



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

“Estudio sobre el detallamiento del refuerzo en las edificaciones del sector sur de la ciudad de Loja”

*Trabajo de fin de carrera previo
a la obtención del título de
Ingeniero Civil*

AUTORA:

PAOLA CATHERINE BUENO GARRIDO

DIRECTOR:

ING. HUMBERTO RAMÍREZ ROMERO

Loja – Ecuador

2011



CERTIFICACIÓN

Ing.

Humberto Ramírez Romero

DIRECTOR

CERTIFICO:

Que he dirigido y revisado el presente proyecto de investigación titulado **"ESTUDIO SOBRE EL DETALLAMIENTO DEL REFUERZO EN LAS EDIFICACIONES DEL SECTOR SUR DE LA CIUDAD DE LOJA"**, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, realizado por la señorita Paola Catherine Bueno Garrido; y, en razón de que el mencionado trabajo cumple con los requisitos legales exigidos por la Escuela de Ingeniería Civil, autorizo su presentación ante el tribunal de grado respectivo.

Loja, septiembre de 2011

Ing. Humberto Ramírez Romero

DIRECTOR

CESIÓN DE DERECHOS DE TESIS

Yo, Paola Catherine Bueno Garrido, declaro ser autora 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 de tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad"

Loja, septiembre de 2011

Paola Catherine Bueno Garrido

AUTORA

AUTORÍA

No hay nada más grato en la vida que un trabajo hecho con esfuerzo y saber que su resultado llenará de satisfacción nuestro presente y futuro. Por lo tanto todas las ideas, conceptos, análisis y criterios vertidos en el presente trabajo investigativo son de exclusiva responsabilidad de su autora.

La Autora:

Paola Catherine Bueno Garrido

AGRADECIMIENTO

Es grato para mí expresar mis más sinceros agradecimientos, primeramente a DIOS por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Y regalarme el don de la sabiduría para poder enfrentar la vida universitaria. Por ser mi guía, mi fortaleza, mi todo, gracias SEÑOR.

De igual manera agradezco a mis padres Ricardo y Martha, seres incondicionales en cada momento de mi vida, por su apoyo, comprensión, amor y sobre todo por creer en mí, he aquí lo que soy, todo se lo debo a ustedes, los amo.

A mis hermanos y familiares por su cariño, confianza y apoyo para poder culminar este objetivo.

A la Universidad Técnica Particular de Loja, en especial a la Escuela de Ingeniería Civil por permitirme ser parte integral de la misma; al personal docente, porque cada uno con sus valiosas aportaciones me ayudó a crecer como persona y como profesional.

Un especial reconocimiento al Ing. Humberto Ramírez, quien con su experiencia y vastos conocimientos supo dirigir este trabajo de investigación; por su gran calidad humana y don de gente. MUCHAS GRACIAS.

Finalmente, agradezco a mis compañeros y amigos porque de alguna u otra forma constituyeron un empuje para ser lo que soy ahora. Gracias a todos.

LA AUTORA

DEDICATORIA

A ti Señor porque hiciste realidad este sueño, por todo el amor con el que me rodeas, y porque me tienes en tus manos. Esta tesis es para tí.

De manera especial dedico este trabajo a mis padres Ricardo y Martha por su esfuerzo, apoyo, confianza y por el amor que depositaron en mí. Sin ellos, jamás hubiese podido conseguir este gran logro. Su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar, no solo para mí, sino para mis hermanos y familia en general.

A mis tres hermanos, por su cariño y apoyo a lo largo de ésta hermosa carrera. Los quiero mucho.

En especial a mi abuelita Enma Soto, por ser una persona maravillosa, gracias por todo el amor incondicional que me brinda.

A la estrellita que me cuida desde el cielo Marcelito, siempre en mi corazón.

Dedico finalmente este trabajo a mis amigos por estar junto a mí a lo largo de la vida universitaria, brindándome su ayuda en todo momento.

Mi gratitud infinita a cada uno de ustedes.

PAOLA CATHERINE BUENO GARRIDO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	pág.
CERTIFICACIÓN _____	<i>i</i>
CESIÓN DE DERECHOS DE TESIS _____	<i>ii</i>
AUTORÍA _____	<i>iii</i>
AGRADECIMIENTO _____	<i>iv</i>
DEDICATORIA _____	<i>v</i>
ÍNDICE DE CONTENIDOS _____	<i>vi</i>
ÍNDICE DE FIGURAS _____	<i>viii</i>
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS _____	<i>xii</i>
ÍNDICE DE TABLAS _____	<i>xvii</i>
RESUMEN _____	<i>xviii</i>
0. OBJETIVOS _____	<i>1</i>
1. INTRODUCCIÓN _____	<i>2</i>
1.1 Zona de estudio _____	<i>3</i>
1.2 Historia de los sismos en la ciudad de Loja _____	<i>4</i>
1.3 Riesgo sísmico en la ciudad de Loja _____	<i>4</i>
1.4 Naturaleza del diseño sísmico _____	<i>6</i>
1.5 Configuración sísmica de edificios _____	<i>7</i>
1.6 Objeto del acero en el concreto reforzado _____	<i>15</i>
1.7 Normativa utilizada en el estudio _____	<i>17</i>
1.8 Importancia del detallamiento del refuerzo _____	<i>18</i>
1.9 Detallamiento del refuerzo según disposiciones de la norma de estudio _____	<i>18</i>

1.10	Daños en los edificios por incumplimiento de las normas	45
2.	MATERIALES Y MÉTODOS	64
2.1	Instrumentos utilizados	64
2.2	Metodología de estudio	64
2.2.1	Generalidades	64
2.2.2	Ubicación y número de muestras (edificaciones)	65
2.2.3	Formato de encuesta	66
2.2.4	Aplicación de la encuesta	67
2.2.5	Obtención de la memoria fotográfica	68
2.2.6	Cálculos	68
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	70
3.1	Resultados de la encuesta	70
3.1.1	Información general de las edificaciones estudiadas	70
3.1.2	Análisis de la información general	73
3.1.3	Análisis global de resultados	75
3.1.4	Análisis de resultados por elemento estructural	78
3.1.5	Análisis de resultados por edificación	96
3.2	Análisis del material fotográfico	99
3.2.1	Errores en el detallamiento del refuerzo	99
3.2.2	¿En qué norma se basaron?	166
4.	CONCLUSIONES	170
5.	RECOMENDACIONES	173
6.	BIBLIOGRAFÍA	175
ANEXOS		<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
	ANEXO 1: FORMATO DE ENCUESTA	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
	ANEXO 2: CLASIFICACIÓN DE LAS EDIFICACIONES SEGÚN SU USO Y NÚMERO DE PLANTAS	189

ÍNDICE DE FIGURAS

1. INTRODUCCIÓN

Figura 1.1 Zona de Estudio.....	3
Figura 1.2 Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño.....	5
Figura 1.3 Falla producida por asimetría del edificio en planta.....	8
Figura 1.4 Posibles remedios para eliminar los problemas de plantas asimétricas	9
Figura 1.5 Falla producida por asimetría del edificio en elevación.....	10
Figura 1.6 Posibles remedios a la reducción en elevación.....	10
Figura 1.7 Falla producida por falta de rigidez en la dirección frontal.....	11
Figura 1.8 Falla producida por falta de separación entre edificios adyacentes	12
Figura 1.9 Separación entre edificios adyacentes para evitar choques.....	13
Figura 1.10 Colapso por discontinuidad de elementos estructurales verticales..	14
Figura 1.11 Colapso de la estructura debido a piso blando.....	15
Figura 1.12 Vigas sobre el terreno.....	19
Figura 1.13 Armado de zapata cuadrada en dos direcciones.....	20
Figura 1.14 Refuerzo longitudinal que resiste flexión orientado hacia el centro de la columna.....	21
Figura 1.15 Detallamiento del refuerzo en un muro.....	22
Figura 1.16 Distribución del refuerzo en columnas.....	24
Figura 1.17 Separación vertical de estribos en columnas.....	25
Figura 1.18 Número mínimo de barras en columnas.....	26
Figura 1.19 Distancia libre entre barras longitudinales en columnas.....	26
Figura 1.20 Medidas entre barras de columna apoyadas lateralmente.....	27
Figura 1.21 Paquete de barras en columnas.....	28
Figura 1.22 Refuerzo transversal para elementos a flexión.....	29
Figura 1.23 Detalles de barras dobladas para desarrollar el gancho estándar.....	30
Figura 1.24 Detallamiento del refuerzo en una viga.....	32
Figura 1.25 Traslape en vigas.....	33
Figura 1.26 Límite de espaciamiento de refuerzo y ancho mínimo de una viga.....	33
Figura 1.27 Estribos colocados perpendicularmente a la barra en desarrollo, espaciadas a lo largo de la longitud de desarrollo l_{dh}	34
Figura 1.28 Recubrimiento del concreto según 12.5.4.....	35
Figura 1.29 Desarrollo del refuerzo para momento positivo de una viga que termine en una columna exterior.....	37

Figura 1.30	<i>Desarrollo del refuerzo para momento negativo en una viga que termine en una columna exterior.....</i>	<i>37</i>
Figura 1.31	<i>Distribución del refuerzo en una losa.....</i>	<i>39</i>
Figura 1.32	<i>Refuerzo para momento positivo en una losa.....</i>	<i>40</i>
Figura 1.33	<i>Diámetros mínimos de doblado.....</i>	<i>41</i>
Figura 1.34	<i>Ganchos estándar.....</i>	<i>42</i>
Figura 1.35	<i>Protección del concreto para el refuerzo colocado contra el suelo y expuesto permanentemente a él.....</i>	<i>43</i>
Figura 1.36	<i>Protección del concreto expuesto al suelo o a la intemperie.....</i>	<i>44</i>
Figura 1.37	<i>Protección del concreto no expuesto a la intemperie ni en contacto con el suelo.....</i>	<i>45</i>
Figura 1.38	<i>Falla por flexocompresión.....</i>	<i>46</i>
Figura 1.39	<i>Efecto combinado de carga axial y momento flexionante sobre columna sin y con refuerzo transversal.....</i>	<i>47</i>
Figura 1.40	<i>Falla de cortante en columnas por escaso refuerzo transversal.....</i>	<i>48</i>
Figura 1.41	<i>Falla por cortante en columnas.....</i>	<i>49</i>
Figura 1.42	<i>Falla por torsión en columnas.....</i>	<i>49</i>
Figura 1.43	<i>Falla por tensión diagonal.....</i>	<i>50</i>
Figura 1.44	<i>Falla por tensión diagonal producida por cortante en vigas.....</i>	<i>50</i>
Figura 1.45	<i>Falla en columna a causa de estribos abiertos.....</i>	<i>51</i>
Figura 1.46	<i>Falla en columna por colocación de estribos con ganchos a 90°.....</i>	<i>52</i>
Figura 1.47	<i>Colocación inadecuada de ductos y tuberías en vigas.....</i>	<i>53</i>
Figura 1.48	<i>Colocación inadecuada de ductos y tuberías en vigas.....</i>	<i>54</i>
Figura 1.49	<i>Falla por corrosión del acero.....</i>	<i>55</i>
Figura 1.50	<i>Falta de recubrimiento en vigas.....</i>	<i>56</i>
Figura 1.51	<i>Falta de recubrimiento en losas.....</i>	<i>56</i>
Figura 1.52	<i>Incumplimiento de espaciamientos mínimos del acero longitudinal en vigas.....</i>	<i>57</i>
Figura 1.53	<i>Falla por corte en conexiones.....</i>	<i>58</i>
Figura 1.54	<i>Falla por compresión por falta de confinamiento.....</i>	<i>59</i>
Figura 1.55	<i>Desconchamiento del concreto en unión viga-columna.....</i>	<i>59</i>
Figura 1.56	<i>Falla en unión viga-columna por escasez de anclaje en la conexión de la columna con el sistema de piso.....</i>	<i>60</i>
Figura 1.57	<i>Longitud escasa de empalme por traslapado en columnas.....</i>	<i>61</i>
Figura 1.58	<i>Concentraciones de traslapes, deficiente longitud de desarrollo.....</i>	<i>62</i>
Figura 1.59	<i>Volteo de un edificio por falla en la cimentación, sismo Chile.....</i>	<i>63</i>
Figura 1.60	<i>Falla en la cimentación, sismo Chile.....</i>	<i>63</i>

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Figura 3.1 Personal encargado de la construcción de la obra.....	74
Figura 3.2 Resultados de la verificación de los detalles del refuerzo vs constructor de la obra.....	75
Figura 3.3 Resultado global de la encuesta.....	76
Figura 3.4 Porcentaje que cumple por elemento de la estructura.....	77
Figura 3.5 Porcentaje que no cumple por elemento de la estructura.....	78
Figura 3.6 Resultado global de la verificación del detallamiento del refuerzo en cimentaciones.....	79
Figura 3.7 Número de edificaciones que cumplen y no cumplen en cada numeral del código ACI 318-08 para cimentaciones.....	80
Figura 3.8 Edificaciones que incumplen por cada especificación del código ACI 318-08 en cimentaciones.....	81
Figura 3.9 Resultado global de la verificación del detallamiento del refuerzo en muros.....	82
Figura 3.10 Número de edificaciones que cumplen y no cumplen en cada numeral del código ACI 318-08 para muros.....	83
Figura 3.11 Edificaciones que incumplen por cada especificación del código ACI 318-08 en muros.....	84
Figura 3.12 Resultado global de la verificación del detallamiento del refuerzo en columnas.....	85
Figura 3.13 Número de edificaciones que cumplen y no cumplen en cada numeral del código ACI 318-08 para columnas.....	86
Figura 3.14 Edificaciones que incumplen por cada especificación del código ACI 318-08 en columnas.....	88
Figura 3.15 Resultado global de la verificación del detallamiento del refuerzo en vigas.....	89
Figura 3.16 Número de edificaciones que cumplen y no cumplen en cada numeral del código ACI 318-08 para vigas.....	90
Figura 3.17 Número de edificaciones que cumplen y no cumplen en cada numeral del código ACI 318-08 para vigas.....	91
Figura 3.18 Edificaciones que incumplen por cada especificación del código ACI 318-08 en vigas.....	92
Figura 3.19 Edificaciones que incumplen por cada especificación del código ACI 318-08 en vigas.....	92
Figura 3.20 Resultado global de la verificación del detallamiento del refuerzo en losas.....	93
Figura 3.21 Zona crítica de la losa.....	94

Figura 3.22	Número de edificaciones que cumplen y no cumplen en cada numeral del código ACI 318-08 para losas.....	95
Figura 3.23	Número de edificaciones que cumplen y no cumplen en cada numeral del código ACI 318-08 para losas.....	96
Figura 3.24	Verificación del detallamiento del refuerzo en las edificaciones de la 1 a la 15.....	97
Figura 3.25	Verificación del detallamiento del refuerzo en las edificaciones de la 16 a la 30.....	98
Figura 3.26	Verificación del detallamiento del refuerzo en las edificaciones de la 31 a la 45.....	98
Figura 3.27	Verificación del detallamiento del refuerzo en las edificaciones de la 46 a la 58.....	99
Figura 3.28	Detallamiento adecuada para el caso presentado en la fot.3.20.....	127
Figura 3.29	Detallamiento adecuado para el caso presentado en la fot.3.24.....	128

