la muestra seca al horno, (gr)

B: Masa del picnómetro más agua hasta la marca de calibración, (gr)

C: Masa del picnómetro más muestra más agua hasta la marca de calibración, (gr)

S: Masa de la muestra en estado saturado superficialmente seco, (gr)

### **2.2.3 Determinación de la densidad y absorción de agua en el árido grueso.**

En lo que se refiere al agregado grueso la norma ASTM C127 prescribe el método de la cesta o canastilla de alambre, esta canastilla pende de una balanza por medio de ganchos de alambre dentro de un estanque.

La masa de la muestra que se utilice para determinar la densidad real tiene que ser sometida a cuarteo y estar en función del tamaño máximo del agregado, para esto debemos acoplarnos a lo que se muestra en la tabla 2.2.3\_1. Todo el material que pase por el tamiz 4.75 mm (Nº 4) debe eliminarse, lavar la muestra hasta eliminar el polvo u otros recubrimientos superficiales de las partículas y dejar en saturación por 24 horas.

A continuación secar las partículas de forma individual con un paño absorbente hasta observar que la capa o película superficial de agua haya sido eliminada y en estas condiciones se obtiene la muestra de árido en estado de saturación superficialmente seco, pesar y registrar. Posteriormente se coloca la muestra en una canastilla y se registra la masa de la muestra de ensayo sumergida en agua, seguidamente se coloca la muestra en el horno por 24 horas a una temperatura de  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , pesar y registrar la masa del material seco.





Así, para determinar la densidad real en el árido grueso se utiliza las siguientes ecuaciones:

$$\text{Densidad relativa (seca al horno)} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{Densidad relativa en estado SSD} = \frac{B}{B - C}$$

$$\text{Densidad Aparente relativa} = \frac{A}{A - C}$$

$$\text{Absorción, \%} = \left[ \frac{(B - A)}{A} \right] \times 100$$

Donde:

A: Masa de la muestra seca al horno, (gr)

B: Masa de la muestra en estado saturado superficialmente seco, (gr)

C: Masa aparente de la muestra sumergida en agua, (gr)



**Tabla 2.2.3\_1 Masa mínima de la muestra de ensayo del árido grueso en función del tamaño máximo de las partículas**

Tamaño máximo de las partículas del árido en mm	Masa mínima de la muestra de ensayo en Kg
12.5 o menos	2
19	3
25	4
37.5	5
50	8
63	12
75	18
90	25

Fuente: Songor, José. Materiales de Construcción I. 1998. Pag.24

### **2.2.4 Determinación de la masa unitaria o densidad aparente suelta y compactada en áridos.**

De acuerdo a la norma ASTM C 29 la densidad aparente o masa unitaria de las partículas se refiere a la relación entre la masa de material y el volumen que presenta en estado suelto o compactado, incluidos los poros impermeables.

El árido es primeramente sometido a secado en el horno a una temperatura de  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por un tiempo de 24 horas a fin de obtener una masa constante del material. Posteriormente se obtiene la densidad en dos estados: (a) densidad aparente en estado suelto y (b) densidad aparente en estado compactado.

#### **a) Densidad en estado suelto.**

- Determinar el volumen del recipiente.
- Pesar el recipiente vacío.



- Llenar el recipiente con el material, procurando no producir movimientos bruscos.
- Enrasar y retirar el exceso de material del recipiente.
- Determinar el peso del recipiente más el material.

**b) Densidad en estado compactado.**

- Determinar el volumen del recipiente.
- Pesar el recipiente vacío.
- Llenar el recipiente en tres capas iguales a un tercio del volumen del recipiente cada una de las cuales se compacta con 25 golpes, utilizando la varilla de compactación.
- Enrasar y retirar el exceso de material del recipiente.
- Determinar el peso del recipiente más el material.

La densidad en estado suelto o compactado se calcula con la siguiente expresión:

$$D = \frac{M}{V}$$

Donde:

D: Densidad aparente en estado suelto o compactado, (Kg/m<sup>3</sup>)

M: Masa del árido contenido en el recipiente, (Kg)

V: Volumen del recipiente, (m<sup>3</sup>)



### 2.2.5 Determinación del contenido de humedad.

Se puede definir al contenido de humedad como el exceso de agua en un estado saturado y con una superficie seca (Neville, 1998).

De acuerdo a la norma INEN 862, en el laboratorio puede determinarse el contenido total de humedad por el método de secado en horno. El procedimiento descrito en esta norma se basa en obtener una muestra representativa colocarla en recipientes y someterlos a secado en el horno a una temperatura de  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por 24 horas, posteriormente retirar las muestras, dejar enfriar y pesar.

El contenido total de humedad es la diferencia entre la masa inicial del árido y la masa del mismo en estado seco, expresado en porcentaje de su masa seca.

Para efectos de cálculo, el contenido total de humedad del árido se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$\text{CH}(\%) = \frac{\text{Peso material humedo} - \text{Peso material seco}}{\text{peso material seco}} \times 100$$

Donde:

CH: Contenido de humedad total, (%)



## 2.3 DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN

### 2.3.1 Generalidades

El objetivo al diseñar una mezcla de concreto consiste en determinar la combinación más práctica y económica de los materiales con los que se dispone, para producir un concreto que satisfaga los requisitos de comportamiento bajo las condiciones particulares de su uso.

“Para fabricar un hormigón debe tenerse en cuenta tres factores fundamentales: la resistencia, la consistencia y el tamaño máximo del árido grueso, que son las consideraciones a partir de las cuales se procede a determinar la cantidad de cemento, agua y áridos que deben utilizarse para obtener el hormigón deseado al más bajo costo posible” (Songor, 1998, p.68).

Previo al cálculo de dosificaciones debe obtenerse la siguiente información:

#### **De los áridos (fino y grueso por separado)**

- Análisis granulométrico
- Densidad real en estado saturado superficialmente seco
- Densidad aparente en estado suelto y compactado

#### **Del cemento**

- Densidad real
- Densidad aparente en estado suelto



Existen muchos métodos y reglas para dosificar hormigón entre los más conocidos se encuentran:

- Método de ACI
- Método de Fuller
- Método de la Peña I
- Método García Balado I

### **2.3.2 Dosificación por el método de ACI**

El diseño de mezclas ha sido uno de los aspectos que mayores variaciones ha sufrido en las revisiones periódicas del código, lo que ha provocado diferencias en la dosificación obtenida al emplear las diferentes versiones publicadas.

Tomando en cuenta lo anterior a continuación se detalla el método ACI, de una manera simplificada, esto dentro de los parámetros que el método establece para el diseño de hormigones.

#### **a) Especificaciones de diseño**

La resistencia que deba tener el hormigón que se requiera dosificar, será determinada por el proyectista, esto considerando las circunstancias que en cada caso tengan lugar, aquí se establece los elementos en la que se utilizará dicha dosificación, las condiciones en las que se ejecutará dicha obra, la resistencia especificada ( $f'c$ ), etc.

#### **b) Resistencia de diseño**

El código recomienda que el diseño se haga para una resistencia superior a la especificada, a fin de garantizar la seguridad de la obra.



La resistencia a compresión requerida se la puede obtener en función de la resistencia a compresión especificada y con la ayuda que se muestra en la tabla 2.3.2\_1 de la parte de anexos.

#### **c) Relación agua cemento**

De la tabla 2.3.2\_2 de la parte de anexos se obtiene la relación agua/ cemento máximas que se recomiendan para las distintas resistencias a los 28 días.

#### **d) Consistencia**

Para obtener una consistencia adecuada se deberá usar el asentamiento más reducido posible. Los valores que se recomienda de asentamiento en el cono de Abrams, están dados en la tabla 2.3.2\_3 de la parte de anexos.

#### **e) Tamaño máximo del árido**

Este no será mayor al valor de  $1/5$  de la dimensión menor del elemento a hormigonar ni mayor que  $3/4$  de la separación mínima entre armaduras.

#### **f) Cantidad de agua**

El volumen de agua para dosificar un metro cubico de hormigón varía en función del revenimiento y del tamaño máximo del agregado grueso, la cantidad de agua se debe determinar para el menor valor de revenimiento. Estos valores se obtienen de la tabla 2.3.2\_4 descrita en la parte de anexos.



### **g) Cantidad de cemento**

Conocida la relación agua /cemento y la cantidad de agua, es fácil determinar la cantidad de cemento que se ha de utilizar por metro cúbico de hormigón.

### **h) Determinación del volumen de árido grueso**

Estos volúmenes se determinan con la finalidad de producir un hormigón con una docilidad y trabajabilidad aceptable para la construcción. La tabla 2.3.2\_5 de la parte de anexos sirve para determinar estos valores que están en función del tamaño máximo del agregado y el módulo de finura de la arena.

### **i) Cantidad de árido fino**

Se obtendrá por diferencia, restando de 1000 los volúmenes de árido grueso, cemento, agua y aire.

## **2.4 ELEMENTOS ESTRUCTURALES**

### **2.4.1 Vigas**

El nombre genérico del elemento estructural que se utiliza para cubrir claros, soporta cargas laterales y genera acciones internas de flexión y cortante, es viga.

Las vigas pueden clasificarse de varias maneras. Una forma de clasificarlas consiste en agruparlas en vigas estáticamente determinadas y estáticamente indeterminadas, para efectos de esta investigación se hablará únicamente de las vigas estáticamente determinadas, siendo éstas aquellas vigas en las





cuales todas sus reacciones exteriores pueden calcularse usando solamente las ecuaciones de la estática ( $\sum F_H=0$ ,  $\sum F_V=0$ ,  $\sum M=0$ ); es decir que se desconocen solamente tres componentes reactivas de sus apoyos.

### **Fuerzas Cortantes.**

“Las fuerzas cortantes son fuerzas internas que se generan en el material de una viga para equilibrar las fuerzas aplicadas externamente y para garantizar el equilibrio en todas sus partes” (Mott, 1996, p.195).

### **Momento Flexionante.**

El momento interno en una viga es el par de fuerzas de tensión y compresión que se genera en el interior para mantener el equilibrio rotacional bajo la acción de las fuerzas externas.

### **Diagrama de fuerza cortante y momento flexionante.**

Un diagrama de fuerzas cortantes o un diagrama de momentos flexionantes es una gráfica que muestra la magnitud de la fuerza cortante o del momento flexionante a lo largo de la viga.

En la figura 2.4.1\_1 se muestra el diagrama de fuerza cortante y momento flexionante para las vigas ensayadas en esta investigación.

A continuación se explica cómo se obtuvo el diagrama de fuerzas cortantes y momentos flexionantes para las vigas que se ensayaron.

**Diagrama de fuerzas cortantes.** En este caso el diagrama parte de cero (punto A), en A existe una reacción hacia arriba  $R_A$ . Entonces el diagrama de fuerzas cortantes será una línea recta vertical con un valor igual a  $R_A$  de



longitud. A partir de  $A_1$  hasta B la viga no tiene carga, el diagrama de fuerzas cortantes es una línea horizontal. En B la viga soporta una fuerza hacia abajo  $P_1$ , provocando una línea recta vertical en el diagrama de fuerzas cortantes, de  $P_1$ , hacia abajo. Entre los puntos B y C, C y D, la viga no soporta carga, de modo que el diagrama de fuerzas cortantes es una línea recta horizontal. En C se aplica hacia abajo una fuerza igual a  $P_1$  denominada  $P_2$ , de modo que la fuerza cortante va desde  $C_1$  hasta  $-C_2$ . Finalmente, en D se aplica una fuerza hacia arriba  $R_D$  que hace que la ordenada vaya desde  $-D_1$  hasta 0 en  $D_2$ .

**Diagrama de momentos.** Como no hay carga entre A y B el diagrama de momentos es una línea recta inclinada. Se inclina hacia arriba pues la fuerza cortante es positiva entre esos puntos. La fuerza cortante entre B y C se mantiene constante y no hay carga por lo tanto el diagrama de momentos será una línea recta horizontal. El diagrama de momentos se inclina hacia abajo (fuerza cortante negativa) según una línea recta (sin carga) hasta llegar a cero en D.

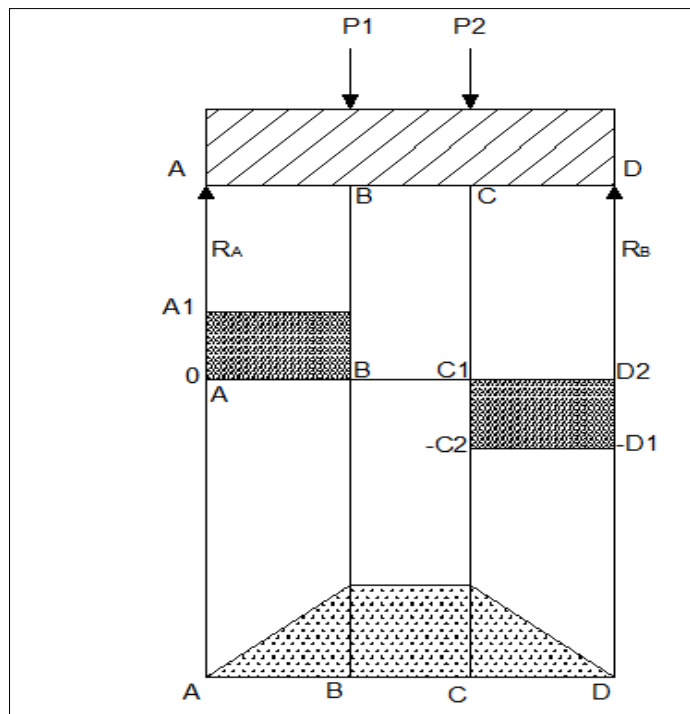


Figura 2.4.1\_1. Diagrama de fuerza cortante y momento flector  
Fuente: El Autor.