3. ANEXOS

Figura 7.1	Clasificación de las edificaciones estudiadas según su uso	189
Figura 7.2	Clasificación de las edificaciones estudiadas según el número de platas.....	190

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fot.3.1 No cumple recubrimiento mínimo, y diámetro del estribo (Numeral 7.7.1 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08).....	101
Fot.3.2 No cumple recubrimiento mínimo y diámetro del estribo (Numeral 7.7.1 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08).....	102
Fot.3.3 No cumple espaciamiento del refuerzo transversal (estribos) a lo largo de la longitud de la viga, y colocación de primer estribo (Numeral 21.3.4.2 y 21.3.4.3 del código ACI 318-08).....	103
Fot.3.4 Colocación errónea de tubería que modifica la ubicación del primer estribo, espaciamiento y diámetro de estribos en vigas y columnas incorrecto, incumplimiento de:(Numeral 6.3.12, 21.3.4.2, 21.3.5.2 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08).....	104
Fot.3.5 Falta de recubrimiento en losas (Numeral 7.7.1 literal (c) del código ACI 318-08).....	105
Fot.3.6 No cumple longitud de la extensión del gancho y diámetro del estribo (Numeral 7.1.3 literal (c) y 7.10.5.1 del código ACI 318-08).....	106
Fot.3.7 No cumple ubicación y longitud del empalme por traslapo, diámetro del estribo incorrecto (Numeral 21.5.2.3 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08).....	107
Fot.3.8 Colocación errónea de tuberías, espaciamiento de estribos mayor al especificado, diámetro de estribos insuficiente, incumplimiento de: (Numeral 6.3.12,21.3.4.2 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08).....	109
Fot.3.9 No cumple área del refuerzo longitudinal y diámetro de estribo (Numeral 21.6.3 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08).....	110
Fot.3.10 "Zapata rectangular" no cumple con espaciamiento del refuerzo en la dirección corta (Numeral 15.4.4.2 del código ACI 318-08.....	111
Fot.3.11 No cumple espaciamiento del refuerzo transversal (estribos) a lo largo de la cadena (Numeral 21.3.4.2 del código ACI 318-08).....	112
Fot.3.12 Colocación errónea de tuberías que modifican la forma y posición del acero de refuerzo, incumplimiento de: (Numeral 6.3.12 y 21.3.4.2 del código ACI 318-08).....	113
Fot.3.13 Colocación errónea de tuberías que modifican la forma, posición del acero de refuerzo, incumplimiento de: (Numeral 6.3.12 y 21.3.4.2 del código ACI 318-08).....	114
Fot.3.14 No cumple con colocación del primer estribo medido desde el borde discontinuo de la viga del volado, espaciamiento de estribos en longitud ldh y diámetro del estribo.....	115

Fot.3.15	No cumple ubicación, longitud y forma del empalme por traslapo, diámetro del estribo incorrecto (Numeral 12.15.1, 21.5.2.3 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08).....	116
Fot.3.16	Distribución y colocación de estribos inadecuada, incumplimiento de: (Numeral 21.3.5.2 del código ACI 318-08).....	117
Fot.3.17	Varillas de refuerzo dobladas y desplazamiento de estribos por colocación de tuberías, diámetro y espaciamiento de estribos incorrecto, incumplimiento de: (Numeral 6.3.12, 21.3.4.2 y 7.10.5.1, ACI 318-08).....	118
Fot.3.18	No cumple recubrimiento y orientación del gancho del refuerzo longitudinal de la columna cerca del fondo de la cimentación (Numeral 7.7.1 literal (a) y 21.12.2.2 del código ACI 318-08).....	119
Fot.3.19	Falta de recubrimiento en la losa (Numeral 7.7.1 literal (c) del código ACI 318-08).....	120
Fot.3.20	Viga no se ancla en la columna, diámetro del estribo incorrecto, incumplimiento de: (Numeral 12.12.1 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08).....	121
Fot.3.21	No cumple ubicación, longitud y forma de empalme por traslapado en nervios, diámetro del estribo incorrecto, incumplimiento de: (Numeral 12.15.1 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08.....	122
Fot.3.22	Estribos expuestos, falta de recubrimiento en vigas, incumplimiento de: (Numeral 7.7.1 literal (c) del código ACI 318-08).....	123
Fot.3.23	Longitud de empalme por traslapo escasa, mal dimensionamiento de estribos, incumplimiento de: (Numeral 12.16.1 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08).....	125
Fot.3.24	No cumple forma y diámetro de los estribos, ángulo del gancho incorrecto (Numeral 7.10.5.1 y 7.1.3 literal (c) del código ACI 318-08).....	126
Fot.3.25	No cumple ángulo y extensión del estribo suplementario, diámetro del refuerzo transversal insuficiente (Numeral 7.1.3 literal (c) y 7.10.5.1 del código ACI 318-08).....	128
Fot.3.26	Colocación errónea de tuberías que modifican la ubicación del acero de refuerzo y desplazan a los estribos a espaciamientos mayores, acumulación y ubicación incorrecta de traslapes, diámetro de los estribos insuficiente, incumplimiento de: (Numeral 6.3.12, 21.3.4.2 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08).....	130
Fot.3.27	No cumple ubicación, longitud y forma del empalme por traslapo, diámetro del estribo incorrecto, recubrimiento nulo en vigas (Numeral 12.15.1, 21.5.2.3, 7.10.5.1 y 7.7.1 del código ACI 318-08.....	131

Fot.3.28	Anclaje de viga en columna erróneo, tubería modifica la forma del acero y desplaza estribos, diámetro de estribos incorrecto, incumplimiento de: (Numeral 7.13.2.2, 21.3.42, 12.5.1, 6.3.12 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08).....	133
Fot.3.29	No cumple longitud, forma de empalme por traslape y ubicación del traslape del refuerzo negativo de la viga (Numeral 21.5.2.3 literal (b) y 12.15.1 del código ACI 318-08).....	134
Fot.3.30	Gancho de estribos a 90° con diámetro de 8 mm, incumplimiento de: (Numeral 7.1.3 literal (c) y 7.10.5.1 del código ACI 318-08).....	135
Fot.3.31	Longitud de empalme por traslape escasa, mal dimensionamiento de estribos, incumplimiento de: (Numeral 12.16.1 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08).....	137
Fot.3.32	Refuerzo de la losa sin recubrimiento, incumplimiento de: (Numeral 7.7.1 del código ACI 318-08).....	138
Fot.3.33	Viga no se ancla en la columna, diámetro del estribo insuficiente, espaciamiento de estribos incorrecto, incumplimiento de: (Numeral 12.12.1, 7.10.5.1 y 21.3.4.2 del código ACI 318-08).....	139
Fot.3.34	Falta de recubrimiento en losas (Numeral 7.7.1 literal (c) del código ACI 318-08).....	140
Fot.3.35	Longitud de empalme por traslape escasa, mal dimensionamiento de estribos, incumplimiento de: (Numeral 12.16.1 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08).....	141
Fot.3.36	No cumple la forma del refuerzo longitudinal de la viga en nudos, diámetro del estribo insuficiente, viga sin recubrimiento (Numeral 7.10.5.1 y 7.7.1 literal (c) del código ACI 318-08).....	143
Fot.3.37	No cumple la forma del refuerzo longitudinal de la viga transversal en nudos, diámetro del estribo insuficiente (Numeral 7.10.5.1 del código ACI 318-08).....	144
Fot.3.38	No cumple la forma del refuerzo longitudinal de la viga en nudos, lugar de empalmes, diámetro del estribo insuficiente, viga sin recubrimiento (Numeral 21.5.2.3 literal (a y b), 7.10.5.1 y 7.7.1 literal (c) del código ACI 318-08).....	145
Fot.3.39	No cumple la forma del refuerzo longitudinal de la viga en nudos, diámetro del estribo insuficiente, viga sin recubrimiento (Numeral 7.10.5.1 y 7.7.1 literal (c) del código ACI 318-08).....	146
Fot.3.40	No cumple recubrimiento mínimo, gancho y diámetro de estribos (Numeral 7.7.1, 7.1.3 literal (c) y 7.10.5.1 del código ACI 318-08).....	147
Fot.3.41	No cumple recubrimiento mínimo, y diámetro del estribo (Numeral 7.7.1 literal (c) y 7.10.5.1 del código ACI 318-08).....	148

Fot. 3.42	Colocación errónea de tuberías que modifican la colocación y forma del acero de refuerzo y desplazan a los estribos a espaciamientos mayores, incumplimiento de: (Números 6.3.12, y 21.3.4.2 del código ACI 318-08).....	149
Fot. 3.43	No cumple recubrimiento en vigas y diámetro de estribos, incumplimiento de: (Numeral 7.7.1 literal (c) y 7.10.5.1 del código ACI 318-08).....	150
Fot. 3.44	No cumple con colocación del primer estribo medido desde el borde discontinuo de la viga, espaciamiento de estribos en longitud l_{dh} y diámetro del estribo (Numeral 12.5.3, 12.5.4 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08).....	151
Fot. 3.45	Ubicación incorrecta de traslape, recubrimiento de la viga nulo, diámetro de estribos incorrecto, incumplimiento de: (Numeral 21.5.2.3, 7.7.1 literal (c) y 7.10.5.1 del código ACI 318-08).....	153
Fot. 3.46	Colocación errónea de tuberías que modifican la colocación y forma del acero de refuerzo y desplazan a los estribos a espaciamientos mayores, incumplimiento de: (Numeral 6.3.12, y 21.3.4.2 del código ACI 318-08).....	154
Fot. 3.47	Empalmes en el mismo lugar y ubicación incorrecta, mal dimensionamiento del estribo, viga sin recubrimiento incumplimiento de: (Numeral 21.5.2.3, 7.10.5.1 y 7.7.1 literal (c) del código ACI 318-08).....	155
Fot. 3.48	Empalmes mismo lugar y ubicación incorrecta, mal dimensionamiento del estribo, diámetro del estribo insuficiente, incumplimiento de: (Numeral 21.5.2.3 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08).....	156
Fot. 3.49	Extensión del gancho del estribo y diámetro insuficiente, incumplimiento de: (Numeral 7.1.3 literal (c) y 7.10.5.1 del código ACI 318-08).....	157
Fot. 3.50	No cumple espaciamiento y diámetro del refuerzo transversal en columnas (Numeral 21.3.5.2 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08).....	158
Fot. 3.51	No cumple espaciamiento del refuerzo transversal en columnas (Numeral 21.3.5.2, ACI 318-08).....	159
Fot. 3.52	Anclaje de viga en columna erróneo, diámetro de estribos incorrecto, incumplimiento de: (Numeral 12.5.1 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08).....	161
Fot. 3.53	No cumple ubicación, longitud y forma del empalme por traslape, diámetro del estribo y ubicación del primer estribo incorrecta (Numeral 21.5.2.3, 7.10.5.1 y 21.3.4.2 del código ACI 318-08).....	162

Fot.3.54	<i>No cumple detallamiento en nudos, lugar de empalmes, diámetro y gancho de estribos, viga sin recubrimiento (Numeral 21.5.2.3 literal (a y b), 7.10.5.1, 7.7.1 literal (c) y 7.1.3.....</i>	163
Fot.3.55	<i>Longitud de empalme por traslapo escasa, mal dimensionamiento de estribos, incumplimiento de: (Numeral 12.16.1 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08).....</i>	164
Fot.3.56	<i>No cumple espaciamiento del refuerzo transversal en longitud lo, diámetro y gancho de estribo (Numeral 21.3.5.2, 7.10.5.1 y 7.1.3 literal (c) del código ACI 318-08).....</i>	166
Fot.3.57	<i>Viga de volado, con varillas en forma de S en toda su longitud.....</i>	167
Fot.3.58	<i>Nervio con doble refuerzo y binchas en toda su longitud.....</i>	168
Fot.3.59	<i>Nervio con doble refuerzo y binchas en toda su longitud.....</i>	168
Fot.3.60	<i>Empalmes en forma de ganchos.....</i>	169

ÍNDICE DE TABLAS

1. INTRODUCCIÓN

<i>Tabla 1.1</i> Diámetros Mínimos de Doblado.....	40
--	----

2. MATERIALES Y MÉTODOS

<i>Tabla 2.1</i> Permisos de Construcción (Nov. 2010 - Feb. 2011)	66
---	----

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<i>Tabla 3.1</i> Datos generales de cada edificación.....	70
---	----

<i>Tabla 3.2</i> Número de elementos verificados.....	73
---	----

RESUMEN

El proyecto tiene como finalidad estudiar el detallamiento del refuerzo en las edificaciones del sector sur de la ciudad de Loja. En el mismo se presentan algunos conceptos fundamentales para el estudio; la metodología empleada, basada en un formato de encuesta conformado por especificaciones del código ACI 318-08 referentes al acero de refuerzo, aplicado a 58 edificaciones; poniendo mayor énfasis en los resultados, presentados en diagramas de barras, que contienen el porcentaje de cumplimiento e incumplimiento de la norma, y a pesar de que el cumplimiento obtuvo mayor porcentaje, el incumplimiento es muy elevado. Además se presentan fotografías que muestran las falencias en los detalles del refuerzo encontrados en la investigación, y su respectivo análisis; al final se concluye, se presentan las respectivas soluciones para los errores encontrados, y se anexa el formato de encuesta.



OBJETIVOS 0



0. OBJETIVOS

a) Objetivo General

Estudiar el detallamiento del refuerzo en las edificaciones del sector sur de la ciudad de Loja.

b) Objetivos Específicos

- Elaborar un formato de encuesta, mediante el análisis previo de la normativa ACI 318-08, con el objetivo de obtener un banco de preguntas afines al detallamiento del refuerzo de los elementos estructurales.
- Aplicar la encuesta a cincuenta y ocho nuevas edificaciones en etapa constructiva, ubicadas en diferentes puntos del sector sur de la ciudad, a fin de obtener un volumen de información suficiente para concluir el estudio.
- Capturar imágenes principalmente del inadecuado detallamiento del refuerzo, para emitir su respectivo análisis.
- Verificar si las construcciones cumplen o no, con las especificaciones técnicas de la normativa ACI 318-08.



INTRODUCCIÓN 1



1. INTRODUCCIÓN

El impacto de los eventos sísmicos de las últimas décadas en el mundo, han generado víctimas y destruido infraestructuras. Ecuador al encontrarse en el cinturón de Fuego del Pacífico es propenso a movimientos telúricos, la historia lo afirma y las consecuencias han sido desastrosas (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, 2010). Es por ello la importancia de construir estructuras sismorresistentes, que cumplan con especificaciones mínimas de detallamiento, bajo condiciones de seguridad y calidad, que protejan la vida, integridad y bienes de aquellas personas que harán uso de una edificación. El detallamiento consiste en especificar la disposición del refuerzo en los elementos que conforman la estructura.

Es de conocimiento que en nuestro país se construyen edificaciones de hormigón armado, en donde cada uno de sus componentes es fundamental en el desempeño sismorresistente de una estructura. Enfocándonos en el acero de refuerzo, éste es útil para soportar sollicitaciones traccionantes de corte y torsión, por lo mismo, es vital realizar un adecuado diseño estructural, donde se emplee un buen detallamiento del refuerzo, basado en las normativas vigentes que tienen como fin proporcionar requisitos mínimos para diseñar estructuras que: ante sismos moderados los daños se limiten a los elementos no estructurales y ante sismos fuertes se evite el colapso. Cada detalle del refuerzo cumple una función clave en el comportamiento sismorresistente de una estructura, tanto espaciamientos,



longitudes de anclaje, ubicación de empalmes, cuantías, etc.

Lo anteriormente mencionado justifica conocer si las edificaciones del sector sur de la ciudad de Loja cumplen los requisitos establecidos en el código ACI 318-08 en lo referente al acero de refuerzo. La investigación incluye edificaciones de gran altura, urbanizaciones, viviendas unifamiliares y multifamiliares.

1.1 Zona de estudio

El estudio se efectuó en el Sector Sur de la ciudad de Loja, zona comprendida desde la calle Quito hasta el límite urbano de la ciudad en dirección sur, tal como se indica en la figura 1.1.

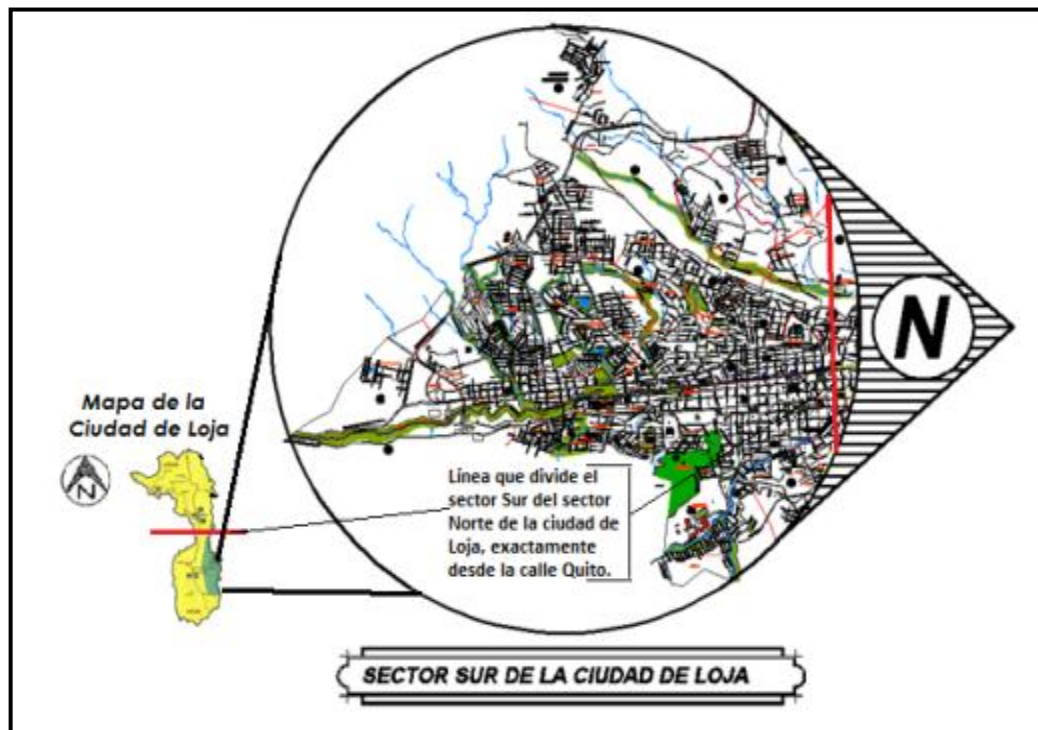


Figura 1.1 Zona de Estudio



1.2 Historia de los sismos en la ciudad de Loja

En la ciudad de Loja no existe un estudio detallado sobre peligrosidad sísmica, los pocos eventos sísmicos severos conocidos ocurrieron en los años 1749 y 1953 con una intensidad de VIII MM¹ (equivalente a magnitud 6 en la escala de Richter), y además la incidencia de terremotos con epicentros en el norte del Perú como el de diciembre de 1970 con intensidad máxima de IX MM¹ (magnitud entre 6 y 7 en la escala de Richter), en donde varias cabeceras cantonales y parroquias de la provincia de Loja quedaron destruidas casi completamente, cayeron casas y templos desde los cimientos, edificios semidestruidos o seriamente afectados.

1.3 Riesgo sísmico en la ciudad de Loja

Según Correa, C., Hinojosa, D., y Taipe, M. (2004) riesgo sísmico es "la estimación de las probables consecuencias sociales y económicas que puede causar un sismo en una zona y espacio de tiempo determinados, en concordancia con el peligro sísmico. Por ejemplo: víctimas, pérdidas materiales, etc."

La ciudad de Loja se ubica dentro de la zona sísmica II (CEC 2002) de una escala de IV, tal como se muestra en la figura 1.2; representa el $0.25g^2$ de la aceleración máxima efectiva en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad.

¹ Escala de Intensidad Mercalli Modificada

² Aceleración de la Gravedad (g)

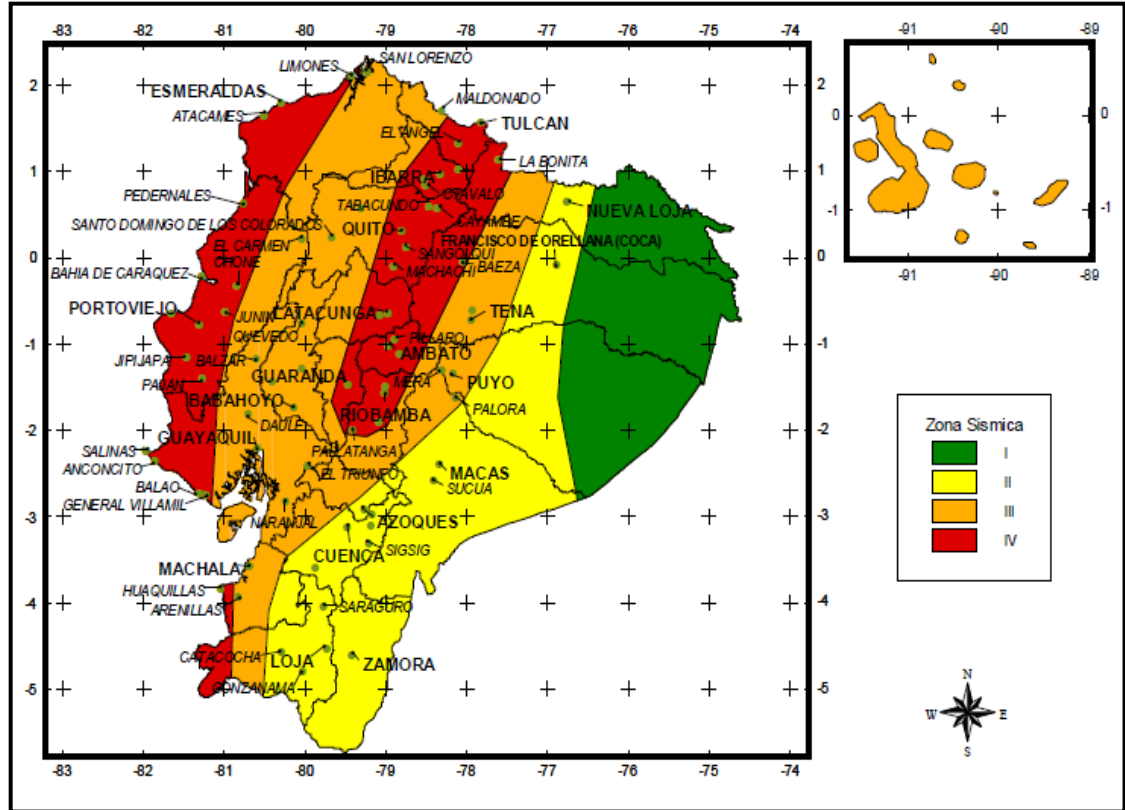


Figura 1.2 Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño
Fuente: [CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN 2002]

Es importante realizar una evaluación previa en lo referente a la actividad sísmica de la región en donde se va a realizar un proyecto de construcción, con el fin de disminuir su riesgo sísmico, aplicando correctamente las normas constructivas vigentes.

El número de habitantes de una región es el principal factor que determina el riesgo sísmico, su relación es directamente proporcional, dejando atrás factores como: zona sísmica, situación económica de los habitantes, etc. Por otro lado, en una localidad, donde el potencial sísmico sea bajo, pero con edificaciones basadas en un sistema



constructivo no adecuado, hace que el riesgo sísmico sea muy grande.

En el Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC 2002), se incluye el mapa de zonas sísmicas para fines de diseño (figura 1.2), y se establece un conjunto de especificaciones adecuadas para el diseño sísmico de estructuras, que deben ser aplicadas por profesionales dedicados al diseño, construcción y fiscalización.

Según el artículo publicado en el portal del Diario la Crónica de la ciudad de Loja, por el ingeniero Vicente Capa (2010), el mapa de zonas sísmicas ha determinado las zonas de bajo o alto riesgo sísmico, de acuerdo a las condiciones locales, tales como: cercanía a fallas activas, peligro sísmico en ellas, efectos de la estructura local del suelo, etc., que afectaría a una construcción tipo, lo cual permite establecer el riesgo a partir de una aceleración, en general horizontal, denominada aceleración de diseño.

1.4 Naturaleza del diseño sísmico

La naturaleza del diseño sísmico se basa en el cumplimiento del siguiente objetivo: prevenir daños en elementos estructurales y no estructurales, causados por movimientos telúricos, que puedan afectar durante la vida de la estructura.

Las agitaciones sísmicas son impredecibles, pero, la ciencia y la ingeniería proporcionan herramientas que se pueden utilizar para reducir sus efectos. Según Arancibia Carvallo, F. (2011) la ciencia puede ahora identificar dónde y cuándo los terremotos son probables de ocurrir y la magnitud en que se presenten, ésta información está



disponible para los ingenieros, arquitectos, planificadores y al público en general. En el campo de la ingeniería, los investigadores sísmicos y los ingenieros estructurales con experiencia en diseño sismorresistente tienen suficiente comprensión de los efectos de un terremoto sobre los edificios, para crear diseños seguros. Los códigos técnicos de construcción modernos incorporan toda esta información como es el caso del Código ACI 318S-08.

1.5 Configuración sísmica de edificios

Hay que recalcar que no solamente el análisis estructural y el buen detallamiento de las edificaciones es importante, sino que también, se ha evidenciado en los últimos sismos que la configuración estructural juega un papel esencial en el desempeño de edificios, la misma que queda en gran parte definida en el proyecto arquitectónico, es por ello, que tanto arquitectos como ingenieros deben trabajar conjuntamente para lograr un proyecto a la vez funcional, seguro y estéticamente atractivo.

Para seleccionar correctamente la configuración estructural de un edificio se debe tomar en cuenta la forma de construcción en planta y elevación, así como la distribución y arreglo de los elementos estructurales que constituyen el esqueleto resistente del edificio.



FALLAS RELACIONADAS CON LA SIMETRÍA

↳ Forma del edificio en planta

Se debe procurar en lo posible que la forma en planta del edificio sea simétrica para evitar las vibraciones torsionales.

Los daños se pueden producir cuando se construyen edificios en forma de T, L o H, produciéndose zonas de concentración de esfuerzos como se indica en la figura 1.3

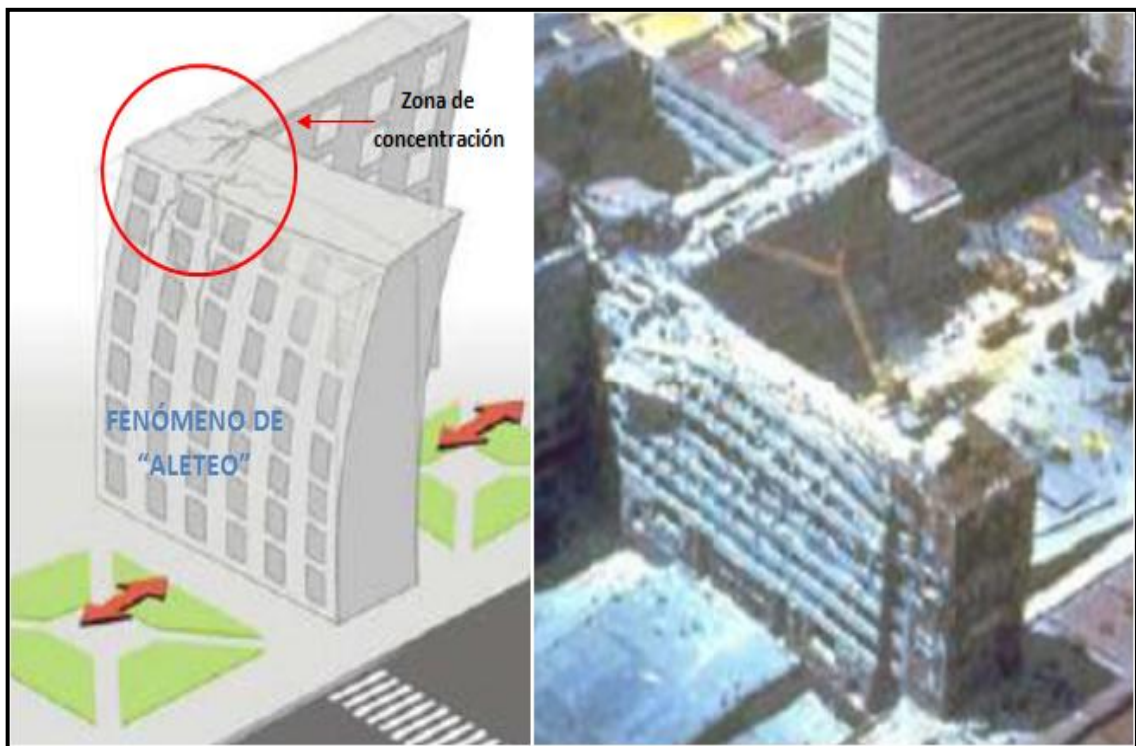


Figura 1.3 Falla producida por asimetría del edificio en planta
Fuente: [Fernández Cruz, O. (2010)]

La figura 1.4 presenta alternativas de solución a problemas de edificios con plantas asimétricas.