## 2.4.2 Columnas

Una columna es un miembro que soporta una carga de compresión axial. Esta carga puede ser concéntrica (aplicada a lo largo del eje centroidal) o excéntrica (aplicada paralelamente al eje del miembro centroidal, pero a cierta distancia del mismo).

Una columna de concreto simple no puede soportar mucha carga, pero su capacidad aumenta si se le agregan barras longitudinales. Puede lograrse considerables incrementos en la resistencia de la columna proporcionando restricción lateral a las barras longitudinales.

Existen varias formas de columnas pero las que más comúnmente se construyen son las cuadradas o rectangulares y las circulares. Las columnas cuadradas o rectangulares poseen una serie de estribos cerrados los cuales impiden, entre otras cosas, que las barras longitudinales se desplacen durante la construcción y resiste su tenacidad a pandearse al estar sometidas a compresión, además son las más comúnmente usadas debido a la simplicidad de su armadura (McCormac, 2002, p.295).

Las columnas circulares poseen su refuerzo en espiral, las espirales son más efectivas que los estribos para incrementar la resistencia de la columna.

Según la teoría de columnas pueden ocurrir tres tipos de falla. Las columnas cortas fallan por aplastamiento del material, las columnas largas fallan por pandeo, y las columnas intermedias fallan por una combinación de pandeo y aplastamiento (Fitzgerald, 1990, p.87).



### **2.4.3 Losas**

Las losas son elementos estructurales bidimensionales, en los que la tercera dimensión es pequeña comparada con las otras dos dimensiones básicas. Las cargas que actúan sobre las losas son esencialmente perpendiculares al plano principal de las mismas, por lo que su comportamiento está dominado por la flexión (Romo, M. p.101).

En general las losas se pueden clasificar en losas armadas unidireccionales y bidireccionales, aquí únicamente se hablará de las losas bidireccionales. Estas losas se flexionan bajo las cargas, con su superficie en forma de plato pues se da flexión en las dos direcciones principales; en consecuencia, deben reforzarse en ambas direcciones con barras de refuerzo perpendiculares entre sí.

### **2.4.4 Recubrimientos mínimos recomendados en elementos estructurales.**

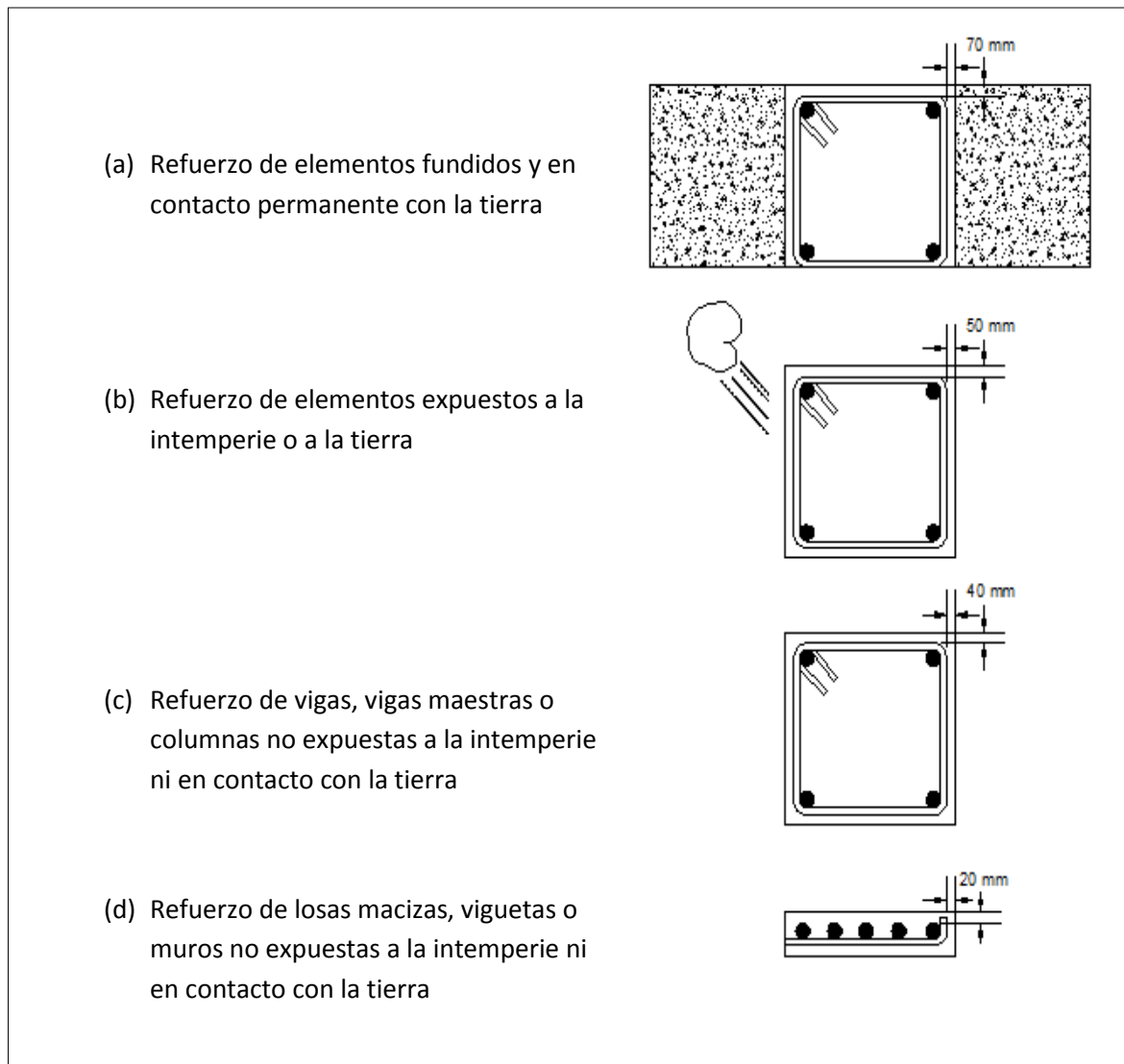
El refuerzo requiere un recubrimiento sustancial para asegurar que las varillas estén rodeadas por suficiente concreto, con el fin de establecer una unión adecuada entre el concreto y el acero, así como proteger a los elementos estructurales ante cualquier situación perjudicial que se pueda presentar durante la vida útil de estos.

Según el código ACI 318S-05 el recubrimiento de concreto para protección del refuerzo sometido a la intemperie y otros efectos se mide desde la superficie del concreto hasta la superficie exterior del acero, para el cual se define el recubrimiento. Cuando se prescriba un recubrimiento mínimo para una clase de elemento estructural, éste debe medirse hasta el borde exterior de los estribos o espirales, si el refuerzo transversal abraza las barras principales; hasta la



capa exterior de barras, si se emplea más de una capa sin estribos; hasta los dispositivos metálicos de los extremos o los ductos en el acero de postensado.

En la figura 2.4.4\_1 se muestra los recubrimientos mínimos de concreto que debe proporcionarse al refuerzo.



**Figura 2.4.4\_1. Recubrimiento de concreto mínimo**  
Fuente: Código ACI 318S-08



## **2.5 PROBLEMAS EN EL HORMIGÓN ARMADO POR FALTA DE RECUBRIMIENTO**

En el hormigón armado se presupone la acción conjunta del acero y del hormigón y gracias al fenómeno de la adherencia se desarrolla la colaboración entre estos dos materiales. El principal síntoma de una deficiente transferencia de tensiones hormigón-acero en una estructura es la aparición de fisuras paralelas a la dirección de la armadura.

Al fallo asociado a este fenómeno se le conoce con el nombre de splitting (División). Es un tipo de rotura frágil muy peligroso, en el que se fisura el recubrimiento y la armadura puede deslizarse si no tiene otro tipo de anclaje dentro de la pieza de hormigón. Además el control de la fisuración es de gran importancia para garantizar la protección de las armaduras frente a agentes agresivos, ambientes marinos, humedad, etc. que pueden acelerar el proceso de deterioro.

### **2.5.1 Adherencia entre el hormigón y el Acero.**

La adherencia es el principio básico del funcionamiento del hormigón armado como material estructural mediante la cual se transmiten los esfuerzos de tracción entre sus materiales integrantes. La adherencia afecta a varios aspectos del comportamiento estructural, no sólo para estados límites últimos, sino también en situaciones de servicio, en aspectos relacionados por ejemplo con la fisuración y la deformación.

Las fallas que se desencadenan por una falta de adherencia dependen principalmente del tipo de barra y de las condiciones de confinamiento. Estas fallas son el deslizamiento de la armadura respecto al hormigón y la fisuración longitudinal del recubrimiento según la dirección de la armadura. Debido a que



la dirección de estas fisuras coincide con la del refuerzo, exponen la armadura en toda su longitud y pueden resultar peligrosas (Giuriani 1991).

Según Cairns (1995) la fisuración se origina cuando el recubrimiento es menor que tres veces el diámetro de la barra, ya que al aumentar la carga las fisuras se propagan radialmente y un mayor recubrimiento retrasan la aparición de fisuras en la superficie.

Existen varios mecanismos resistentes en los que se basa la adherencia: a) adhesión química, b) rozamiento y, c) interacción mecánica.

#### **a) Adhesión química**

La adherencia se debe a la interconexión físico-química de partículas de la pasta de cemento con la rugosidad de la superficie de contacto de la armadura.

#### **b) Rozamiento**

Al aumentar la carga sobre el elemento también lo hace la tensión de adherencia, la adhesión química entre estos dos materiales se anula y, comienza un mecanismo de adherencia por rozamiento que depende principalmente de las características e irregularidades de la barra.

#### **c) Interacción Mecánica**

La adherencia mecánica en un elemento estructural se da por la interacción entre los resaltes del hierro y el hormigón que lo rodea.

En barras lisas la adherencia depende fundamentalmente de la adhesión química y, tras el deslizamiento, del rozamiento, mientras que para barras



corrugadas depende de la interacción mecánica existente entre los resaltes y el hormigón que las rodea (Tepfers, 1973).





# **MATERIALES Y MÉTODOS**



### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

Como ya se había mencionado, esta investigación pretende demostrar cómo influye el recubrimiento en los elementos estructurales de hormigón armado, para lo cual se ensayaran en el laboratorio modelos de elementos estructurales tales como vigas, columnas cuadradas, columnas circulares y losas. Todos los elementos serán fabricados con las mismas características físicas y mecánicas de los materiales, así como el tiempo de curado será de 28 días para todos los elementos.

Las variables en los elementos serán el recubrimiento (0, 1 cm y 2.5 cm), así como el refuerzo transversal en el caso de vigas y columnas cuadradas en las que se utilizará dos tipos de estribos: a) Estribos Tipo I y b) Estribos Tipo II.

- a. **Estribos tipo I.** Se denominará a los estribos cuyos ganchos son a  $90^\circ$  y que comúnmente se están utilizando en la práctica, como se muestra en la figura 3\_1 (a).
  
- b. **Estribos tipo II.** Se denominará a los estribos cuyos ganchos son a  $135^\circ$  y que son recomendados por el código ACI 318S-08, como se muestra en la figura 3\_1 (b).

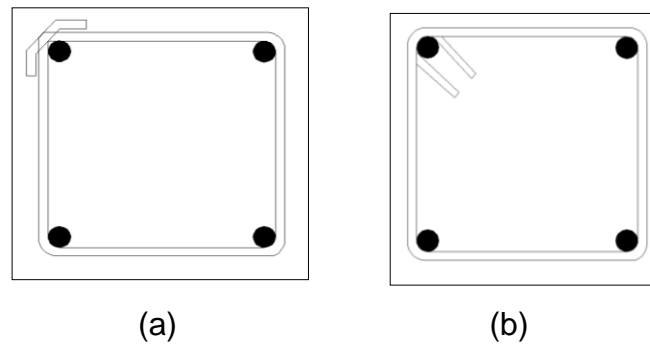


Figura 3\_1. Formas de estribos. (a) estribos tipo I, (b) estribos tipo II.

Fuente: El Autor.

El espaciamiento del refuerzo transversal en vigas será de 15 cm y 12 cm en columnas de sección cuadrada. Las columnas de sección circular tendrán refuerzo en espiral y las losas serán armadas en dos direcciones.

### 3.1 Especificaciones de los elementos a ensayarse.

El hormigón utilizado en la fabricación de los elementos estructurales a ensayarse tiene una resistencia  $f'c$  de 210 Kg/cm<sup>2</sup> y se lo efectuó respetando la composición establecida en la dosificación. El acero tiene un límite de fluencia de 4200 Kg/cm<sup>2</sup>.