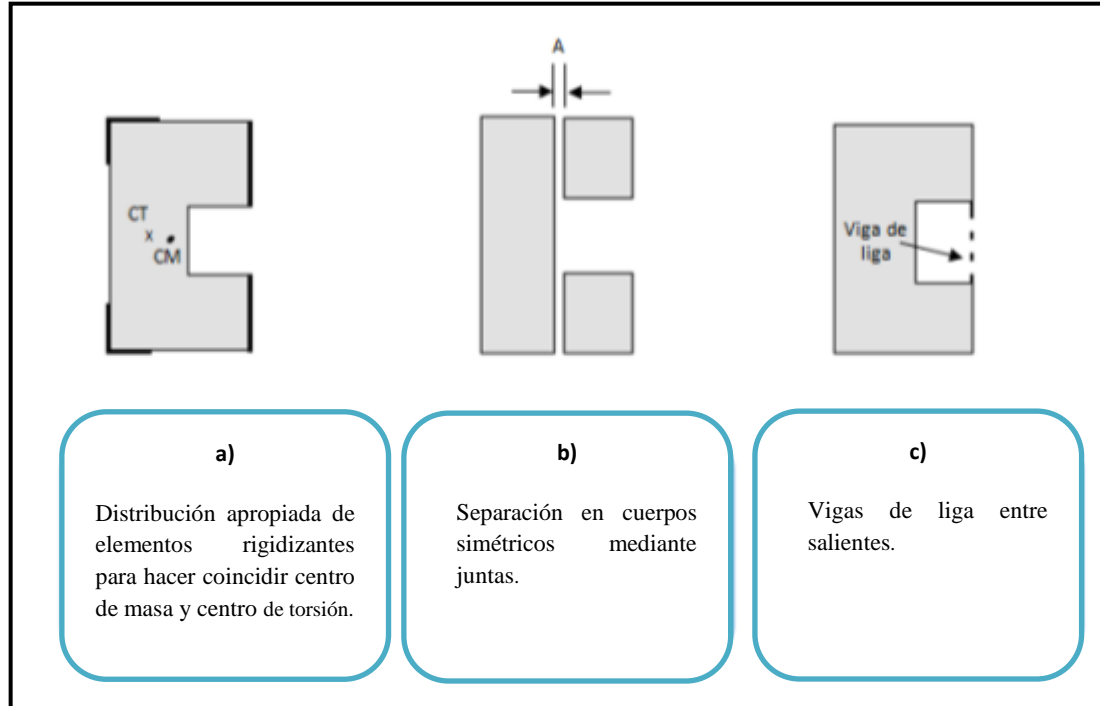


Figura 1.4 Posibles remedios para eliminar los problemas de plantas asimétricas

Fuente: [Bazan E., y Meli R. (1998)]

↳ Forma del edificio en elevación

La forma de los edificios en elevación debe ser sencilla, regular y simétrica para evitar que se produzcan amplificaciones de la vibración en las partes superiores del edificio, o concentraciones de esfuerzos en ciertos pisos.

Los daños se pueden producir cuando existen reducciones bruscas en las partes altas del edificio, provocándose el efecto "latigazo" por concentraciones de esfuerzos (figura 1.5), además la esbeltez excesiva puede ocasionar volteo e inestabilidad de la edificación.

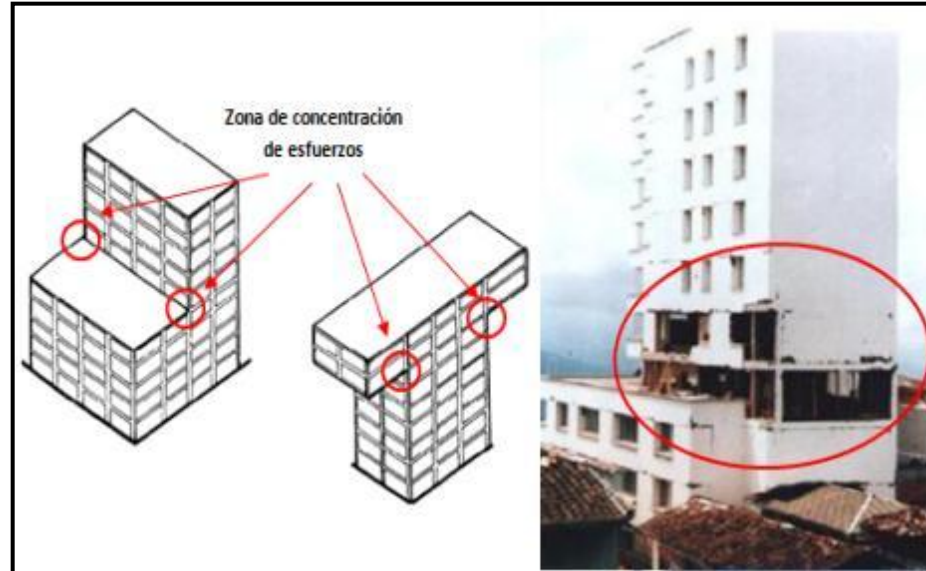


Figura 1.5 Falla producida por asimetría del edificio en elevación (efecto "latigazo")

Fuente: [Fernández Cruz, O. (2010)]

La figura 1.6 presenta alternativas de solución a problemas de reducciones en elevación.

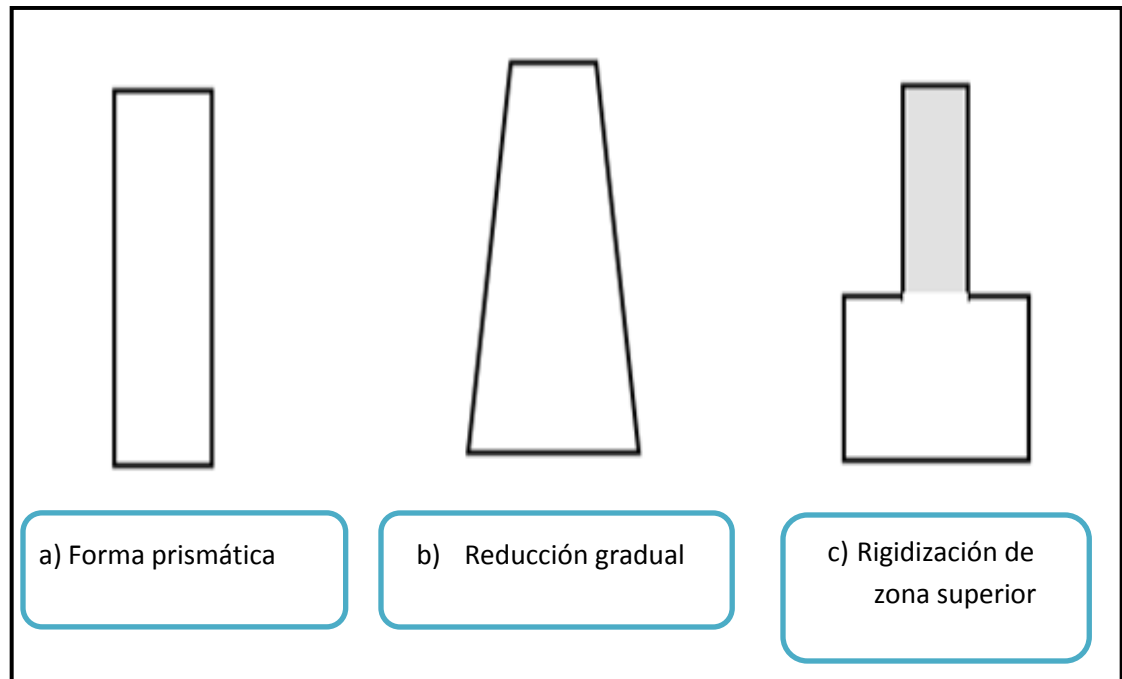


Figura 1.6 Posibles remedios a la reducción en elevación

Fuente: [Bazan E., y Meli R. (1998)]



FALLAS RELACIONADAS CON LA RIGIDEZ

↳ Rigidez sísmica en las dos direcciones

En las edificaciones se debe proporcionar suficiente rigidez en todas las direcciones, con el fin de evitar derivas excesivas.

El daño se produce cuando en una de las direcciones se dispone de vigas o columnas de menor dimensión en relación a la otra dirección, o su distribución en ese sentido es insuficiente (figura 1.7).

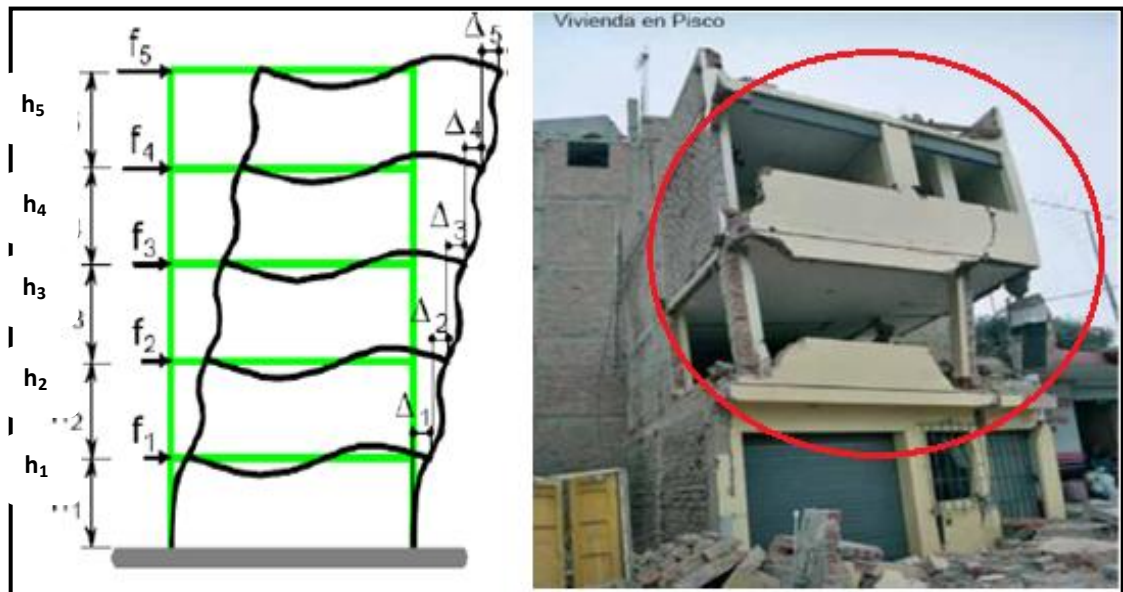


Figura 1.7 Falla producida por falta de rigidez en la dirección frontal
Fuente: [Fernández Cruz, O. (2010)]

↳ Separación de edificios adyacentes

Es importante guardar suficiente separación con respecto a edificios adyacentes, para evitar el choque entre ellos.



Si no existe suficiente separación sísmica entre edificios adyacentes, su manera distinta de vibrar ante la sollicitación sísmica puede producir choque entre ellos. Esto es más peligroso cuando los edificios adyacentes no coinciden en sus alturas de entrepiso, ya que las losas de un edificio pueden chocar las columnas del otro (figura 1.8).

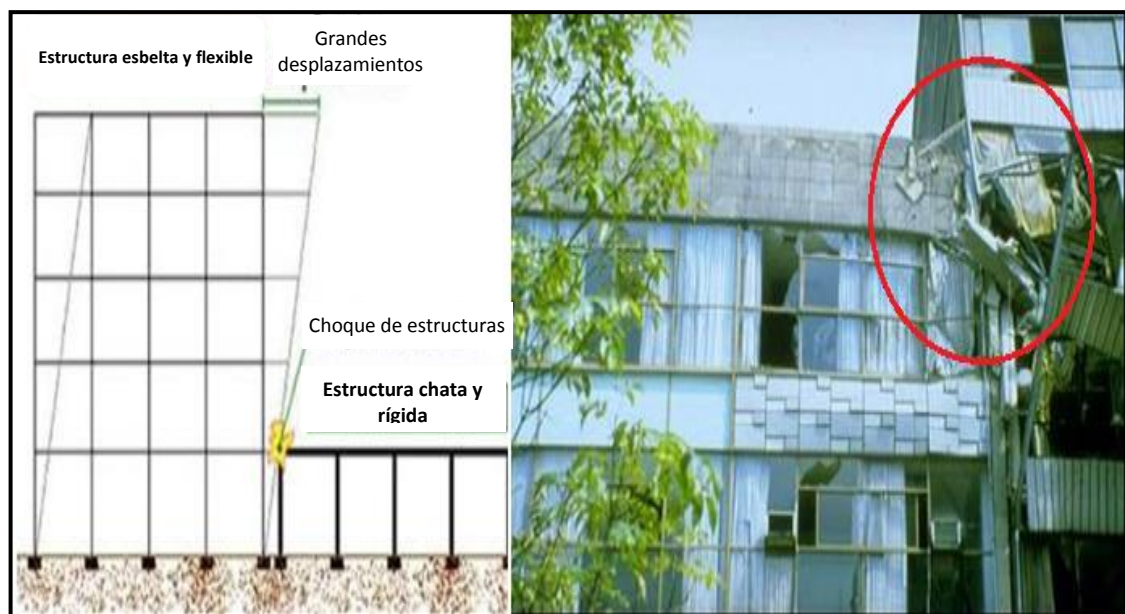


Figura 1.8 Falla producida por falta de separación entre edificios adyacentes

Fuente: [Fernández Cruz, O. (2010)]

La figura 1.9 presenta alternativas de solución a problemas de reducciones en elevación.

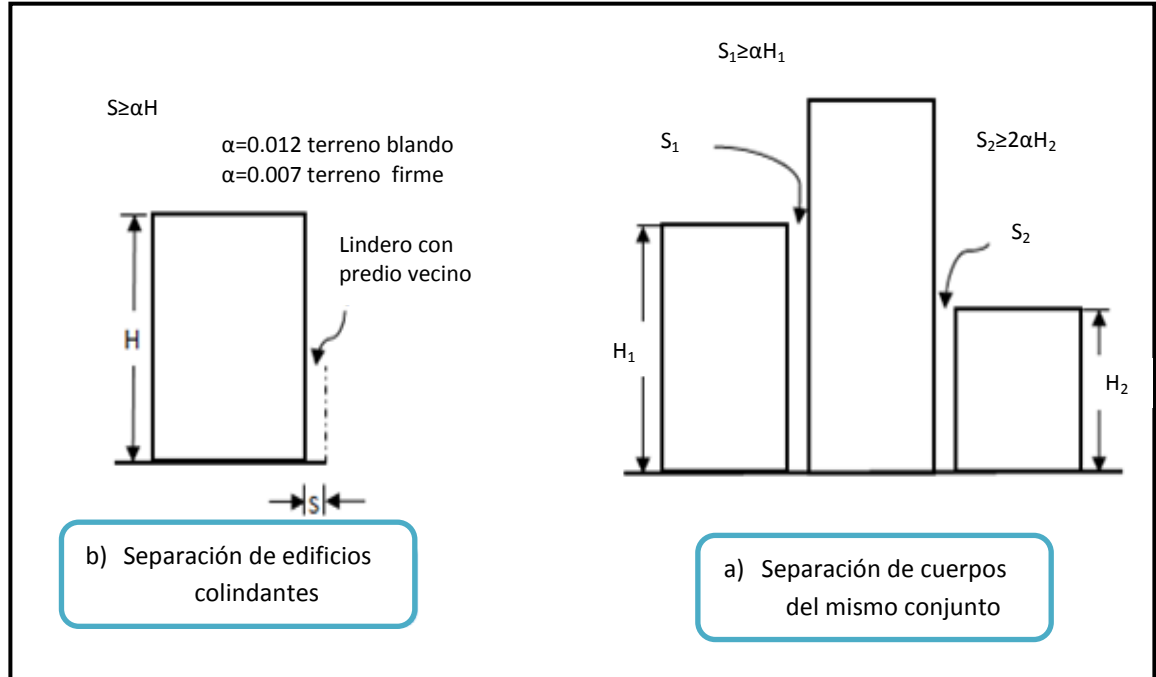


Figura 1.9 Separación entre edificios adyacentes para evitar choques

Fuente: [Bazan E., y Meli R. (1998)]

FALLAS RELACIONADAS CON LA CONTINUIDAD

↳ Continuidad de elementos estructurales

Es importante la continuidad de los elementos estructurales desde la cimentación hasta el último piso del edificio, para evitar concentraciones de esfuerzos en puntos críticos de la estructura.