Las dimensiones de los elementos vigas son de 50 cm de largo y 15 cm x 15 cm de sección, se adoptaron estas dimensiones en base a la norma ASTM C31, la cual especifica las dimensiones y proceso de elaboración de especímenes.

Las dimensiones de las columnas circulares es de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, así mismo se adoptaron estas dimensiones en base a la norma ASTM C 31.



En lo que se refiere a las columnas cuadradas se adoptaron dimensiones de 30 cm de altura y 15 cm x 15 cm de sección y las dimensiones de las losas son de 30 cm x 30 cm y 5 cm de espesor, las dimensiones tanto para las losas como para las columnas cuadradas son de criterio personal ya que no existe ninguna norma que especifique las dimensiones y elaboración de las mismas.

El encofrado que se utilizó para la elaboración de los elementos como vigas, columnas cuadradas y losas es de madera, mientras que para las columnas circulares son moldes cilíndricos metálicos.

### **3.2 Característica de los materiales.**

Los elementos de hormigón armado efectuados en la presente investigación se fabricaron con los siguientes materiales:

El aglomerante utilizado es el cemento Portland puzolánico tipo IP, con una masa específica relativa 3, proviene de la fábrica “Holcim Ecuador”, denominado comercialmente cemento Rocafuerte, su empleo se justifica debido a que es el aglomerante que más se utiliza en la confección de hormigones en general.

En lo que se refiere a los agregados componentes de las mezclas tanto el árido fino como el árido grueso provienen del río Nangora.

Las características físicas tanto del agregado fino como del agregado grueso se obtuvieron en base a los métodos y procedimientos especificados por las normas internacionales ASTM, estos procedimientos se detallan en el apartado 2.2.



El agua de amasado y el agua de curado que se utilizó para la realización de los elementos estructurales en el laboratorio de resistencia de materiales de la Universidad Técnica Particular de Loja, es el agua potable de la ciudad de Loja.

La armadura utilizada para los elementos estructurales es varilla lisa con un diámetro de 4 mm para el refuerzo longitudinal y alambre # 16 para el refuerzo transversal.

### **3.3 Dosificación: procedimiento de cálculo**

En la presente investigación la dosificación se la realizará por el método ACI.

Para la medición de los componentes del hormigón se ha utilizado la pesada mediante balanza. Esta forma de dosificación se debe a que todos los elementos estructurales se fabricaron en el laboratorio en donde podemos tener las suficientes garantías de seguridad, constancia y uniformidad de los resultados.

A continuación realizamos un ejemplo de dosificación de hormigón para tres vigas.

#### **a) Especificaciones de diseño**

La resistencia a la compresión especificada  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  a los 28 días, se fabricará sin aire incluido y se utilizará para elaborar vigas cuyas dimensiones son 15x15x50 centímetros. Para fabricar el hormigón se utilizará cemento portland tipo I y áridos provenientes de la quebrada Nangora.



### **b) Resistencia de diseño**

Según la tabla 2.3.2\_1 de la parte de anexos la resistencia a compresión media requerida está dada por:

$$f'_{cr} = 210 + 84 = 294 \text{ Kg/cm}^2$$

### **c) Relación agua cemento**

Conocido  $f'_{cr}$  y el tipo de hormigón (con o sin aire incluido) se obtiene de la tabla 2.3.2\_2 la relación  $w/c$ .

Se trata de un concreto sin aire incluido, interpolando en esta tabla para obtener  $f'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$  se tiene la relación de agua-material cementante,  $w/c = 0.5584$

### **d) Consistencia**

El revenimiento es de 70 mm, acorde al cuadro 2.3.2\_3.

### **e) Tamaño máximo del árido**

Como se muestra en el cuadro 2.2\_2, el tamaño máximo del agregado es de 19 mm.



**f) Cantidad de agua**

La cantidad de agua se proporciona según la tabla 2.3.2\_4, el mismo que está en función del asentamiento y del tamaño máximo nominal del agregado grueso, obteniéndose 205 Kg/m<sup>3</sup>.

**g) Cantidad de cemento.**

Con la relación agua-cemento de 0.5584 se obtiene una cantidad de cemento de 366 Kg/m<sup>3</sup>.

$$\frac{w}{c} = 0.5584$$

$$c = \frac{205 \text{ Kg/m}^3}{0.5584} = 366 \text{ Kg/m}^3$$

**h) Determinación del volumen de árido grueso.**

La cantidad de agregado grueso se obtiene con respecto a la tabla 2.3.2\_5, con el tamaño máximo nominal de 19 mm (grava) y con un módulo de finura de 4.58 (agregado fino) se extrapola para obtener 0.442 m<sup>3</sup> de agregado grueso y este valor se multiplica por su respectiva masa volumétrica seca en el horno compactada de 1671 Kg/m<sup>3</sup>, como resultado se obtiene el peso de 738.582 Kg.

**i) Cantidad de árido fino.**

La cantidad de agregado fino se obtiene en función de los volúmenes obtenidos anteriormente y del metro cúbico de concreto esperado. Por lo tanto se requiere 837.00 Kg de agregado fino para un metro cúbico de concreto.



**j) Resumen de la dosificación**

<b>Material</b>	<b>Dosificación en peso (Kg/m<sup>3</sup>)</b>
Grava	738,58
Arena	837
Agua	205
Cemento	366

**k) Corrección por humedad.**

La corrección por humedad se la realizó con la finalidad de conocer la cantidad exacta de agua que se requiere para fabricar el hormigón. La corrección se efectúa en función de la capacidad de absorción y el contenido de humedad que los áridos presentan. En el cuadro 3.3\_1 se presenta la dosificación corregida.

**Cuadro 3.3\_1. Dosificación corregida por humedad**

<b>Material</b>	<b>Dosificación (Kgf/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Capacidad de Absorción</b>	<b>Contenido de humedad</b>	<b>Dosificación corregida (Kgf/m<sup>3</sup>)</b>
Grava	738,58	1,917	0	739
Arena	837	1,194	2,56	858
Agua	205			208
Cemento	366			366

**Fuente: El autor**

Los resúmenes de todas las dosificaciones se presentan en el apartado 4.2





### **3.4 Fabricación y curado de los elementos.**

La fabricación de los elementos estructurales como son las columnas circulares y columnas cuadradas se realizó de la siguiente manera:

Se llenó el molde uniformemente en aproximadamente tres capas iguales. Se varilló cada capa 25 veces, seguidamente después de la compactación de cada capa, se golpeó ligeramente a los lados del molde con un mazo de goma (10 a 15 golpes), esto con el propósito de liberar las burbujas de aire que puedan quedar atrapadas. Finalmente se enrasó el exceso de hormigón y se le dio un acabado con una llana.

En lo que respecta a la fabricación de vigas y losas, se llenaron los moldes en dos capas iguales y se varilló cada capa una vez por cada 25 cm<sup>2</sup>, así mismo para eliminar las burbujas de aire que pueden quedar atrapadas se procedió a golpear ligeramente los lados del molde con 10 a 15 golpes. Finalmente se emparejó la superficie con una llana.

Una vez elaborados los elementos estructurales y transcurridas las  $24 \pm 8$  horas que especifica la norma ASTM C31, se procedió a retirar los moldes para posteriormente sumergir los elementos en agua a una temperatura de  $23^{\circ} \pm 2^{\circ}$ , hasta el momento de las pruebas. El tiempo de curado fue de 28 días.

### **3.5 Pruebas de los elementos estructurales.**

Estas pruebas se las realiza con la finalidad de observar las fallas que se producen en los elementos estructurales al aplicar una carga. Además servirá para constatar si un elemento sin recubrimiento soporta la misma carga que un elemento con recubrimiento, lo que permitirá emitir conclusiones. Es así que las



vigas y losas se probaron a flexión y las columnas cuadradas así como columnas circulares se probaron a compresión.

Cabe señalar que lo que interesa de estas pruebas es el valor de la carga que soporta cada elemento al variar su recubrimiento más no su resistencia a flexión o compresión.

Las muestras fueron preparadas de acuerdo a la dosificación anteriormente calculada. En el apartado 3.5.1 a 3.5.3 se detalla el tipo de prueba que se realizó a cada elemento estructural.

### **3.5.1 Ensayo de vigas**

En la Figura 3.5.1\_1 se esquematiza el sistema que se empleó para poder ensayar estos elementos, este es el método de tres puntos de aplicación de carga, es decir en este método la mitad de la carga se aplica en cada tercio de la luz. La carga fue aplicada a una velocidad uniforme hasta que ocurra la falla.

Todas las vigas con los diferentes recubrimientos fueron probadas bajo este sistema.

En la Figura 3.5.1\_2 se puede apreciar el montaje de las vigas en la máquina de pruebas de serie digital ACCUTEK.



Figura 3.5.1\_1. Sistema de carga empleado en vigas  
Fuente: El Autor



Figura 3.5.1\_2. Montaje de la viga en la máquina de prueba  
Fuente: El Autor

### 3.5.2 Ensayo de columnas.

Todas las columnas tanto de sección cuadrada como de sección circular fueron ensayadas a compresión en la máquina de pruebas ACCUTEK, tal como se



indica en la Figura 3.5.2\_1. La carga fue aplicada uniformemente hasta que fallen los elementos.



(a)



(b)

**Figura 3.5.2\_1. Montaje de las columnas en la máquina de prueba (a) columna de sección circular, (b) columna de sección cuadrada.**

Fuente: El Autor

### 3.5.3 Ensayo de losas

Las losas fueron sometidas a flexión en la máquina de pruebas ACCUTEK, en estos elementos se aplicó una carga distribuida tal como se indica en la Figura 3.5.3\_1. Así mismo la carga se aplicó uniformemente hasta que fallen los elementos.



**Figura 3.5.3\_1. Montaje de las losas en la máquina de prueba.  
Fuente: El Autor**



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN



## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PARA LOS AGREGADOS

#### 4.1.1 Árido fino

Según el ensayo de granulometría el módulo de finura para el árido fino es 4.58.

A continuación se presenta un cuadro de las características del agregado fino, la misma que servirá para la dosificación del concreto.

**Cuadro 2.2\_1. Características del Agregado Fino**

ARIDO FINO	VALOR	UNIDAD
CONTENIDO DE HUMEDAD	2,560	%
MASA UNITARIA (DENSIDAD APARENTE) SUELTA	1657	Kg/m <sup>3</sup>
MASA UNITARIA (DENSIDAD APARENTE) COMPACTADA	1738	Kg/m <sup>3</sup>
MODULO DE FINURA	4,580	
DENSIDAD REAL	2,654	gr/cm <sup>3</sup>
DENSIDAD SECA	2,623	gr/cm <sup>3</sup>
DENSIDAD APARENTE	2,707	gr/cm <sup>3</sup>
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	1,194	%

Fuente: El Autor (Laboratorio de resistencia de materiales, U.T.P.L. Loja)

#### 4.1.2 Árido grueso

Según el ensayo de granulometría el agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 19 mm.



A continuación se presenta un cuadro de las características del agregado grueso, la misma que servirá para la dosificación del concreto.

**Cuadro 2.2\_2. Características del Agregado Grueso**

<b>ARIDO GRUESO</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
CONTENIDO DE HUMEDAD	0,000	%
MASA UNITARIA (DENSIDAD APARENTE) SUELTA	1593	Kg/cm <sup>3</sup>
MASA UNITARIA (DENSIDAD APARENTE) COMPACTADA	1671	Kg/cm <sup>3</sup>
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	19,00	mm
DENSIDAD REAL	2,251	gr/cm <sup>3</sup>
DENSIDAD SECA	2,209	gr/cm <sup>3</sup>
DENSIDAD APARENTE	2,306	gr/cm <sup>3</sup>
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	1,917	%

**Fuente: El Autor (Laboratorio de resistencia de materiales, U.T.P.L. Loja)**

## **4.2 RESUMEN DE LAS DOSIFICACIONES.**

Como se mencionó anteriormente la dosificación se realizó mediante el método ACI para un esfuerzo a compresión a los 28 días de  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ , los resúmenes de las dosificaciones para los diferentes elementos se presentan en los cuadros 4.2.\_1 a 4.2.\_4.

Cabe señalar que se realizaron mezclas para confeccionar 3 elementos por cada cochada.