El daño se produce cuando por ejemplo el elemento columna no es continuo a lo alto de la estructura, esto ocasiona cambios bruscos de rigidez como lo indica la figura 1.10.



Figura 1.10 Colapso por discontinuidad de elementos estructurales verticales

Fuente: [Fernández Cruz, O. (2010)]

↳ **Piso blando**

Se conoce como piso blando a aquel en el que se eliminan muros o placas del primer piso, concentrando demandas de ductilidad excesivas para las columnas de este piso, debido al comportamiento de sólido rígido de las placas superiores. Este problema se presenta en la figura 1.11.



Figura 1.11 Colapso de la estructura debido a piso blando

Fuente: [Fernández Cruz, O. (2010)]

1.6 Objeto del acero en el concreto reforzado

El concreto es un material frágil, con baja resistencia a tensión y alta resistencia a compresión, de ahí que en el año 1854 el constructor William Wilkinson vió necesario utilizar el acero para reforzar el concreto, debido a su alta resistencia a tensión (Universidad José Cecilio del Valle, 2009). El resultado de la combinación de estos dos materiales es el *concreto reforzado*, que posee ventajas como: buena resistencia al clima y al fuego, resistencia a la compresión, capacidad de moldeo del concreto con alta resistencia a tensión.

Según el documento publicado en la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres por Nakano (1995), "La resistencia y ductilidad son factores absolutamente esenciales que gobiernan el desempeño sísmico



de las estructuras", además, "La ductilidad es la capacidad de un elemento estructural para sufrir deformaciones plásticas sin perder su resistencia". Conocido el concepto, es esencial realizar un análisis de la ductilidad en los pórticos de las estructuras, especialmente en los edificios que no poseen muros de cortante y por lo tanto menos resistencia lateral.

La ductilidad de una estructura depende de la planeación estructural básica, que incluye: el mecanismo de cedencia de la estructura, la distribución de rigidez y la ductilidad de los elementos estructurales, ante esta última es importante mencionar que se puede lograr por medio de un diseño cuidadoso y detalles tales como: limitar la cantidad de refuerzo de tensión, proporcionar alguna cantidad de refuerzo de compresión, proveer suficiente cantidad de refuerzo de cortante, limitar el nivel de fuerza axial, etc. (Nakano, Y. 1995).

En resumen según Ottazi Pasino, G. (2009), las funciones del acero de refuerzo son las siguientes:

1. Resistir los esfuerzos de tracción.
 2. Asegurar que los anchos de grieta, no excedan ciertos límites, bajo condiciones de servicio.
 3. Proporcionar resistencia a la compresión cuando el concreto no puede resistir los esfuerzos actuantes.
 4. Evitar el pandeo del acero de refuerzo longitudinal sometido a compresión, mediante la colocación apropiada del refuerzo transversal (estribos).
 5. Confinar el concreto en zonas de esfuerzos de compresión altos en vigas, columnas y nudos.
-



1.7 Normativa utilizada en el estudio

En el presente estudio se utilizó como referencia el libro "Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural" ACI 318-08, debido a que presenta una gran cantidad de detalles para el concreto reforzado y a pesar de que en nuestro país existe una normativa vigente, ésta se basa en gran parte en los requerimientos de código ACI 318. "El Reglamento cubre el diseño y construcción de concreto estructural en edificaciones y donde sea aplicable en otras construcciones, así como también cubre la evaluación de resistencia de estructuras existentes de concreto reforzado". (ACI 318S, 2008)

Tal como lo indica su título "Requisitos de reglamento para concreto estructural", el documento se redacta para ser incluido como parte de un reglamento de construcción adoptado legalmente y como tal difiere substancialmente de otros documentos que presentan especificaciones, procedimientos recomendados, o ayudas y manuales de diseño.

La norma especifica una serie de detalles mínimos asociados a la colocación de la armadura del acero de refuerzo en la estructura. Los detalles utilizados en el presente estudio, están relacionados con los espaciamientos máximos y mínimos del refuerzo de acero, longitudes de anclaje, diámetros de doblado, ganchos, así como los recubrimientos mínimos necesarios para proteger el acero de refuerzo, entre otros.



1.8 Importancia del detallamiento del refuerzo

Es importante cumplir las especificaciones de detallamiento del refuerzo mencionadas en el código ACI 318-08, ya que son resultado de estudios de los efectos causados por los terremotos, mediante pruebas de laboratorio a escala real. Por ello es fundamental realizar un análisis estructural detallado que cumpla con los requerimientos necesarios para proteger la vida humana.

La ductilidad, el cumplimiento de los detalles del acero de refuerzo y la configuración estructural han resultado ser los medios más efectivos para proporcionar una estructura segura contra el colapso, principalmente cuando los movimientos son más grandes que los considerados en el diseño. (OPS, 2004).

Se debe prestar mucha atención en lo mencionado anteriormente, ya que el colapso de muchas estructuras durante sismos severos es consecuencia directa de la falla de un solo elemento o serie de elementos con ductilidad o resistencia insuficiente, es por ello que el cumplimiento de los detalles del refuerzo debe ser la clave para todo diseño, a fin de garantizar estructuras seguras.

1.9 Detallamiento del refuerzo según disposiciones de la norma de estudio

Para entender la manera adecuada del detallamiento del refuerzo en los principales elementos de una estructura, es necesario presentar en forma gráfica las disposiciones del ACI 318S (2008) utilizadas en el presente estudio.



A continuación se indica el detallamiento del refuerzo de las principales disposiciones del ACI 318S (2008) sobre cimentaciones, muros, columnas, vigas, y losas.

➤ CIMENTACIONES

En lo que se refiere a zapatas y losas de cimentación, en la figura 1.12 se ilustra la disposición que hace mención al numeral 21.12.3.1, que dice lo siguiente:

Las vigas sobre el terreno diseñadas para actuar como amarres horizontales entre las zapatas o cabezales de pilotes deben tener refuerzo longitudinal continuo que debe desarrollarse dentro o más allá de la columna, o anclarse dentro de la zapata o el cabezal de pilotes en todas las discontinuidades. (p. 379).

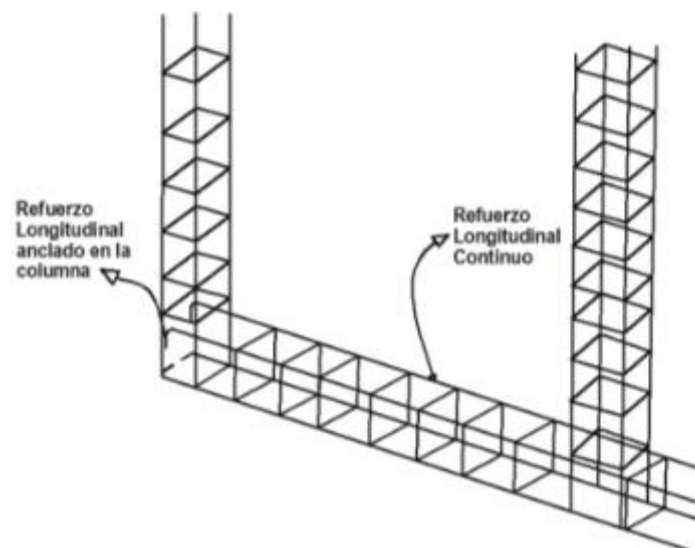


Figura 1.12 Vigas sobre el terreno

En cuanto al numeral 15.4.1, "En zapatas en una dirección y en zapatas cuadradas en dos direcciones, el refuerzo debe distribuirse uniformemente a lo largo del



ancho total de la zapata." (p. 274), tal como lo indica la figura 1.13.

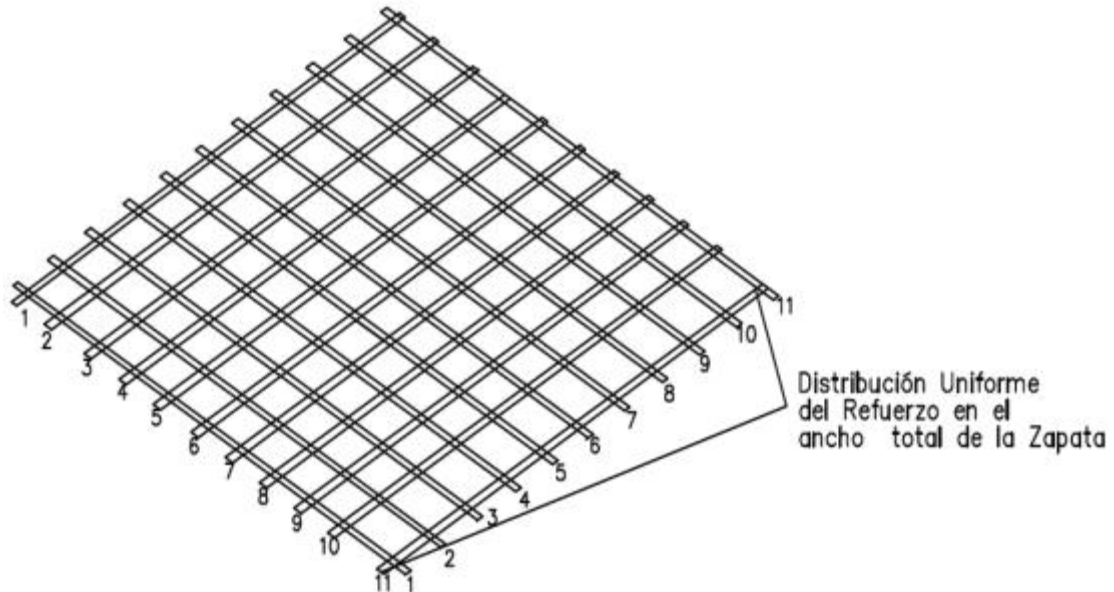


Figura 1.13 Armado de zapata cuadrada en dos direcciones

En la figura 1.14 se ilustra el último numeral 21.12.2.2 que hace referencia a zapatas, el mismo señala que: "Si se requiere de ganchos el refuerzo longitudinal que resiste la flexión debe tener ganchos de 90 grados cerca del fondo de la cimentación, con el extremo libre de las barras orientado hacia el centro de la columna". (p. 378). Para este literal el ACI 318S (2008), emite un comentario sobre la razón de esta disposición:

Los ensayos han demostrado que los elementos en flexión que terminan en una zapata, losa o viga (un nudo T) deben tener sus ganchos orientados hacia adentro, en dirección del eje del elemento, para que el nudo sea capaz de resistir la flexión en el elemento que forma el alma de la T. (p. 378).

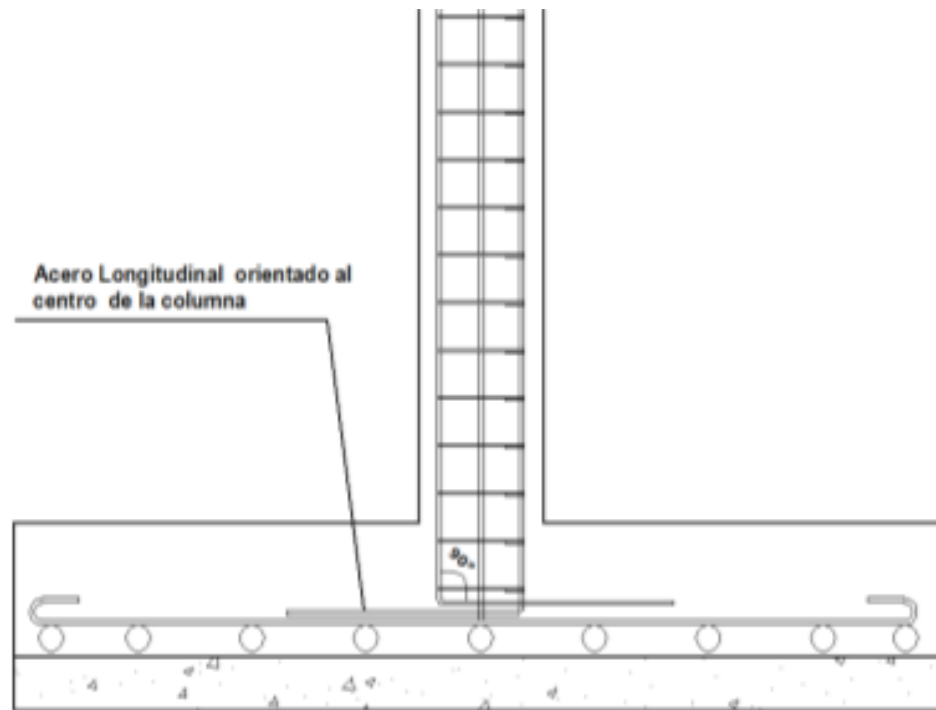


Figura 1.14 Refuerzo longitudinal que resiste flexión orientado hacia el centro de la columna

➤ MUROS

Otro de los elementos estructurales son los muros sometidos a carga axial con o sin flexión, para ello el ACI 318S (2008), en el numeral 11.9.9.3 dispone que: "El espaciamiento del refuerzo horizontal para cortante no debe exceder el menor de $l_w/5$, $3h$, ó 450 mm, donde l_w es la longitud total del muro". Y en el numeral 11.9.9.5 que: "El espaciamiento del refuerzo vertical para cortante no debe exceder el menor de $l_w/3$, $3h$, ó 450 mm". (p. 199). A más de los numerales mencionados, el numeral 14.3.4 indica que:

Los muros con un espesor mayor que 250 mm, excepto los muros de sótanos deben tener el refuerzo en cada dirección colocada en dos capas paralelas a las caras del muro de acuerdo con:



- (a) Una capa consistente en no menos de $1/2$, y no más de $2/3$ del refuerzo total requerido para cada dirección, debe colocarse a no menos de 50 mm ni a más de $1/3$ del espesor del muro a partir de la superficie exterior.
- (b) La otra capa, consistente en el resto del refuerzo requerido en esa dirección, debe colocarse a no menos de 20 mm ni a más de $1/3$ del espesor del muro a partir de la superficie interior. (p. 266).

Para mayor comprensión en la figura 1.15 se observa el detalle del refuerzo en un muro.