**Cuadro 4.2\_1. Resumen de la dosificación para vigas**

<b>Material</b>	<b>Dosificación corregida (Kgf/m3)</b>	<b>Dosificación peso 3 vigas (Kgf)</b>
Agregado grueso	739	33,07
Agregado fino	858	38,42
Agua	208	9,32
Cemento	366	16,38

Fuente: El Autor

**Cuadro 4.2\_2. Resumen de la dosificación para columnas de sección cuadrada.**

<b>Material</b>	<b>Dosificación corregida (Kgf/m3)</b>	<b>Dosificación peso 3 columnas (Kgf)</b>
Agregado grueso	739	19,46
Agregado fino	858	22,58
Agua	208	5,46
Cemento	366	9,63

Fuente: El Autor

**Cuadro 4.2\_3. Resumen de la dosificación para columnas de sección circular.**

<b>Material</b>	<b>Dosificación corregida (Kgf/m3)</b>	<b>Dosificación peso 3 columnas (Kgf)</b>
Agregado grueso	739	15,29
Agregado fino	858	17,75
Agua	208	4,29
Cemento	366	7,57

Fuente: El Autor



#### **Cuadro 4.2\_4. Resumen de la dosificación para losas**

<b>Material</b>	<b>Dosificación corregida (Kgf/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Dosificación peso 3 losas (Kgf)</b>
Agregado grueso	739	12,99
Agregado fino	858	15,05
Agua	208	3,67
Cemento	366	6,44

Fuente: El Autor

### **4.3 FALLAS DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES**

#### **4.3.1 VIGAS.**

De acuerdo a las pruebas realizadas a estos elementos se puede observar que las fallas que se desencadenan por la falta de recubrimiento son:

##### **a) Fisuras longitudinales en dirección de la armadura**

En la Figura 4.3.1\_1 se puede observar que las fisuras se producen longitudinalmente en dirección de la armadura, este tipo de falla se debe a que existe una deficiente transferencia de tensiones entre el hormigón –acero por la falta de recubrimiento.

Debido a que la dirección de estas fisuras coincide con la del refuerzo, exponen a la armadura en toda su longitud y resultan peligrosas sobre todo desde el punto de vista de la durabilidad de la estructura.



**Figura 4.3.1\_1. Viga sin recubrimiento**  
Fuente: El Autor

En la Figura 4.3.1\_2 se puede apreciar que aun el recubrimiento es insuficiente ya que aún se presentan las fisuras longitudinales en dirección de la armadura. Mientras que en la Figura 4.3.1\_3 se pudo observa que un apropiado recubrimiento retrasa la aparición de fisuras en la superficie.



**Figura 4.3.1\_2. Viga con un centímetro de recubrimiento**  
Fuente: El Autor



**Figura 4.3.1\_3. Viga con 2.5 centímetros de recubrimiento**  
Fuente: El Autor.

#### **b) Deslizamiento de la armadura respecto al hormigón**

En la Figura 4.3.1\_4 se puede observar este tipo de falla, el cual consiste en el deslizamiento físico de la barra embebida en el hormigón. Si el recubrimiento es insuficiente o nulo, no existirá una adecuada adherencia entre el hormigón y el acero, lo que generará que las barras se deslicen.



**Figura 4.3.1\_4. Deslizamiento de las barras en elementos sin recubrimientos**  
Fuente: El Autor.



### c) Desprendimiento del hormigón

En la Figura 4.3.1\_5 se puede apreciar que este tipo de falla se produce en las aristas de los elementos que tienen un recubrimiento nulo, inmediatamente al momento de desencofrar dichos elementos.



**Figura 4.3.1\_5. Desprendimiento del hormigón en las aristas de los elementos**  
Fuente: El Autor.

### 4.3.2 COLUMNAS

Como se puede observar en la Figura 4.3.2\_1 si una columna con recubrimiento insuficiente o nulo se carga hasta que falle, parte del recubrimiento de concreto se desprenderá y las barras longitudinales se pandearán inmediatamente al desaparecer su soporte (el recubrimiento de concreto), quedando así las barras longitudinales fuera de la sección de la columna.

El pandeo de las barras longitudinales en las columnas con un recubrimiento apropiado es mínimo como se puede apreciar en la Figura 4.3.2\_2, esto debido a que existe una adecuada transferencia de tensiones entre el hormigón y el acero, esto hace que el recubrimiento funcione como un soporte para evitar que las barras tiendan a pandearse.



**Figura 4.3.2\_1. Pandeo de las barras longitudinales en elementos con recubrimiento insuficiente o nulo.  
Fuente: El Autor.**



**Figura 4.3.2\_2. Pandeo de las barras longitudinales en elementos con recubrimientos apropiados.  
Fuente: El Autor.**

Cuando las columnas zunchadas con recubrimiento insuficiente o nulo se cargan hasta fallar, la situación es muy diferente, el recubrimiento del concreto se desprende inmediatamente pero el núcleo permanece de pie (Figura 4.3.2\_3). El desprendimiento del hormigón se da por la tensión de aro que se produce en las espirales debido a la presión lateral del núcleo.



Mientras que en las columnas zunchadas con un recubrimiento apropiado este no se desprende rápidamente o no se desprende en su totalidad como se aprecia en la Figura 4.3.2\_4.



**Figura 4.3.2\_3. Desprendimiento inmediato del hormigón en elementos con recubrimiento insuficiente o nulo.**  
Fuente: El Autor.



**Figura 4.3.2\_3. Desprendimiento del hormigón en elementos con recubrimiento apropiado**  
Fuente: El Autor.





### 4.3.3 LOSAS.

Como se aprecia en la figura 4.3.3\_1(a), si una losa con un recubrimiento insuficiente o nulo se carga hasta que falle, el recubrimiento de hormigón se desprende con facilidad, no así en las losas que presentan un apropiado recubrimiento como se muestra en la Figura 4.3.3\_1 (b)



(a)



(b)

**Figura 4.3.2\_3. Desprendimiento del hormigón en losas (a) losa con recubrimiento insuficiente, (b) losa con recubrimiento apropiado.**

**Fuente: El Autor.**

## 4.4 RESULTADOS DE PRUEBAS DE RESISTENCIA

Con el propósito de poder observar e interpretar de una manera clara el comportamiento de los elementos, se realizaron una serie de combinaciones, relacionando así:

- Elementos con igual recubrimiento y diferente tipo de estribos.
- Elementos con diferente recubrimiento e igual tipo de estribos.
- Elementos con diferente recubrimiento y diferente tipo de estribos.

A continuación se presentan los resultados de todos los elementos ensayados con su respectivo análisis.





## 4.4.1 Vigas.

### 4.4.1.1 Comparación entre vigas de igual recubrimiento con diferente tipo de estribos.

#### Combinación 1

Días	Nº Viga	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	15,0	15,0	51,0	3201	31,4
		14,9	14,9	51,2		
	2	15,0	15,0	51,0	3160	31,0
		14,9	14,9	51,5		

Tabla 4.4.1.1\_1(a) Cero recubrimiento y estribos Tipo I

Días	Nº Viga	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	15,0	15,0	51,0	3231	31,7
		14,9	14,9	51,2		
	2	15,0	15,0	51,0	3201	31,4
		14,9	14,9	51,5		

Tabla 4.4.1.1\_1 (b) Cero recubrimiento y estribos Tipo II

(a)	(b)	Incremento	%
31.20	31.55	0.35	1.1

Tabla 4.4.1.1\_1 (c) Incremento en la capacidad de carga

Se puede observar que la carga que soportan las vigas es similar, el efecto de los estribos es el mismo ya que no existe confinamiento del hormigón por el acero transversal de refuerzo.

**Combinación 2**

Días	Nº Viga	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	15,2	14,7	51,0	3415	33,5
		15,0	15,2	51,2		
	2	14,9	14,9	51,1	3364	33,0
		15,0	15,1	51,0		

Tabla 4.4.1.1\_2 (a) Un centímetro de recubrimiento y estribos Tipo I

Días	Nº Viga	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	15,0	15,0	51,1	3476	34,1
		14,9	15,0	51,5		
	2	15,2	15,0	51,0	3547	34,8
		15,0	15,0	51,2		

Tabla 4.4.1.1\_2 (b) Un centímetro de recubrimiento y estribos Tipo II

(a)	(b)	Incremento	%
33.25	34.45	1.2	3.5

Tabla 4.4.1.1\_2 (c) Incremento en la capacidad de carga

Las vigas con estribos tipo II soportan más carga que las vigas con estribos tipo I, debido a que la doble de los estribos tipo I no es el adecuado estos pierden su configuración y su función de confinamiento lo que origina que la viga pierda su capacidad de carga.

**Combinación 3.**

Días	Nº Viga	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	15,4	15,2	51,0	3496	34,3
		15,1	15,0	51,2		
	2	15,3	15,0	51,1	3558	34,9
		15,0	15,1	51,0		

Tabla 4.4.1.1\_3 (a) 2.5 centímetros de recubrimiento y estribos Tipo I

Días	Nº Viga	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	15,4	15,0	51,2	3649	35,8
		15,5	15,0	51,2		
	2	15,0	15,1	51,0	3598	35,3
		15,2	15,2	50,9		

Tabla 4.4.1.1\_3 (b) 2.5 centímetros de recubrimiento y estribos Tipo II

(a)	(b)	Incremento	%
34.60	35.55	0.95	2.7

Tabla 4.4.1.1\_3 (c) Incremento en la capacidad de carga

Debido a que el doblar del estribo así como el recubrimiento es el apropiado existe un adecuado confinamiento entre el hormigón y el acero por lo que la capacidad de carga de la viga aumenta notablemente.



#### 4.4.1.2 Comparación entre vigas de diferente recubrimiento con el mismo tipo de estribos.

##### Combinación 4.

Días	Nº Viga	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	15,0	15,0	51,0	3201	31,4
		14,9	14,9	51,2		
	2	15,0	15,0	51,0	3160	31,0
		14,9	14,9	51,5		

Tabla 4.4.1.2\_1(a) Cero centímetros de recubrimiento y estribos Tipo I

Días	Nº Viga	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	2	15,2	14,7	51,0	3415	33,5
		15,0	15,2	51,2		
	3	14,9	14,9	51,1	3364	33,0
		15,0	15,1	51,0		

Tabla 4.4.1.2\_1 (b) Un centímetro de recubrimiento y estribos Tipo I

(a)	(b)	Incremento	%
31.20	33.25	2.05	6.2

Tabla 4.4.1.2\_1 (c) Incremento en la capacidad de carga

A pesar de que el recubrimiento es aún insuficiente, la capacidad de carga de la viga aumenta en función del mismo, ya que empieza a existir una adecuada transferencia de tensiones entre el hormigón y el acero.

**Combinación 5.**

Días	Nº Viga	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	15,0	15,0	51,0	3231	31,7
		14,9	14,9	51,2		
	2	15,0	15,0	51,0	3201	31,4
		14,9	14,9	51,5		

Tabla 4.4.1.2\_2(a) Cero centímetros de recubrimiento y estribos Tipo II

Días	Nº Viga	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	15,0	15,0	51,1	3476	34,1
		14,9	15,0	51,5		
	2	15,2	15,0	51,0	3547	34,8
		15,0	15,0	51,2		

Tabla 4.4.1.2\_2 (b) Un centímetro de recubrimiento y estribos Tipo II

(a)	(b)	Incremento	%
31.55	34.45	2.9	8.4

Tabla 4.4.1.2\_2 (c) Incremento en la capacidad de carga

Como se puede observar si la viga posee un adecuado tipo de estribos, pero no presenta un adecuado recubrimiento, la capacidad de carga de la viga es menor, con respecto a la que tiene mejor recubrimiento. La capacidad de carga de la viga aumenta en función del recubrimiento.

**Combinación 6.**

Días	Nº Viga	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	15,0	15,0	51,0	3201	31,4
		14,9	14,9	51,2		
	2	15,0	15,0	51,0	3160	31,0
		14,9	14,9	51,5		

Tabla 4.4.1.2\_3 (a) Cero centímetros de recubrimiento y estribos Tipo I

Días	Nº Viga	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	2	15,4	15,2	51,0	3496	34,3
		15,1	15,0	51,2		
	3	15,3	15,0	51,1	3558	34,9
		15,0	15,1	51,0		

Tabla 4.4.1.2\_3 (b) 2.5 centímetros de recubrimiento y estribos Tipo I

(a)	(b)	Incremento	%
31.20	34.60	3.4	9.8

Tabla 4.4.1.2\_3 (c) Incremento en la capacidad de carga

Como se mencionó ya anteriormente al considerar un adecuado recubrimiento, la viga aumenta su capacidad de carga ya que existe una adecuada transferencia de tensiones entre el hormigón y el acero.

**Combinación 7.**

Días	Nº Viga	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	15,0	15,0	51,0	3231	31,7
		14,9	14,9	51,2		
	2	15,0	15,0	51,0	3201	31,4
		14,9	14,9	51,5		

Tabla 4.4.1.2\_4 (a) Cero centímetros de recubrimiento y estribos Tipo II

Días	Nº Viga	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	15,4	15,0	51,2	3649	35,8
		15,5	15,0	51,2		
	2	15,0	15,1	51,0	3598	35,3
		15,2	15,2	50,9		

Tabla 4.4.1.2\_4 (b) 2.5 centímetros de recubrimiento y estribos Tipo II

(a)	(b)	Incremento	%
31.55	35.55	4.0	11.3

Tabla 4.4.1.2\_4 (c) Incremento en la capacidad de carga

La capacidad de carga de la viga aumenta notablemente con el recubrimiento ya que existe una adecuada transferencia de tensiones entre el hormigón y el acero.



### Combinación 8.

Días	Nº Viga	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	2	15,2	14,7	51,0	3415	33,5
		15,0	15,2	51,2		
	3	14,9	14,9	51,1	3364	33,0
		15,0	15,1	51,0		

Tabla 4.4.1.2\_5 (a) Un centímetro de recubrimiento y estribos Tipo I

Días	Nº Viga	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	2	15,4	15,2	51,0	3496	34,3
		15,1	15,0	51,2		
	3	15,3	15,0	51,1	3558	34,9
		15,0	15,1	51,0		

Tabla 4.4.1.2\_5 (b) 2.5 centímetros de recubrimiento y estribos Tipo I

(a)	(b)	Incremento	%
33.25	34.60	1.35	3.9

Tabla 4.4.1.2\_5 (c) Incremento en la capacidad de carga

La capacidad de carga de una viga con escaso recubrimiento es baja en comparación con una viga que presenta un adecuado recubrimiento.



**Combinación 9.**

Días	Nº Viga	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	15,0	15,0	51,1	3476	34,1
		14,9	15,0	51,5		
	2	15,2	15,0	51,0	3547	34,8
		15,0	15,0	51,2		

Tabla 4.4.1.2\_6 (a) Un centímetro de recubrimiento y estribos Tipo II

Días	Nº Viga	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	15,4	15,0	51,2	3649	35,8
		15,5	15,0	51,2		
	2	15,0	15,1	51,0	3598	35,3
		15,2	15,2	50,9		

Tabla 4.4.1.2\_6 (b) 2.5 centímetros de recubrimiento y estribos Tipo II

(a)	(b)	Incremento	%
34.45	35.55	1.1	3.1

Tabla 4.4.1.2\_6 (c) Incremento en la capacidad de carga

El recubrimiento aun es escaso, por lo que la capacidad de carga de la viga disminuye, mientras que con un mayor recubrimiento la capacidad de carga de la viga aumenta.



#### 4.4.1.3 Comparación entre vigas de diferente recubrimiento y diferente tipo de estribos.

##### Combinación 10.

Días	Nº Viga	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	15,0	15,0	51,0	3201	31,4
		14,9	14,9	51,2		
	2	15,0	15,0	51,0	3160	31,0
		14,9	14,9	51,5		

Tabla 4.4.1.3\_1 (a) Cero centímetros de recubrimiento y estribos Tipo I

Días	Nº Viga	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	15,0	15,0	51,1	3476	34,1
		14,9	15,0	51,5		
	2	15,2	15,0	51,0	3547	34,8
		15,0	15,0	51,2		

Tabla 4.4.1.3\_1 (b) Un centímetro de recubrimiento y estribos Tipo II

(a)	(b)	Incremento	%
31.20	34.45	3.25	9.4

Tabla 4.4.1.3\_1 (c) Incremento en la capacidad de carga

Aunque el recubrimiento aun es escaso se puede observar que la capacidad de carga de las vigas aumenta notablemente en función del recubrimiento y del tipo de estribos.



### Combinación 11.

Días	Nº Viga	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	15,0	15,0	51,0	3201	31,4
		14,9	14,9	51,2		
	2	15,0	15,0	51,0	3160	31,0
		14,9	14,9	51,5		

Tabla 4.4.1.3\_2 (a) Cero centímetros de recubrimiento y estribos Tipo I

Días	Nº Viga	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	15,4	15,0	51,2	3649	35,8
		15,5	15,0	51,2		
	2	15,0	15,1	51,0	3598	35,3
		15,2	15,2	50,9		

Tabla 4.4.1.3\_2 (b) 2.5 centímetros de recubrimiento y estribos Tipo II

(a)	(b)	Incremento	%
31.20	35.55	4.35	12.3

Tabla 4.4.1.3\_2 (c) Incremento en la capacidad de carga

A diferencia de la combinación anterior se puede observar que la capacidad de carga de la viga aumenta aún más si se tiene un adecuado recubrimiento y el tipo de estribos es el correcto.

**Combinación 12.**

Días	Nº Viga	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	2	15,2	14,7	51,0	3415	33,5
		15,0	15,2	51,2		
	3	14,9	14,9	51,1	3364	33,0
		15,0	15,1	51,0		

Tabla 4.4.1.3\_3 (a) Un centímetro de recubrimiento y estribos Tipo I

Días	Nº Viga	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	15,4	15,0	51,2	3649	35,8
		15,5	15,0	51,2		
	2	15,0	15,1	51,0	3598	35,3
		15,2	15,2	50,9		

Tabla 4.4.1.3\_3 (b) 2.5 centímetros de recubrimiento y estribos Tipo II

(a)	(b)	Incremento	%
33.25	35.55	2.3	6.5

Tabla 4.4.1.3\_3 (c) Incremento en la capacidad de carga

Si el recubrimiento es escaso y no se tiene un correcto tipo de estribo, la capacidad de carga de la viga disminuye, por el contrario si el recubrimiento y el tipo de estribo son adecuados la capacidad de la viga aumenta notablemente.



#### 4.4.1.4 Diferencia de capacidad de carga en vigas

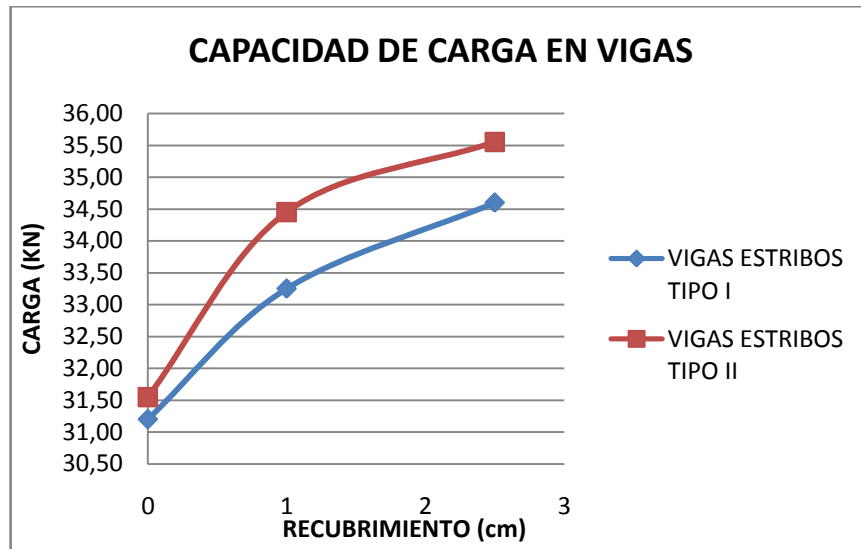


Grafico 4.4.1.4\_1 Diferencia de capacidad de carga en vigas

Los datos presentados en las tablas anteriores se pueden resumir en el Grafico 4.4.1.4\_1 donde se puede observar claramente que la capacidad resistente de las vigas aumenta notablemente en función del recubrimiento así como del tipo de refuerzo transversal empleado.



## 4.4.2 Columnas de sección cuadrada.

### 4.4.2.1 Comparación entre columnas de igual recubrimiento con diferente tipo de estribos.

#### Combinación 1.

Días	Nº Columna	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	14,7	15,0	30,6	37533	368,2
		14,7	14,9	30,8		
	2	14,8	14,9	30,2	37645	369,3
		15,2	14,8	30,2		

Tabla 4.4.2.1\_1 (a) Cero centímetros de recubrimiento y estribos Tipo I

Días	Nº Columna	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	15,1	14,9	30,3	37696	369,8
		15,1	15,2	30,6		
	2	15,0	15,0	30,3	37778	370,6
		14,9	15,1	30,3		

Tabla 4.4.2.1\_1 (b) Cero centímetros de recubrimiento y estribos Tipo II

(a)	(b)	Incremento	%
368.75	370.20	1.45	0.4

Tabla 4.4.2.1\_1 (c) Incremento en la capacidad de carga



La capacidad de carga de las columnas es similar ya que no existe una adecuada transferencia de tensiones entre el hormigón y el acero y el tipo de estribo no influye ya que no existe un adecuado confinamiento.

**Combinación 2.**

Días	Nº Columna	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	15,0	15,2	30,4	46626	457,4
		15,1	14,9	30,4		
	2	15,0	15,0	30,4	46860	459,7
		14,8	15,2	30,7		

Tabla 4.4.2.1\_2 (a) Un centímetro de recubrimiento y estribos Tipo I

Días	Nº Columna	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	15,0	15,1	30,4	47136	462,4
		15,1	15,2	30,5		
	2	15,0	14,9	30,3	47064	461,7
		15,1	15,0	30,3		

Tabla 4.4.2.1\_2 (b) Un centímetro de recubrimiento y estribos Tipo II

(a)	(b)	Incremento	%
458.55	462.05	3.5	0.8

Tabla 4.4.2.1\_2 (c) Incremento en la capacidad de carga

A pesar que aun el recubrimiento es escaso, la capacidad de carga aumenta en función del tipo de estribo, esto se debe a que la los ganchos de los estribos quedan embebidos en el hormigón y esto hace que los estribos no pierdan su configuración y por ende su función de confinamiento.

**Combinación 3.**

Días	Nº Columna	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	14,5	14,5	30,0	52864	518,6
		14,3	14,7	30,0		
	2	14,8	14,8	30,1	53007	520,0
		14,7	14,8	30,3		

Tabla 4.4.2.1\_3 (a) 2.5 centímetros de recubrimiento y estribos Tipo I

Días	Nº Columna	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	15,1	15,1	30,2	53323	523,1
		15,1	15,3	30,3		
	2	15,3	15,2	30,4	53242	522,3
		15,2	15,1	30,3		

Tabla 4.4.2.1\_3 (b) 2.5 centímetros de recubrimiento y estribos Tipo II

(a)	(b)	Incremento	%
519.30	522.7	3.4	0.7

Tabla 4.4.2.1\_3 (c) Incremento en la capacidad de carga

La capacidad de carga de las columnas aumenta con un adecuado recubrimiento y tipo de estribo, ya que existe una adecuada transferencia de tensiones así como un adecuado confinamiento entre el hormigón y el acero.





#### 4.4.2.2 Comparación entre columnas de diferente recubrimiento con el mismo tipo de estribos.

##### Combinación 4.

Días	Nº Columna	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	14,7	15,0	30,6	37696	369,8
		14,7	14,9	30,8		
	2	14,8	14,9	30,2	37778	370,6
		15,2	14,8	30,2		

Tabla 4.4.2.2\_1 (a) Cero centímetros de recubrimiento y estribos Tipo I

Días	Nº Columna	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	15,0	15,2	30,4	46626	457,4
		15,1	14,9	30,4		
	2	15,0	15,0	30,4	46860	459,7
		14,8	15,2	30,7		

Tabla 4.4.2.2\_1 (b) Un centímetro de recubrimiento y estribos Tipo I

(a)	(b)	Incremento	%
370.20	458.55	88.35	19.3

Tabla 4.4.2.2\_1 (c) Incremento en la capacidad de carga

A pesar que el recubrimiento es escaso, la capacidad de carga aumenta en función del mismo ya que empieza a existir transferencia de tensiones entre el hormigón y el acero.

**Combinación 5.**

Días	Nº Columna	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	15,1	14,9	30,3	37533	368,2
		15,1	15,2	30,6		
	2	15,0	15,0	30,3	37645	369,3
		14,9	15,1	30,3		

Tabla 4.4.2.2\_2 (a) Cero centímetros de recubrimiento y estribos Tipo II

Días	Nº Columna	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	15,0	15,1	30,4	47136	462,4
		15,1	15,2	30,5		
	2	15,0	14,9	30,3	47064	461,7
		15,1	15,0	30,3		

Tabla 4.4.2.2\_2 (b) Un centímetro de recubrimiento y estribos Tipo II

(a)	(b)	Incremento	%
368.75	462.05	93.3	20.2

Tabla 4.4.2.2\_2 (c) Incremento en la capacidad de carga

Como se menciona ya anteriormente la capacidad de carga de las columnas aumenta en función del recubrimiento, debido a la adecuada transferencia de tensiones entre el hormigón y el acero.

**Combinación 6.**

Días	Nº Columna	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	14,7	15,0	30,6	37696	369,8
		14,7	14,9	30,8		
	2	14,8	14,9	30,2	37778	370,6
		15,2	14,8	30,2		

Tabla 4.4.2.2\_3 (a) Cero centímetros de recubrimiento y estribos Tipo I

Días	Nº Columna	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	14,5	14,5	30,0	52864	518,6
		14,3	14,7	30,0		
	2	14,8	14,8	30,1	53007	520,0
		14,7	14,8	30,3		

Tabla 4.4.2.2\_3 (b) 2.5 centímetros de recubrimiento y estribos Tipo I

(a)	(b)	Incremento	%
370.20	519.3	149.1	28.7

Tabla 4.4.2.2\_3 (c) Incremento en la capacidad de carga

La capacidad de carga de la columna aumenta notablemente al tener un adecuado recubrimiento.

**Combinación 7.**

Días	Nº Columna	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	15,1	14,9	30,3	37533	368,2
		15,1	15,2	30,6		
	2	15,0	15,0	30,3	37645	369,3
		14,9	15,1	30,3		

Tabla 4.4.2.2\_4 (a) Cero centímetros de recubrimiento y estribos Tipo II

Días	Nº Columna	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	15,1	15,1	30,2	53323	523,1
		15,1	15,3	30,3		
	2	15,3	15,2	30,4	53242	522,3
		15,2	15,1	30,3		

Tabla 4.4.2.2\_4 (b) 2.5 centímetros de recubrimiento y estribos Tipo II

(a)	(b)	Incremento	%
368.75	522.7	153.95	29.5

Tabla 4.4.2.2\_4 (c) Incremento en la capacidad de carga

La capacidad de carga de la columna aumenta notablemente al tener un adecuado recubrimiento, debido a la excelente transferencia de tensiones entre el hormigón y el acero.