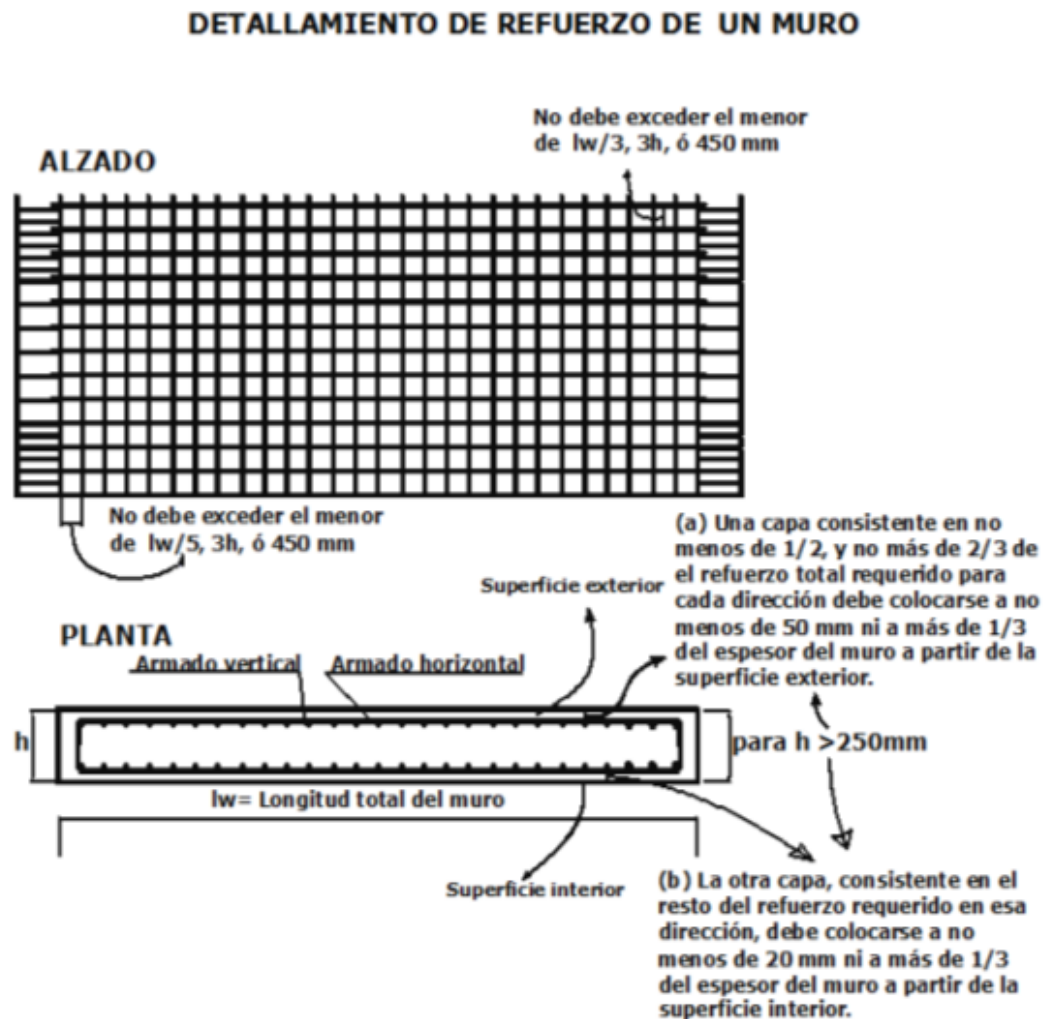


Figura 1.15 Detallamiento del refuerzo en un muro



► COLUMNAS

Las columnas son uno de los elementos más importantes, ya que ellas soportan y transmiten el peso de la estructura verticalmente, deben tener un correcto detallamiento del refuerzo para que garanticen seguridad e integridad a la estructura. Por ello el ACI 318S (2008), en el numeral 21.3.5.2 dispone el detallamiento de los estribos cerrados de confinamiento en columnas como se indica a continuación:

En ambos extremos del elemento deben proporcionarse estribos cerrados de confinamiento con un espaciamiento de s_o por una longitud l_o medida desde la cara del nudo. El espaciamiento s_o no debe exceder el menor de (a), (b), (c) y (d):

- (a) Ocho veces el diámetro de la barra longitudinal confinada de menor diámetro.
- (b) 24 veces el diámetro de la barra del estribo cerrado de confinamiento.
- (c) La mitad de la menor dimensión de la sección transversal de la columna.
- (d) 300 mm.

La longitud l_o , no debe ser menor que la mayor entre (e), (f) y (g):

- (e) Una sexta parte de la luz libre de la columna.
- (f) La mayor dimensión de la sección transversal de la columna.
- (g) 450 mm. (p. 344)

En la figura 1.16 se muestra la separación vertical apropiada para estribos y la longitud total para la colocación de estribos de confinamiento.

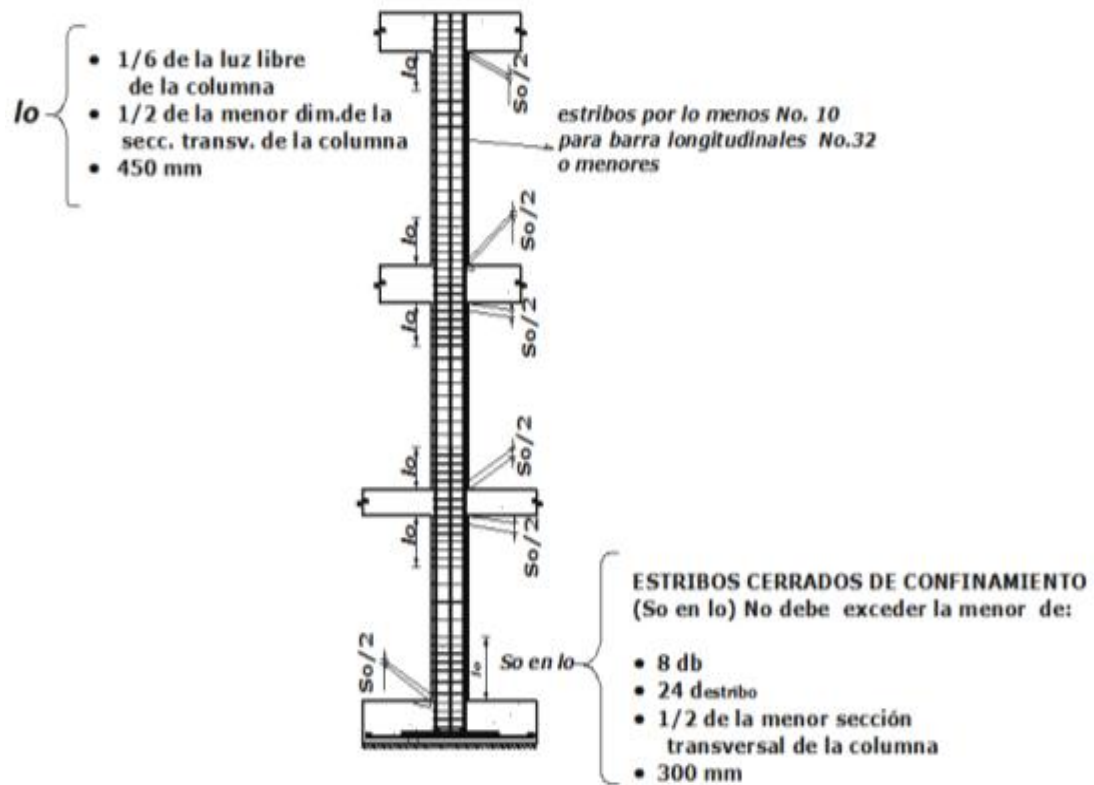


Figura 1.16 Distribución del refuerzo en columnas

Fuente: [IPS-1 (2002)]

Continuando con el detallamiento de refuerzo en columnas el ACI 318S (2008), en el numeral 7.10.5.2 menciona que "El espaciamiento vertical de los estribos no debe exceder 16 diámetros de barra longitudinal, 48 diámetros de barra o alambre de los estribos, o la menor dimensión del elemento sometido a compresión.", tal como lo indica la figura 1.17 y en el numeral 7.10.5.1 que dispone lo siguiente:

Todas las barras no preesforzadas deben estar confinadas por medio de estribos transversales de por lo menos diámetro No. 10, para barras longitudinales No. 32 o menores; y diámetro No. 13 como mínimo, para



barras longitudinales No. 36, No. 43 y No. 57 y paquetes de barras. (p. 102).

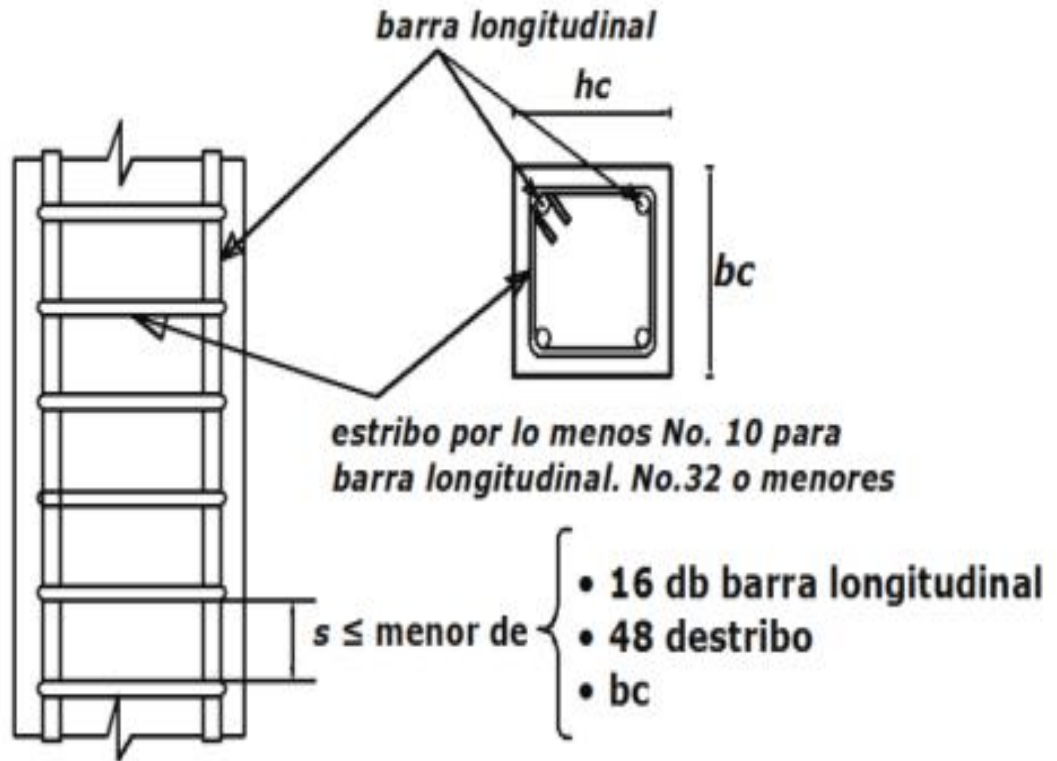


Figura 1.17 Separación vertical de estribos en columnas

Fuente: [IPS-1 (2002)]

Según el numeral 10.9.2 "El número mínimo de barras longitudinales en elementos sometidos a compresión debe ser de 4 para barras dentro de estribos circulares o rectangulares, 3 para barras dentro de estribos triangulares y 6 para barras rodeadas por espirales." (p. 148), como lo ilustra la figura 1.18.

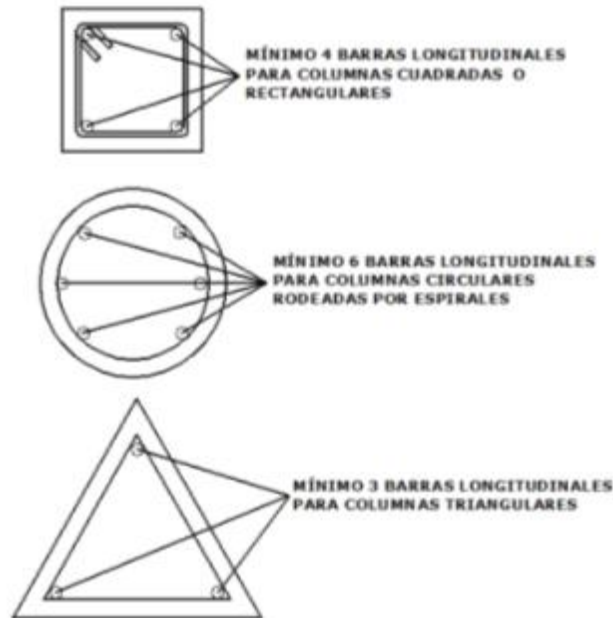


Figura 1.18 Número mínimo de barras en columnas

El ACI 318S (2008), también hace referencia a los límites de espaciamiento de refuerzo para columnas en el numeral 7.6.3: "En elementos a compresión reforzados con espirales o estribos, la distancia libre entre barras longitudinales no debe ser menor de $1.5d_b$, ni de 40 mm." (p. 94). Este detalle se lo puede observar en la figura 1.19.

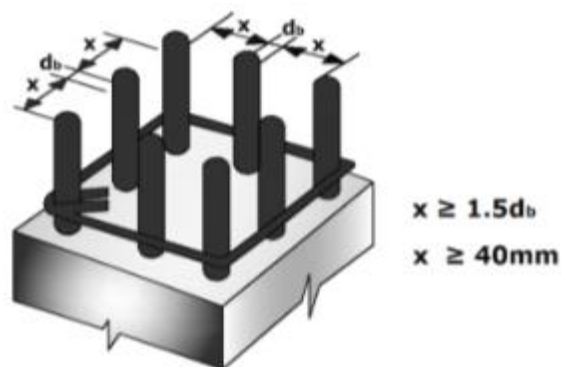


Figura 1.19 Distancia libre entre barras longitudinales en columnas
Fuente: [IPS-1 (2002)]



En la Figura 1.20 se indican las medidas entre barras de columna apoyadas lateralmente, y se explica exactamente lo que dispone el numeral 7.10.5.3 del código:

Los estribos deben disponerse de tal forma que cada barra longitudinal de esquina y barra alterna tenga apoyo lateral proporcionado por la esquina de un estribo con un ángulo interior no mayor de 135° , y ninguna barra longitudinal debe estar separada a más de 150 mm libres de una barra apoyada lateralmente. Cuando las barras longitudinales estén localizadas alrededor del perímetro de un círculo, se permite el uso de un estribo circular completo. (p. 102)

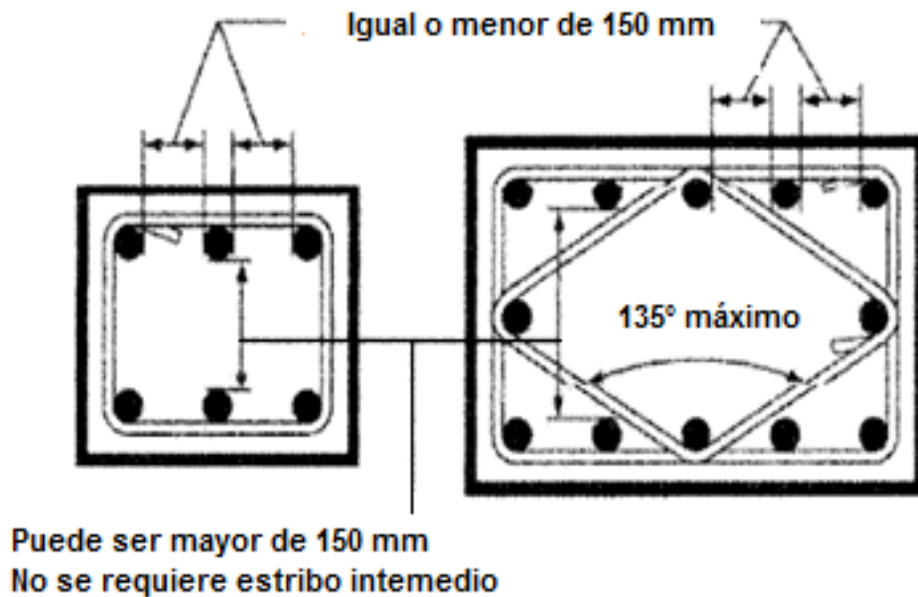


Figura 1.20 Medidas entre barras de columna apoyadas lateralmente

Fuente: [ACI 318 (2008), p.102]

Las disposiciones del ACI 318S (2008) para paquetes de barras se encuentran en los numerales 7.6.6.1 y 7.6.6.2 que mencionan que "los grupos de barras paralelas dispuestas en un paquete para trabajar como una unidad, deben limitarse a 4 barras para cada paquete." (p. 95) y "Los paquetes de barras deben estar colocados dentro de estribos" (p. 95),



respectivamente. En la figura 1.21 se muestra estas disposiciones.