**Combinación 8.**

Días	Nº Columna	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	15,0	15,2	30,4	46626	457,4
		15,1	14,9	30,4		
	2	15,0	15,0	30,4	46860	459,7
		14,8	15,2	30,7		

Tabla 4.4.2.2\_5 (a) Un centímetro de recubrimiento y estribos Tipo I

Días	Nº Columna	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	14,5	14,5	30,0	52864	518,6
		14,3	14,7	30,0		
	2	14,8	14,8	30,1	53007	520,0
		14,7	14,8	30,3		

Tabla 4.4.2.2\_5 (b) 2.5 centímetros de recubrimiento y estribos Tipo I

(a)	(b)	Incremento	%
458.55	519.3	60.75	11.7

Tabla 4.4.2.2\_5 (c) Incremento en la capacidad de carga

La capacidad de carga de columnas con un escaso recubrimiento es baja en comparación con las columnas que presentan un adecuado recubrimiento.

**Combinación 9.**

Días	Nº Columna	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	15,0	15,1	30,4	47136	462,4
		15,1	15,2	30,5		
	2	15,0	14,9	30,3	47064	461,7
		15,1	15,0	30,3		

Tabla 4.4.2.2\_6 (a) Un centímetro de recubrimiento y estribos Tipo II

Días	Nº Columna	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	15,1	15,1	30,2	53323	523,1
		15,1	15,3	30,3		
	2	15,3	15,2	30,4	53242	522,3
		15,2	15,1	30,3		

Tabla 4.4.2.2\_6 (b) 2.5 centímetros de recubrimiento y estribos Tipo II

(a)	(b)	Incremento	%
462.05	522.7	60.65	11.6

Tabla 4.4.2.2\_6 (c) Incremento en la capacidad de carga

La capacidad de carga de las columnas aumenta con un adecuado recubrimiento, mientras que con un recubrimiento escaso la capacidad de carga disminuye.



#### 4.4.2.3 Comparación entre columnas de diferente recubrimiento y diferente tipo de estribos.

##### Combinación 10.

Días	Nº Columna	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	14,7	15,0	30,6	37696	369,8
		14,7	14,9	30,8		
	2	14,8	14,9	30,2	37778	370,6
		15,2	14,8	30,2		

Tabla 4.4.2.3\_1 (a) Cero centímetros de recubrimiento y estribos Tipo I

Días	Nº Columna	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	15,0	15,1	30,4	47136	462,4
		15,1	15,2	30,5		
	2	15,0	14,9	30,3	47064	461,7
		15,1	15,0	30,3		

Tabla 4.4.2.3\_1 (b) Un centímetro de recubrimiento y estribos Tipo II

(a)	(b)	Incremento	%
370.20	462.05	91.85	19.9

Tabla 4.4.2.3\_1 (c) Incremento en la capacidad de carga

Pese a que el recubrimiento es aun escaso la capacidad de carga de las columnas aumenta en función del recubrimiento y del tipo de estribos, la adecuada doblez de los estribos hacen que estos no pierdan su configuración y por ende su función de confinamiento.

**Combinación 11.**

Días	Nº Columna	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	14,7	15,0	30,6	37696	369,8
		14,7	14,9	30,8		
	2	14,8	14,9	30,2	37778	370,6
		15,2	14,8	30,2		

Tabla 4.4.2.3\_2 (a) Cero centímetros de recubrimiento y estribos Tipo I

Días	Nº Columna	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	15,1	15,1	30,2	53323	523,1
		15,1	15,3	30,3		
	2	15,3	15,2	30,4	53242	522,3
		15,2	15,1	30,3		

Tabla 4.4.2.3\_2 (a) 2.5 centímetros de recubrimiento y estribos Tipo II

(a)	(b)	Incremento	%
370.20	522.70	152.5	29.2

Tabla 4.4.2.3\_2 (c) Incremento en la capacidad de carga

Al tener un adecuado recubrimiento así como el tipo de estribo, la capacidad de carga de la columna aumenta notablemente, esto se debe a la adecuada transferencia de tensiones y confinamiento que existe entre el hormigón y el acero.



**Combinación 12.**

Días	Nº Columna	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	15,0	15,2	30,4	46626	457,4
		15,1	14,9	30,4		
	2	15,0	15,0	30,4	46860	459,7
		14,8	15,2	30,7		

Tabla 4.4.2.3\_3 (a) Un centímetro de recubrimiento y estribos Tipo I

Días	Nº Columna	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	15,1	15,1	30,2	53323	523,1
		15,1	15,3	30,3		
	2	15,3	15,2	30,4	53242	522,3
		15,2	15,1	30,3		

Tabla 4.4.2.3\_3 (b) 2.5 centímetros de recubrimiento y estribos Tipo II

(a)	(b)	Incremento	%
458.55	522.70	64.15	12.3

Tabla 4.4.2.3\_1 (c) Incremento en la capacidad de carga

Al tener un escaso recubrimiento y un tipo de estribos inapropiados hacen que exista una deficiente transferencia de tensiones entre el hormigón-acero, esto hace que la capacidad de carga de la columna disminuya. Por el contrario si se tiene un adecuado recubrimiento y tipo de estribos la capacidad de carga de las columnas aumenta notablemente.



#### 4.4.2.4 Diferencia de capacidad de carga en columnas cuadradas

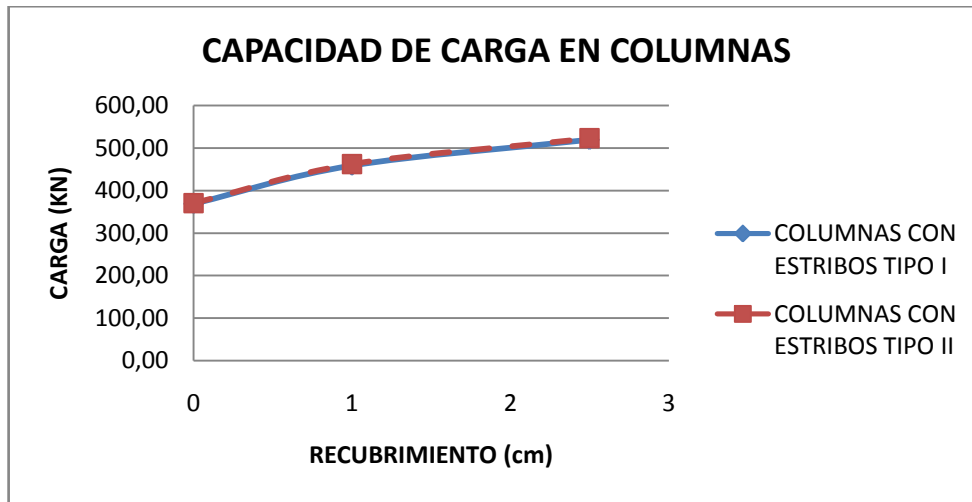


Grafico 4.4.2.4\_1 Diferencia de capacidad de carga en columnas cuadradas

Los datos presentados en las tablas anteriores se pueden resumir en el Grafico 4.4.2.4\_1 donde se puede observar claramente que la capacidad resistente de las columnas de sección cuadrada aumenta notablemente en función del recubrimiento así como del tipo de refuerzo transversal empleado.



### 4.4.3 Columnas de sección circular.

#### Combinación 1.

Días	Nº Columna	Diámetro (pulg)	Altura (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	5,846	30,0	25423	249,4
		5,897	30,0		
			30,0		
	2	5,916	30,4	28043	275,1
		5,927	30,5		
			30,7		

Tabla 4.4.3\_1 (a) Cero centímetros de recubrimiento

Días	Nº Columna	Diámetro (pulg)	Altura (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	5,911	30,2	34343	336,9
		5,904	30,0		
			29,9		
	2	5,819	30,2	34546	338,9
		5,879	30,0		
			30,4		

Tabla 4.4.3\_1 (b) Un centímetro de recubrimiento

(a)	(b)	Incremento	%
262.25	337.90	75.65	22.4

Tabla 4.4.3\_1 (c) Incremento en la capacidad de carga

Pese a que el recubrimiento es aun escaso se puede observar que la capacidad de carga de las columnas aumenta en función del recubrimiento, esto se debe a que al tener un recubrimiento existe ya un efecto de confinamiento del concreto, lo que hace que su capacidad resistente mejore.



## Combinación 2.

Días	Nº Columna	Diámetro (pulg)	Altura (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	5,846	30,0	25423	249,4
		5,897	30,0		
			30,0		
	2	5,916	30,4	28043	275,1
		5,927	30,5		
			30,7		

Tabla 4.4.3\_2 (a) Cero centímetros de recubrimiento

Días	Nº Columna	Diámetro (pulg)	Altura (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	5,950	29,8	42813	420,0
		5,860	29,6		
			30,0		
	2	5,907	30,5	42202	414,0
		5,981	30,0		
			30,5		

Tabla 4.4.3\_2 (b) 2.5 centímetros de recubrimiento

(a)	(b)	Incremento	%
262.25	417.00	154.75	37.1

Tabla 4.4.3\_2 (c) Incremento en la capacidad de carga

Al tener un adecuado recubrimiento, la capacidad de carga de la columna aumenta notablemente, esto se debe a que el zunchado funciona como una jaula, la cual confina el hormigón que permanece en su interior formando un núcleo, el cual es capaz de resistir una apreciable cantidad de carga, más allá de la carga que origina el desprendimiento de hormigón.



### Combinación 3.

Días	Nº Columna	Diámetro (pulg)	Altura (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	5,911	30,2	34343	336,9
		5,904	30,0		
			29,9		
	2	5,819	30,2	34546	338,9
		5,879	30,0		
			30,4		

Tabla 4.4.3\_3 (a) Un centímetro de recubrimiento

Días	Nº Columna	Diámetro (pulg)	Altura (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	5,950	29,8	42813	420,0
		5,860	29,6		
			30,0		
	2	5,907	30,5	42202	414,0
		5,981	30,0		
			30,5		

Tabla 4.4.3\_3 (b) 2.5 centímetros de recubrimiento

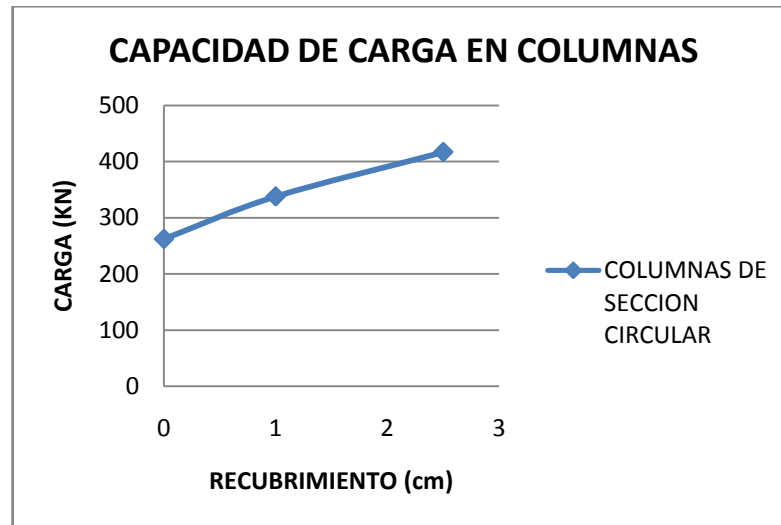
(a)	(b)	Incremento	%
337.90	417.00	79.1	19.0

Tabla 4.4.3\_3 (c) Incremento en la capacidad de carga

Como ya se dijo anteriormente un escaso recubrimiento no provee un confinamiento adecuado del concreto, lo que hace que el recubrimiento se desprenda y falle la columna. Por el contrario si la columna presenta un adecuado recubrimiento aumenta notablemente su capacidad resistente.



#### 4.4.3.1 Diferencia de capacidad de carga en columnas circulares



**Grafico 4.4.3.1\_1 Diferencia de capacidad de carga en columnas circulares**

Los datos presentados en las tablas anteriores se pueden resumir en el Grafico 4.4.3.1\_1 donde se puede observar claramente que la capacidad resistente de las columnas de sección circular aumenta notablemente en función del recubrimiento.



## 4.4.4 Losas

### Combinación 1

Días	Nº Losa	Ancho (cm)	Largo (cm)	Espesor (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	29,9	30,0	5,4	1244	12,20
		30,0	30,1	5,4		
	2	30,2	30,1	5,6	1223	12,00
		30,1	30,1	5,3		

Tabla 4.4.4\_1 (a) Cero centímetros de recubrimiento

Días	Nº Losa	Ancho (cm)	Largo (cm)	Espesor (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
	1	29,9	30,0	5,2	1519	14,90
		29,8	29,8	5,5		
	2	30,0	29,9	5,0	1417	13,90
		30,0	29,9	5,2		

Tabla 4.4.4\_1 (b) Un centímetro de recubrimiento

(a)	(b)	Incremento	%
12.10	14.40	2.3	16.0

Tabla 4.4.4\_1 (c) Incremento en la capacidad de carga

La capacidad resistente aumenta en función del recubrimiento, pese a que el recubrimiento aun es escaso.



### Combinación 2.

Días	Nº Losa	Ancho (cm)	Largo (cm)	Espesor (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	29,9	30,0	5,4	1244	12,20
		30,0	30,1	5,4		
	2	30,2	30,1	5,6	1223	12,00
		30,1	30,1	5,3		

Tabla 4.4.4\_2 (a) Cero centímetros de recubrimiento

Días	Nº Losa	Ancho (cm)	Largo (cm)	Espesor (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	30,2	30,0	5,2	1529	15,00
		30,3	29,9	5,2		
	2	30,0	30,0	5,0	1570	15,40
		29,9	30,0	4,9		

Tabla 4.4.4\_2 (b) 2.5 centímetros de recubrimiento

(a)	(b)	Incremento	%
12.10	15.20	3.1	20.4

Tabla 4.4.4\_2 (c) Incremento en la capacidad de carga

Al tener en cuenta un adecuado recubrimiento la capacidad resistente aumenta notablemente.





### Combinación 3.

Días	Nº Losa	Ancho (cm)	Largo (cm)	Espesor (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
	1	29,9	30,0	5,2	1519	14,90
		29,8	29,8	5,5		
	2	30,0	29,9	5,0	1417	13,90
		30,0	29,9	5,2		

Tabla 4.4.4\_3 (a) Un centímetro de recubrimiento

Días	Nº Losa	Ancho (cm)	Largo (cm)	Espesor (cm)	Carga (Kgf)	Carga (KN)
28	1	30,2	30,0	5,2	1529	15,00
		30,3	29,9	5,2		
	2	30,0	30,0	5,0	1570	15,40
		29,9	30,0	4,9		

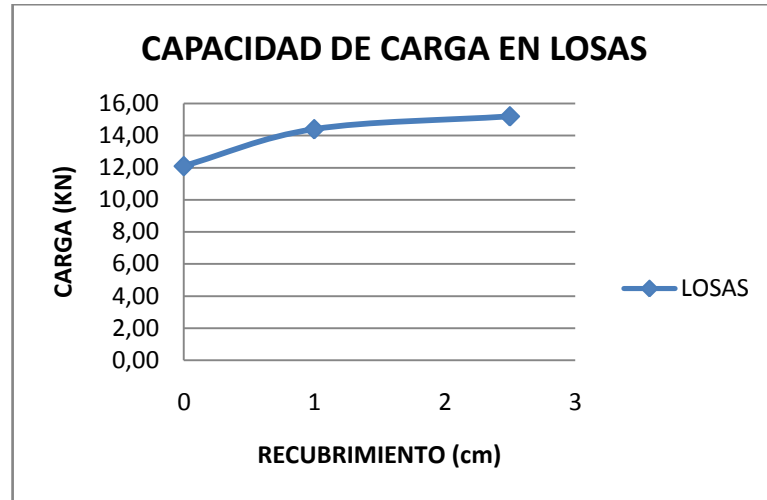
Tabla 4.4.4\_3 (b) 2.5 centímetros de recubrimiento.

(a)	(b)	Incremento	%
14.40	15.20	0.8	5.3

Tabla 4.4.4\_1 (c) Incremento en la capacidad de carga



#### 4.4.4.1 Diferencia de capacidad de carga en losas



**Grafico 4.4.4.1\_1 Diferencia de capacidad de carga en columnas circulares**

Los datos presentados en las tablas anteriores se pueden resumir en el Grafico 4.4.4.1\_1 donde se puede observar claramente que la capacidad resistente de las losas aumenta notablemente en función del recubrimiento.



# CONCLUSIONES



## **5. CONCLUSIONES**

### **5.1 CONCLUSIONES GENERALES.**

- El confinamiento del acero de refuerzo incrementa significativamente la capacidad de carga y disminuye la deformación del hormigón, mejorando su ductilidad.
- La pérdida total o parcial del recubrimiento no sólo afecta a los materiales, hormigón y acero, sino también a la transferencia de tensiones entre ambos materiales, por lo tanto el comportamiento estructural del elemento puede verse afectado.
- Con un recubrimiento escaso o nulo pueden intervenir aspectos muy negativos relacionados con la durabilidad de la estructura al no quedar la armadura suficientemente protegida ante agentes agresivos (ambientes marinos, acción del fuego, etc.).

### **5.2 CONCLUSIONES ESPECÍFICAS.**

- En el caso de vigas con recubrimiento escaso o nulo se produce un fallo frágil por la fisuración del recubrimiento de hormigón en la dirección de las barras principales debido a la deficiente transferencia de tensiones entre el hormigón y el acero.
- El modo de fallo que se desencadenó en las vigas con un recubrimiento adecuado es únicamente una rotura por cortante.
- En vigas con recubrimiento escaso o nulo se facilita el deslizamiento físico de las barras longitudinales, este deslizamiento es menor con un recubrimiento adecuado, resultados esperados puesto que el hormigón que rodea a la barra impide en gran medida el deslizamiento de la misma.



- En el caso de elementos tales como vigas y columnas sin recubrimiento se produce un desprendimiento de la zona de hormigón que rodea a las barras (aristas de los elementos), este modo de fallo se da inmediatamente al momento de desencofrar los elementos.
- En las columnas con recubrimiento escaso o nulo, parte del recubrimiento de concreto se desprende y las barras longitudinales se pandean inmediatamente al desaparecer su soporte (el recubrimiento de concreto), quedando así las barras longitudinales fuera de la sección de la columna.
- En el caso de columnas circulares o zunchadas con recubrimiento escaso o nulo se cargan hasta fallar, la situación es muy diferente. El recubrimiento del concreto se desprende inmediatamente pero el núcleo permanece de pie.
- La capacidad resistente de todos los elementos estructurales aumenta en función del recubrimiento. Así, para un recubrimiento de 2.5 cm, la carga máxima de la viga es un 12.3% mayor que de la viga sin recubrimiento; para un recubrimiento de 2.5 cm, la carga máxima de una columna de sección cuadrada es un 29.2% mayor que la columna sin recubrimiento; para un recubrimiento de 2.5 cm, la carga máxima de una columna de sección circular es un 37.1% mayor que la columna sin recubrimiento; mientras que para un recubrimiento de 2.5 cm, la carga máxima de una losa es un 20.4% mayor que la losa sin recubrimiento.
- En los elementos estructurales tales como vigas y columnas de sección cuadrada con armadura transversal tipo II y recubrimientos de 2.5 cm se obtuvieron cargas máximas que en sus homólogas con armadura transversal tipo I y recubrimientos cero. Este incremento de la capacidad resistente fue de 31.2 KN a 35.6 KN en vigas y de 370.2 KN a 522.7 KN en columnas.
- Los resultados ratifican el papel fundamental que juega el confinamiento proporcionado por la armadura transversal tipo II, ya que con este tipo de refuerzo los elementos mejoran su capacidad resistente. Esto se debe al adecuado doblado de los estribos que hacen que estos no pierdan su configuración y por ende su función de confinamiento.



# BIBLIOGRAFÍA



## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Love, T.W. (1996). El concreto en la construcción. México: Trillas.
- McCormac, J. (2002). Diseño de Concreto reforzado. México: Alfaomega
- Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural, *American Concrete Institute (ACI)*, 318-08, R1.
- Tepfers R. (1973): A theory of bond applied to overlapped tensile reinforcement splices for deformed bars. Chalmers University of Technology. División of Concrete Structures, Publication 73:2. Göteborg.
- Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi, Diseño y Control de Mezclas de Concreto. Boletín de Ingeniería EB201, 2004.
- Camuñas, A. (1974). Materiales de construcción. Madrid, España: BeCeFe.
- Songor, J. (1998). Materiales de construcción I. Loja, Ecuador.
- Arthur H. Nilson, Diseño de estructuras de concreto, Mc Graw Hill, duodécima edición, 1999.
- Romo, M. (2008). Temas de hormigón armado. Escuela politécnica del ejército, Ecuador.
- Ludeña, V.V. (1985). Dosificación de hormigones con la utilización de aditivos áridos de la quebrada Nangora (Tesis previa la obtención del título de ingeniero civil). Universidad Técnica Particular de Loja. Loja.
- Pizarro, V.A. (2003). Dosificación, transporte y colocación del hormigón para la construcción de la obra de toma del proyecto de riego Zapotillo (Tesis previa la obtención del título de ingeniero civil). Universidad Técnica Particular de Loja. Loja.
- Emperatriz, B.L. (1983). Estudio de los áridos de la quebrada Nangora y dosificación en peso y volumen (Tesis previa la obtención del título de ingeniero civil). Universidad Técnica Particular de Loja. Loja.



- Arévalo, V.H. (2005). Análisis comparativo en la resistencia a la compresión del curado acelerado frente al curado convencional en probetas cilíndricas de concreto (Tesis previa la obtención del título de ingeniero civil). Universidad Técnica Particular de Loja. Loja.
- Marta. M.H. (2005). Comportamiento de estructuras de hormigón armado con una deficiente transferencia de tensiones hormigón-acero. Recuperado de [http://oa.upm.es/326/1/MARTA\\_MOLINA\\_HUELVA.pdf](http://oa.upm.es/326/1/MARTA_MOLINA_HUELVA.pdf).





# ANEXOS



# ANEXO A

## TABLAS PARA DOSIFICAR



**Tabla 2.3.2\_1. Resistencia a compresión media requerida**

Resistencia a compresión especificada, $f_c$ , (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a compresión media requerida, (Kg/cm <sup>2</sup> )
Menos de 210	$f_c + 70$
210 a 350	$f_c + 84$
Más de 350	$1.10f_c + 50$

**Fuente:** Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi, Diseño y Control de Mezclas de Concreto. Boletín de Ingeniería EB201, 2004. Cap. 9, pag.195

**Tabla 2.3.2\_2. Relaciones agua cemento para distintas resistencias a 28 días**

Resistencia a Compresión a los 28 Días, Kg/cm <sup>2</sup>	Relación agua - material cementante en masa	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
450	0,38	0,31
400	0,43	0,34
350	0,48	0,4
300	0,55	0,46
250	0,62	0,53
200	0,7	0,61
150	0,8	0,72

**Fuente:** Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi, Diseño y Control de Mezclas de Concreto. Boletín de Ingeniería EB201, 2004. Cap. 9, pag.187



**Tabla 2.3.2\_3. Consistencias recomendadas para distintos tipos de construcciones**

Construcción de Concreto	Revenimiento mm (pulg.)	
	Máx.	Mín.
Zapatas y muros de cimentación reforzado	75 (3)	25 (1)
Zapatas, cajones y muros de subestructuras sin refuerzo	75 (3)	25 (1)
Vigas y muros reforzados	100 (4)	25 (1)
Columnas de edificios	100 (4)	25 (1)
Pavimentos y losas	75 (3)	25 (1)
Concreto masivo	75 (3)	25 (1)

**Fuente:** Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi, Diseño y Control de Mezclas de Concreto. Boletín de Ingeniería EB201, 2004. Cap. 9, pag.195

**Tabla 2.3.2\_4. Cantidad aproximada de agua de amasado para diferentes consistencias y tamaños máximos del árido**

Revenimiento (asentamiento) (mm)	Agua, kilogramos por metro cúbico de concreto, para los tamaños de agregados indicados (mm)							
	9,5	12,5	19	25	37,5	50	75	150
25 a 50	207	199	190	179	166	154	130	113
75 a 100	228	216	205	193	181	169	145	124
150 a 175	243	228	216	202	190	178	160	124
Cantidad aproximada de aire atrapado en un concreto sin aire incluido, porcentaje	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2

**Fuente:** Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi, Diseño y Control de Mezclas de Concreto. Boletín de Ingeniería EB201, 2004. Cap. 9, pag.195



**Tabla 2.3.2\_5. Volumen de árido grueso por unidad de volumen de hormigón**

Tamaño máximo nominal del agregado mm	Volumen del agregado grueso varillado (compactado) en seco por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura de agregado fino			
	2,4	2,6	2,8	3
9,5	0,5	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,6
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,8	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

**Fuente:** Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi, Diseño y Control de Mezclas de Concreto. Boletín de Ingeniería EB201, 2004. Cap. 9, pag.188



# ANEXO B

## ENSAYOS EN AGREGADOS



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**

**LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE MATERIALES Y MINERALES**

**ÁRIDO FINO PARA HORMIGÓN**

**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD Y ABSORCIÓN DE AGUA**

**Tesis:** INFLUENCIA DEL RECUBRIMIENTO DEL ACERO EN ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO

<b>MUESTRA</b>	<b>ENSAYO</b>
Tipo de árido : Natural	Norma: <b>ASTM C128</b>
Procedencia: Rio Nangora	Fecha: 03-Mayo-2011
Sector: Nangora	Realizado: Ángel Carpio

**DATOS DE ENSAYO**

<b>Nº de Prueba</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Masa de la muestra de ensayo (sss) (gr)	500	
Masa del matraz más agua (gr): B	658.8	
Masa del matraz más agua más muestra (gr):C	970.4	
Masa de la muestra seca al horno (gr):A	494.1	
Densidad real (estado sss): Dsss (gr/cm <sup>3</sup> )	2.654	
Densidad seca (estado seco): Ds (gr/cm <sup>3</sup> )	2.623	
Densidad aparente: D (gr/cm <sup>3</sup> )	2.707	
Porcentaje de absorción: Pa en %	1.194	