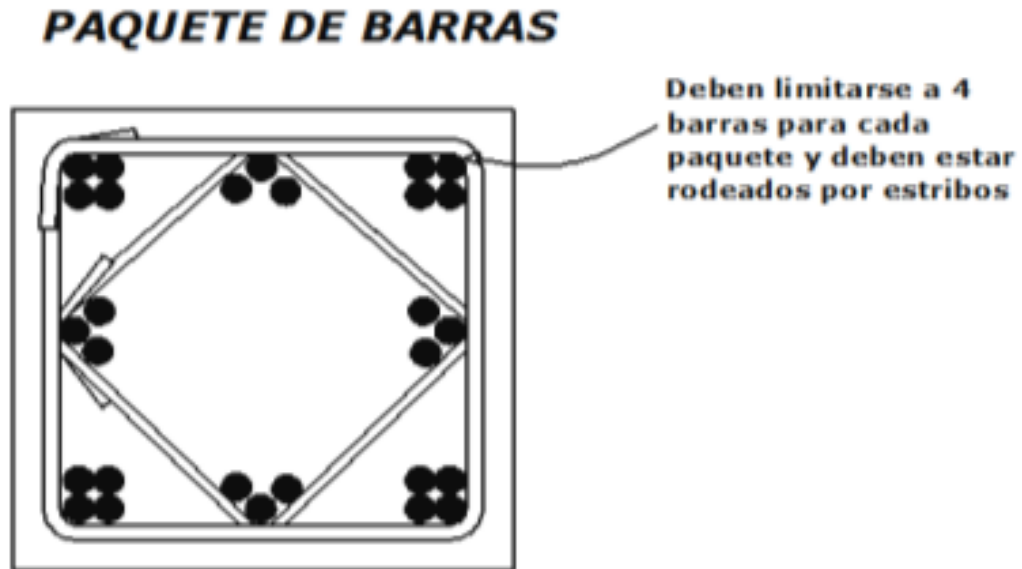


Figura 1.21 Paquete de barras en columnas

➤ VIGAS

Las vigas son elementos horizontales que forman parte de la estructura, y están encargadas de transmitir cargas que reciben de losas y elementos planos a las columnas, para ello el ACI 318S (2008) dispone una serie de detallamientos del refuerzo indicados a continuación.

El detalle del refuerzo transversal para elementos a flexión se indica en el numeral 7.11.2: "El refuerzo transversal para elementos de pórticos sometidos a esfuerzos reversibles de flexión o a torsión en los apoyos debe consistir en estribos cerrados o espirales colocados



alrededor del refuerzo de flexión.", en la figura 1.22 se observa esta disposición. (p.103)

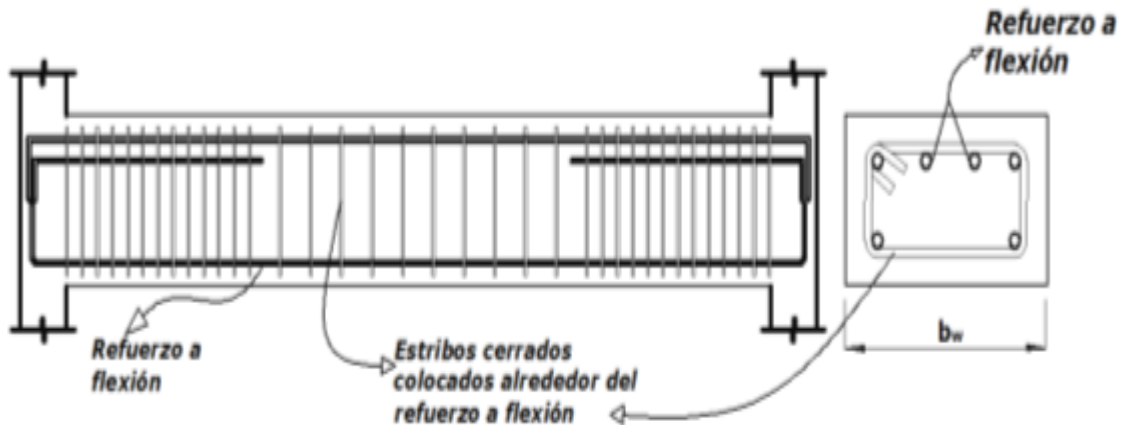


Figura 1.22 Refuerzo transversal para elementos a flexión

Los detalles de barras dobladas para desarrollar el gancho estándar, como en la figura 1.23, se indican en el último párrafo del numeral 7.13.2.2, el cual menciona que: "En apoyos no continuos, el refuerzo debe ser anclado para desarrollar f_y en la cara del apoyo usando un gancho estándar que cumpla con 12.5 o una barra corrugada con cabeza que cumpla con 12.6." (p.106)

El numeral 12.5.1 señala que:

La longitud de desarrollo para barras corrugadas en tracción que terminen en un gancho estándar (véase 7.1), l_{dh} se debe calcular de 12.5.2 y los factores de modificación de 12.5.3, pero l_{dh} no debe ser menor que el mayor de $8d_b$ y 150 mm. (p.218)

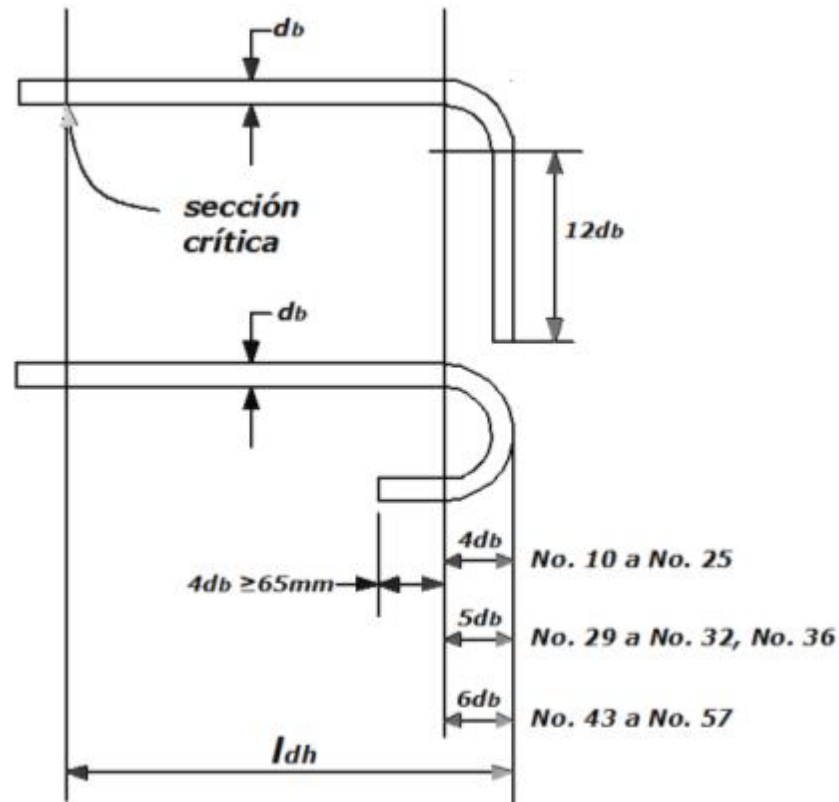


Figura 1.23 Detalles de barras dobladas para desarrollar el gancho estándar

Fuente: [ACI 318 (2008), p.218]

El comentario sobre el desarrollo de ganchos estándar en tracción se lo emite en R12.5, el cual menciona lo siguiente:

Las disposiciones para anclaje de barras con ganchos fueron revisadas extensamente en el Reglamento de 1983. El estudio de fallas de barras con gancho indica que la separación del recubrimiento de concreto en el plano del gancho es la causa principal de falla, y que el hendimiento se origina en la parte interior del gancho, donde las concentraciones locales de esfuerzo son muy elevadas. Por lo tanto, el desarrollo del gancho es función directa del diámetro de barras, db , que controla la magnitud de los esfuerzos de compresión sobre la cara interior del gancho. (p. 218).



En la figura 1.24 se ilustra el detallamiento de los estribos cerrados de confinamiento, la colocación de estribos a lo largo de la viga y la longitud de la Luz libre recomendada para vigas; estas disposiciones están en los numerales 21.3.4.2, 21.3.4.3 y 21.5.1.2 respectivamente:

El numeral 21.3.4.2 menciona que:

En ambos extremos del elemento, deben disponerse estribos cerrados de confinamiento por longitudes iguales a $2h$, medidas desde la cara del elemento de apoyo hacia el centro de la luz. El primer estribo cerrado de confinamiento debe estar situado a no más de 50 mm de la cara del elemento de apoyo. El espaciamiento de los estribos cerrados de confinamiento no debe exceder el menor de (a), (b), (c) y (d):

(a) $d/4$.

(b) Ocho veces el diámetro de la barra longitudinal confinada más pequeña.

(c) 24 veces el diámetro de la barra del estribo cerrado de confinamiento.

(d) 300 mm. (p.344).

El numeral 21.3.4.2 indica que: "Deben colocarse estribos espaciados a no más de $d/2$ en toda la longitud del elemento." (p.344)

Y en el 21.5.1.2: "La luz libre del elemento, l_n , no debe ser menor que cuatro veces su altura útil." (p.347)

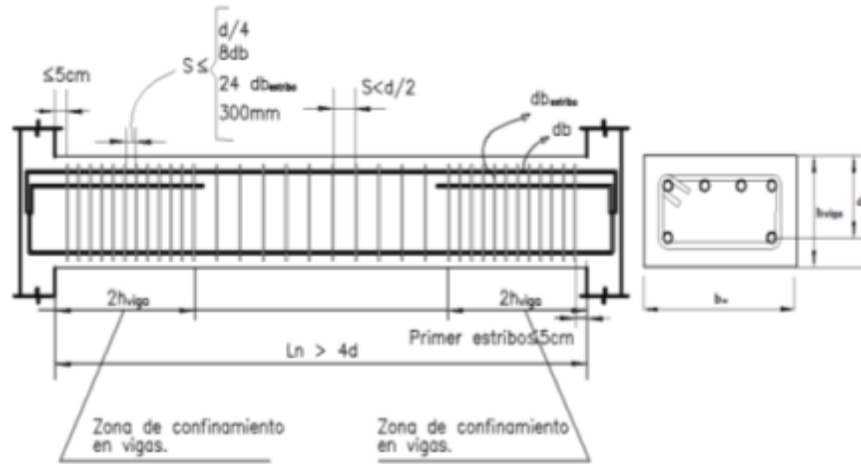


Figura 1.24 Detallamiento del refuerzo en una viga

En la figura 1.25 se muestra la disposición del numeral 21.5.2.3 que hace referencia al traspape en vigas: El espaciamiento del refuerzo transversal que confina las barras traslapadas no debe exceder al menor entre $d/4$ y 100 mm. No deben usarse empalmes por traslapo:

- Dentro de los nudos (refuerzo para momento negativo).
- En una distancia de dos veces la altura del elemento medida desde la cara del nudo (refuerzo para momento positivo) y;
- Donde el análisis indique fluencia por flexión causada por desplazamientos laterales inelásticos del pórtico. (p.349).

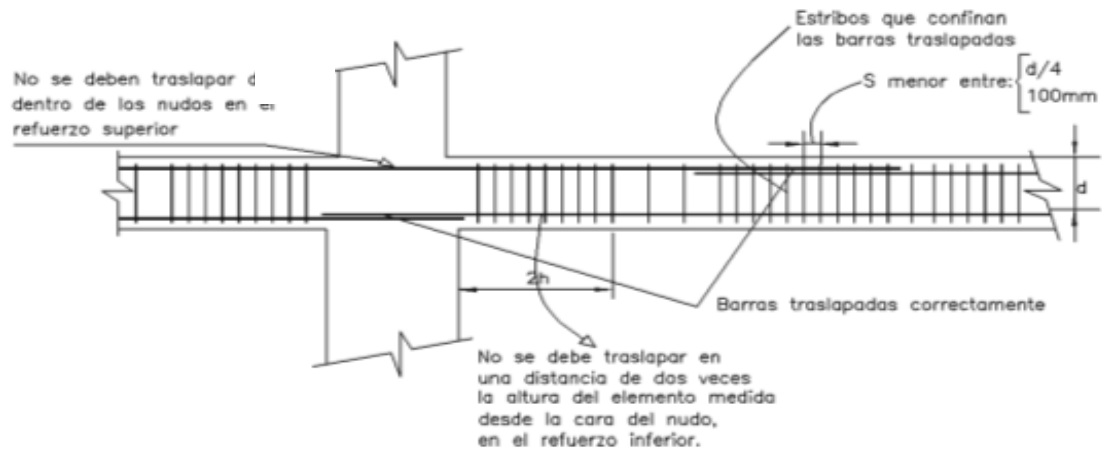


Figura 1.25 Traslape en vigas

El límite de espaciamiento de refuerzo y el ancho mínimo de vigas lo dispone el numeral 7.6.1 y 21.5.1.3 respectivamente, y lo ilustra la figura 1.26. El numeral 7.6.1 menciona que: "La distancia libre mínima entre barras paralelas de una capa debe ser d_b , pero no menor de 25 mm." (p.94), en tanto el numeral 21.5.1.3 dispone que: "El ancho del elemento, b_w , no debe ser menor que el más pequeño de $0.3h$ y 250 mm." (p.348)