Dsss=	2.654(gr/cm <sup>3</sup> )	Densidad real	$D_{sss}=500/(B+500-C)$
Ds=	2.623(gr/cm <sup>3</sup> )	Densidad seca	$D_s=A/(B+500-C)$
D=	2.707(gr/cm <sup>3</sup> )	Densidad aparente	$D=A/(B+A-C)$
Pa=	1.194 %	% de absorción	$Pa=100x(500-A)/A$

**Ángel Carpio**  
**TESISTA**

**Ing. Humberto Ramírez.**  
**DIRECTOR DE TESIS**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA****LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE MATERIALES Y MINERALES****ÁRIDO FINO PARA HORMIGÓN****DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA**

**Tesis:** INFLUENCIA DEL RECUBRIMIENTO DEL ACERO EN ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO

<b>MUESTRA</b>	<b>ENSAYO</b>
Tipo de árido : Natural	Norma: <b>ASTM C29</b>
Procedencia: Rio Nangora	Fecha: 03-Mayo-2011
Sector: Nangora	Realizado: Ángel Carpio

**DATOS DE ENSAYO**

Peso del recipiente vacío más placa de vidrio:	9175.00
Peso del recipiente más agua más placa de vidrio:	23750.00
Temperatura del agua (°C): 20.9	Densidad del agua (gr/cm <sup>3</sup> ): 0.99799
Volumen del recipiente (cm <sup>3</sup> ): 14815.90	

**ESTADO SUELTO**

<b>Nº Prueba</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Volumen del recipiente (cm <sup>3</sup> ): V	14815.90	
Peso del recipiente (gr):	8650.00	
Masa del recipiente más muestra (gr):	33200.00	
Densidad aparente: D (gr/cm <sup>3</sup> )	1.657	

**ESTADO COMPACTADO**

<b>Nº Prueba</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Volumen del recipiente (cm <sup>3</sup> ): V	14815.00	
Peso del recipiente (gr):	8650.00	
Masa del recipiente más muestra (gr):	34400.00	
Densidad aparente: D (gr/cm <sup>3</sup> )	1.738	
Masa unitaria ( densidad aparente ) suelta: 1.657 (gr/cm <sup>3</sup> )		
Masa unitaria ( densidad aparente ) compactada: 1.738 (gr/cm <sup>3</sup> )		

**Ángel Carpio**  
**TESISTA**

**Ing. Humberto Ramírez.**  
**DIRECTOR DE TESIS**





**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**

**LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE MATERIALES Y  
MINERALES**

**ÁRIDO FINO PARA HORMIGÓN**

**DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD**

**Tesis:** INFLUENCIA DEL RECUBRIMIENTO DEL ACERO EN  
ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO

<b>MUESTRA</b>	<b>ENSAYO</b>
Tipo de árido : Natural	Norma: <b>INEN 862</b>
Procedencia: Rio Nangora	Fecha: 02-Mayo-2011
Sector: Nangora	Realizado: Ángel Carpio

**DATOS DE ENSAYO**

<b>Nº Prueba</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Masa de la muestra humedad (gr): A	50.97	67.72
Masa de la muestra seca al horno (gr): B	49.69	66.08
Contenido de humedad (%): CH	2.58	2.48

$$CH=100x(A-B)/B$$

$$CH=2.56\%$$

**Ángel Carpio**  
**TESISTA**

**Ing. Humberto Ramírez.**  
**DIRECTOR DE TESIS**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**

**LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE MATERIALES Y MINERALES**

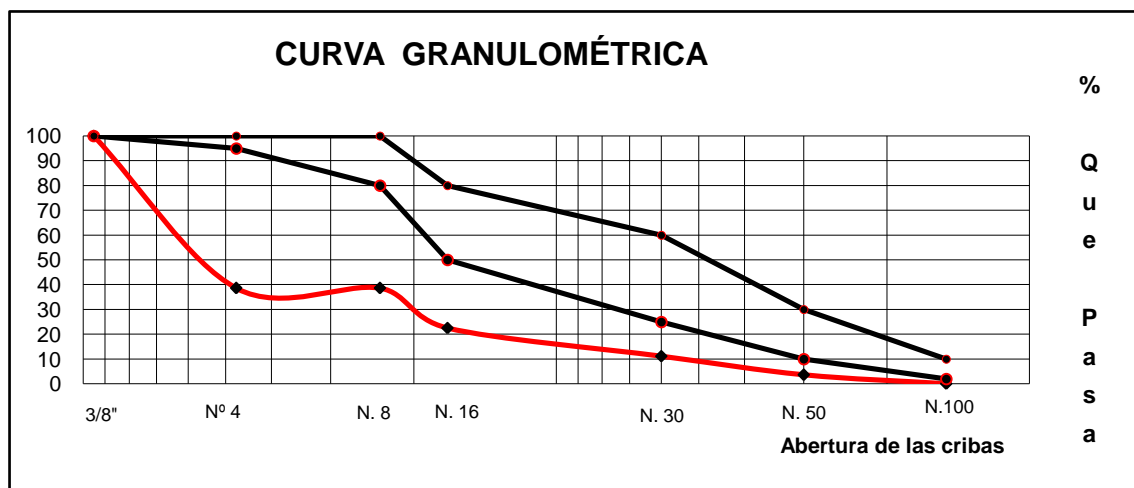
**ÁRIDO FINO PARA HORMIGÓN**

**DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA**

**Tesis:** INFLUENCIA DEL RECUBRIMIENTO DEL ACERO EN ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO

MUESTRA	ENSAYO
Tipo de árido : Natural	Norma: <b>ASTM C136</b>
Procedencia: Rio Nangora	Fecha: 02-Mayo-2011
Sector: Nangora	Realizado: Ángel Carpio

DATOS DE ENSAYO					
TAMIZ (pulg.)	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUM.	% RETENIDO ACUM.	% ACUM. QUE PASA	ESPECIFICACIÓN
		0	0	100	100
#10	159	159	34	66	95 - 100
#20	131	290	61	39	80 - 100
#40	76	366	77	23	50 - 80
#60	54	419	89	11	25 - 60
#100	35	455	96	4	10 - 30
#200	17	472	100	(0)	2 - 10
Fondo	0		(0)		
Total	472				



Masa de la Muestra de Ensayo: 472 (gr)		
Requisito Gradación de la Arena: Módulo de Finura: 2,3 - 3,1		
El Porcentaje de Finos en la Arena, No debe ser mayor al 5%		
Módulo de Finura: Mf: 4.58	Porcentaje de Finos: Pf:(%)	0.06%

**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA****LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE MATERIALES Y MINERALES****ÁRIDO GRUESO PARA HORMIGÓN****DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD Y ABSORCIÓN DE AGUA**

**Tesis:** INFLUENCIA DEL RECUBRIMIENTO DEL ACERO EN ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO

<b>MUESTRA</b>	<b>ENSAYO</b>
Tipo de árido : Natural	Norma: <b>ASTM C127</b>
Procedencia: Rio Nangora	Fecha: 03-Mayo-2011
Sector: Nangora	Realizado: Ángel Carpio

**DATOS DE ENSAYO**

<b>Nº de Prueba</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Masa de la muestra en el aire estado sss (gr)	3030.00	
Masa de la muestra sumergida en agua (gr)	1684.00	
Masa de la muestra seca al horno (gr)	2973.00	
Densidad real (estado sss): D <sub>sss</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	2.251	
Densidad seca (estado seco): D <sub>s</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	2.209	
Densidad aparente: D (gr/cm <sup>3</sup> )	2.306	
Porcentaje de absorción: Pa en %	1.920	

D <sub>sss</sub> = 2.251(gr/cm <sup>3</sup> )	Densidad real	D <sub>sss</sub> =B/(B-C)
D <sub>s</sub> = 2.209(gr/cm <sup>3</sup> )	Densidad seca	D <sub>s</sub> =A/(B-C)
D= 2.306(gr/cm <sup>3</sup> )	Densidad aparente	D=A/(A-C)
Pa= 1.920 %	% de absorción	Pa=100x(B-A)/A

**Ángel Carpio**  
**TESISTA**

**Ing. Humberto Ramírez.**  
**DIRECTOR DE TESIS**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA****LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE MATERIALES Y MINERALES****ÁRIDO GRUESO PARA HORMIGÓN****DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA**

**Tesis:** INFLUENCIA DEL RECUBRIMIENTO DEL ACERO EN ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO

<b>MUESTRA</b>	<b>ENSAYO</b>
Tipo de árido : Natural	Norma: <b>ASTM C29</b>
Procedencia: Rio Nangora	Fecha: 03-Mayo-2011
Sector: Nangora	Realizado: Ángel Carpio

**DATOS DE ENSAYO**

Peso del recipiente vacío más placa de vidrio:	9175.00
Peso del recipiente más agua más placa de vidrio:	23750.00
Temperatura del agua (°C): 20.9	Densidad del agua (gr/cm <sup>3</sup> ): 0.99799
Volumen del recipiente (cm <sup>3</sup> ): 14815.90	

**ESTADO SUELTO**

<b>Nº Prueba</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Volumen del recipiente (cm <sup>3</sup> ): V	14815.90	
Peso del recipiente (gr):	8650.00	
Masa del recipiente más muestra (gr):	32250	
Densidad aparente: D (gr/cm <sup>3</sup> )	1.593	

**ESTADO COMPACTADO**

<b>Nº Prueba</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Volumen del recipiente (cm <sup>3</sup> ): V	14815.00	
Peso del recipiente (gr):	8650.00	
Masa del recipiente más muestra (gr):	33400	
Densidad aparente: D (gr/cm <sup>3</sup> )	1.671	
Masa unitaria ( densidad aparente ) suelta: 1.593 (gr/cm <sup>3</sup> )		
Masa unitaria ( densidad aparente ) compactada: 1.671 (gr/cm <sup>3</sup> )		

**Ángel Carpio**  
**TESISTA**

**Ing. Humberto Ramírez.**  
**DIRECTOR DE TESIS**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**

**LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE MATERIALES Y MINERALES**

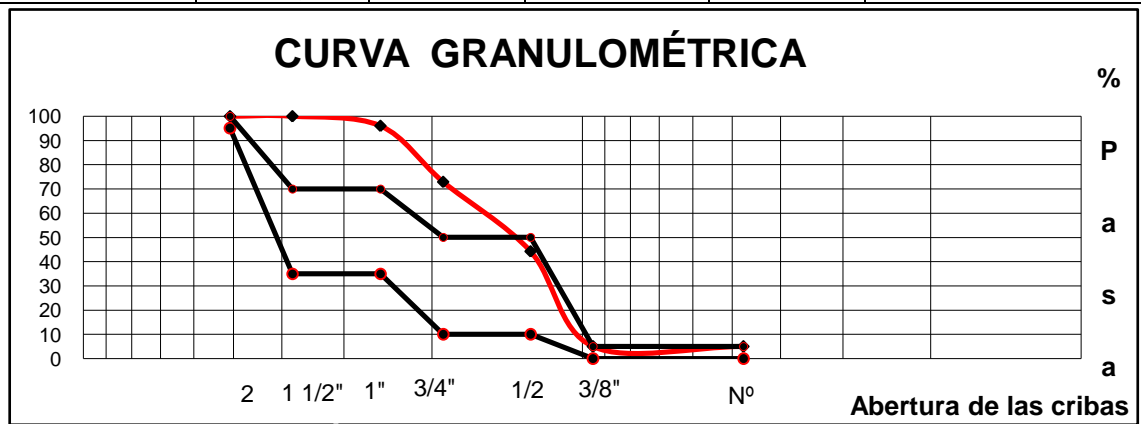
**ÁRIDO GRUESO PARA HORMIGÓN**

**DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA**

**Tesis:** INFLUENCIA DEL RECUBRIMIENTO DEL ACERO EN ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO

MUESTRA	ENSAYO
Tipo de árido : Natural	Norma: <b>ASTM C136</b>
Procedencia: Rio Nangora	Fecha: 02-Mayo-2011
Sector: Nangora	Realizado: Ángel Carpio

DATOS DE ENSAYO					
TAMIZ (pulg.)	PESO RET. PARCIAL	PESO RET. ACUM.	% RETENIDO ACUM.	% ACUM. QUE PASA	ESPECIFICACIÓN
3"	0				
2 1/2"	0				
2"	0,00	0	0	100	----
1 1/2"	0	0	0	100	----
1"	200	200	4	96	95 - 100
3/4"	1.152	1.352	27	73	---
1/2"	1.431	2.783	56	44	45 - 70
3/8"	1.958	4.741	95	5	-----
No.- 4	0	4.741	95	(5)	-----
Fondo	249,0	4.990	(5)		
Total	4.990,49				



Masa de la Muestra de Ensayo: 4990 (gr)  
 Tamaño máximo: 19.00 mm

**Ángel Carpio**  
**TESISTA**

**Ing. Humberto Ramírez.**  
**DIRECTOR DE TESIS**