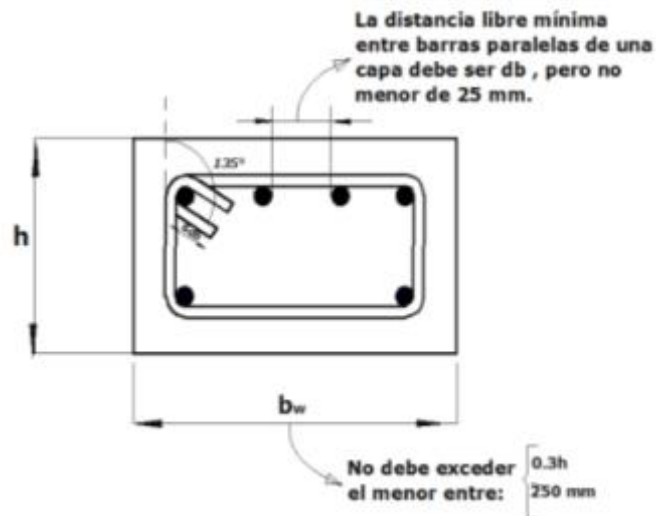


Figura 1.26 Límite de espaciamiento de refuerzo y ancho mínimo de una viga



La figura 1.27 muestra la ubicación de estribos perpendiculares en la barra que se está desarrollando, espaciados a lo largo de la longitud de desarrollo, l_{dh} , del gancho. Esta disposición, se la tomó del último párrafo del numeral 12.5.3 que dice lo siguiente: "el primer estribo debe confinar la parte doblada del gancho, a una distancia menor a $2d_b$ del borde externo del gancho." (p.219)

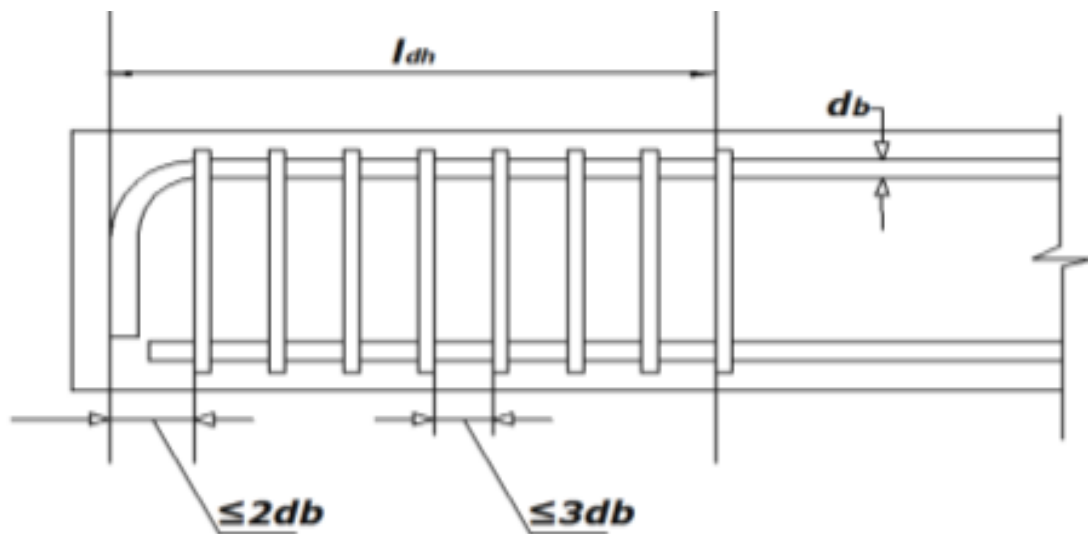


Figura 1.27 Estribos colocados perpendicularmente a la barra en desarrollo, espaciados a lo largo de la longitud de desarrollo l_{dh}
Fuente: [ACI 318 (2008), p.219]

El numeral 12.5.4 dispone sobre las barras que son desarrolladas mediante un gancho estándar, el cual se menciona a continuación:

Para barras que son desarrolladas mediante un gancho estándar en extremos discontinuos de elementos con recubrimiento sobre el gancho de menos de 65 mm en ambos lados y en el borde superior (o inferior), la barra con el gancho se debe confinar con estribos, perpendicular a la barra en desarrollo, espaciados en no más de $3d_b$ a lo largo de l_{dh} . El primer estribo debe confinar la parte doblada del gancho dentro de



$2db$ del exterior del dobléz, donde db es el diámetro de la barra con gancho. (p.220). La figura 1.28 aclara esta disposición.

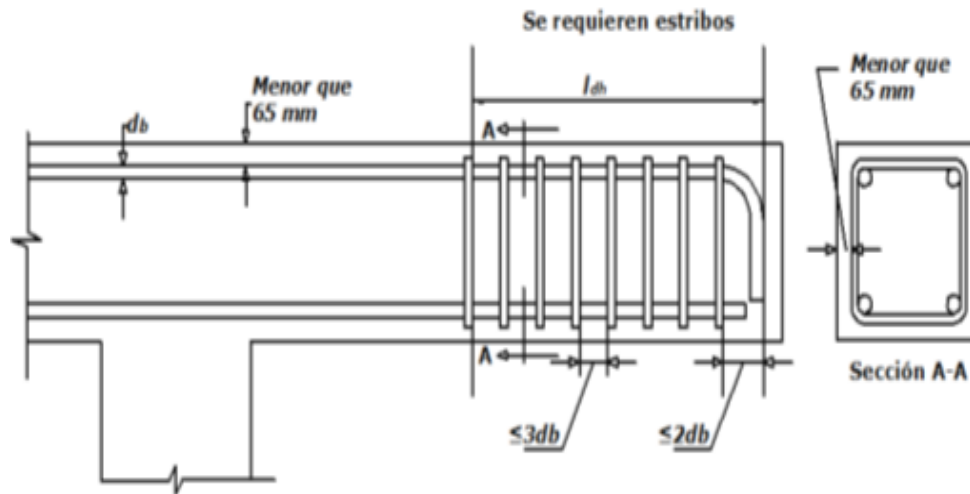


Figura 1.28 Recubrimiento del concreto según 12.5.4

Fuente: [ACI 318 (2008), p.220]

Es importante mencionar el comentario del ACI 318-08 R12.5.4, que hace referencia a esta disposición:

Los ganchos de barras son especialmente susceptibles a fallas por hendimiento del concreto, cuando los recubrimientos, tanto lateral (normal al plano del gancho) como superior o inferior (en el plano del gancho) son pequeños. Véase la figura R12.5.4 (igual a figura 1.28 de este documento). Cuando el confinamiento proporcionado por el concreto es mínimo, es esencial el confinamiento proporcionado por estribos, especialmente cuando debe desarrollarse la resistencia completa de una barra con gancho con un recubrimiento tan pequeño. Algunos casos típicos en que los ganchos requieren estribos para confinamiento son los extremos de vigas simplemente apoyadas, el extremo libre de voladizos y los extremos de elementos que concurren a un nudo, cuando esos elementos no continúan más allá del nudo. En contraste, cuando los esfuerzos calculados en las barras son bajos, de manera que no es necesario el gancho para anclaje, no



son necesarios los estribos. Asimismo, para barras con gancho en extremos discontinuos de losas con confinamiento proporcionado por la losa continua a ambos lados normales al plano del gancho, no se aplican las disposiciones de 12.5.4. (p.220)

El numeral 12.11.1 hace referencia al desarrollo del refuerzo para momento positivo, y se ilustra en la figura 1.29, textualmente dispone lo siguiente:

Por lo menos $1/3$ del refuerzo para momento positivo en elementos simplemente apoyados y $1/4$ del refuerzo para momento positivo en elementos continuos, se debe prolongar a lo largo de la misma cara del elemento hasta el apoyo. En las vigas, dicho refuerzo se debe prolongar, por lo menos 150 mm dentro del apoyo. (p.229).

Además se debe tomar en cuenta lo mencionado en los numerales 21.7.2.2 y 21.7.5.3 que establecen lo siguiente: "El refuerzo longitudinal de una viga que termine en una columna, debe prolongarse hasta la cara más distante del núcleo confinado de la columna y anclarse, en tracción, de acuerdo con 21.7.5, y en compresión de acuerdo con el Capítulo 12" (p.359). Y "Las barras rectas que terminan en un nudo deben pasar a través del núcleo confinado de la columna o elemento de borde. Cualquier porción de I_{dh} fuera del núcleo confinado debe incrementarse mediante un factor de 1.6." (p.361).

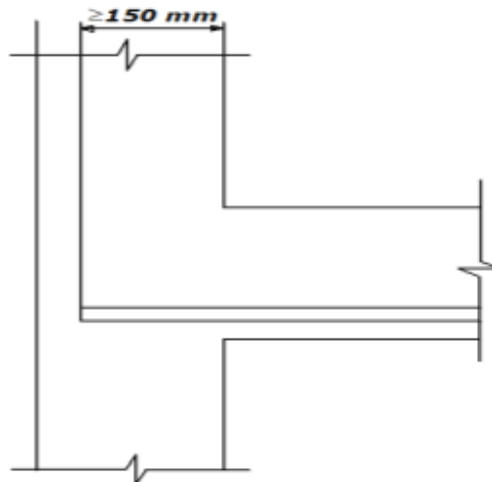


Figura 1.29 Desarrollo del refuerzo para momento positivo de una viga que termine en una columna exterior

Mientras tanto el numeral 12.12.1 habla sobre el desarrollo del refuerzo para momento negativo: "El refuerzo para momento negativo en un elemento continuo, restringido, o en voladizo, o en cualquier elemento de un pórtico rígido, debe anclarse en o a través de los elementos de apoyo mediante una longitud embebida, ganchos o anclajes mecánicos." (p.231), tal como lo muestra la figura 1.30.

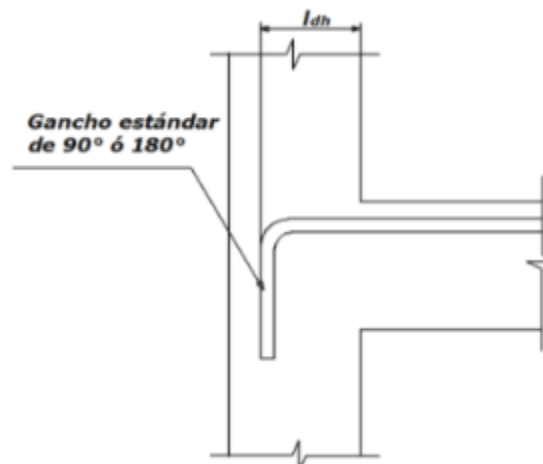


Figura 1.30 Desarrollo del refuerzo para momento negativo en una viga que termine en una columna exterior

Fuente: [ACI 318 (2008), p.231]



➤ **LOSAS**

Las losas son elementos estructurales horizontales, que constituyen los pisos de los edificios, es un componente de flexión que distribuye la carga horizontalmente en una o más direcciones.

El ACI 318 (2008), dispone en algunos numerales el detallamiento del refuerzo en losas, en este caso se hace énfasis en las losas con nervaduras debido a que en la ciudad de Loja es muy común construir losas de este tipo.

Se empieza haciendo mención al numeral 13.3.2 que dice:

El espaciamiento del refuerzo en las secciones críticas no debe exceder de 2 veces el espesor de la losa, excepto para aquellas porciones de la superficie de las losas nervadas o celulares. El refuerzo de la losa localizado sobre los espacios celulares debe colocarse como se requiere en 7.12. (p.247)

Como lo mencionó anteriormente el numeral 13.13.2, para el refuerzo localizado sobre los espacios celulares es necesario observar el numeral 7.12.2.2 que dice: "El refuerzo de retracción y temperatura no debe colocarse con una separación mayor de 5 veces el espesor de la losa ni de 450 mm." (p.104). En la figura 1.31 se observa esta disposición.

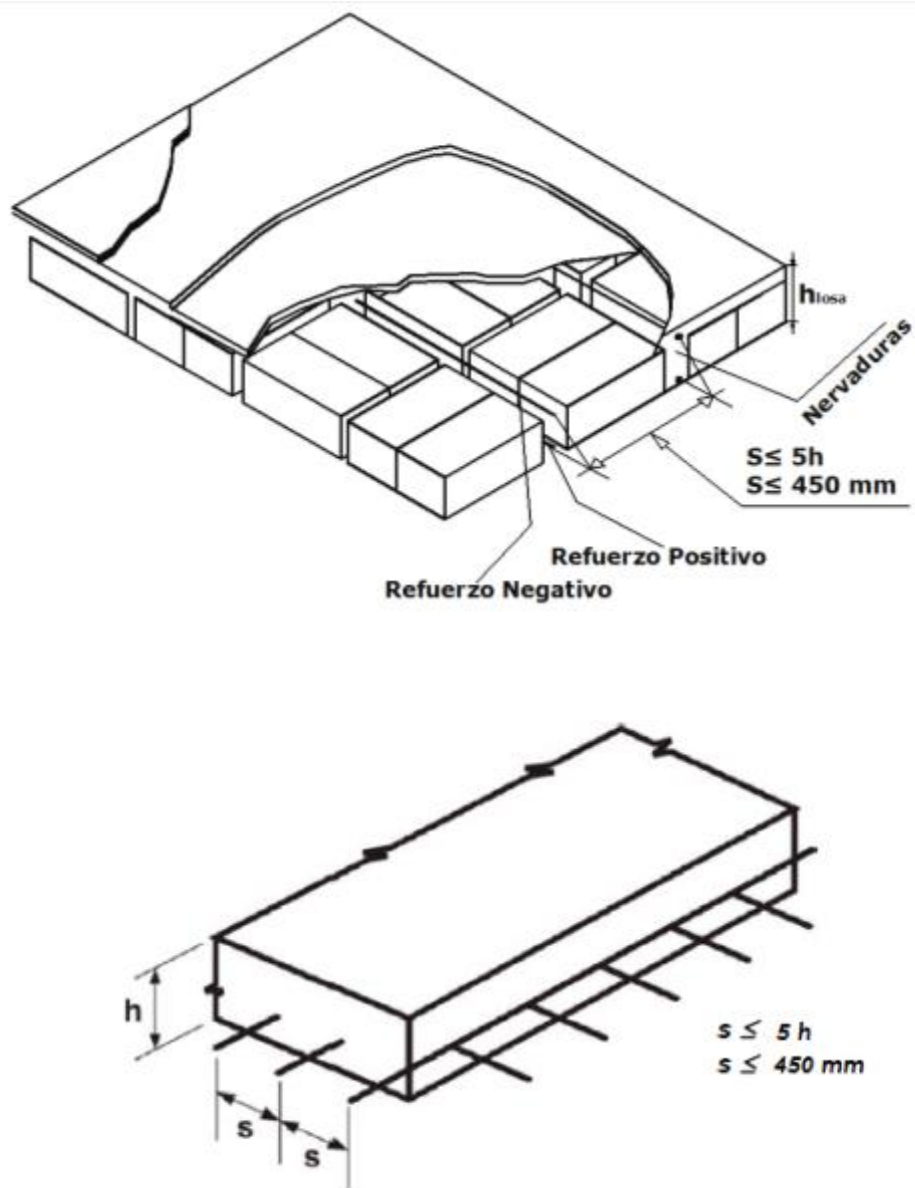


Figura 1.31 Distribución del refuerzo en una losa

Fuente: [CIRSOC 201 (1991), p.177]

Continuando con el detallamiento de refuerzo en losas, el numeral 13.3.3 del ACI 318S-08 menciona que: "El refuerzo para momento positivo perpendicular a un borde discontinuo debe prolongarse hasta el borde de la losa y tener una longitud embebida recta o en gancho, de por lo



menos 150 mm en las vigas, muros o columnas perimetrales." (p.247). En la figura 1.32 se ilustra lo mencionado anteriormente:

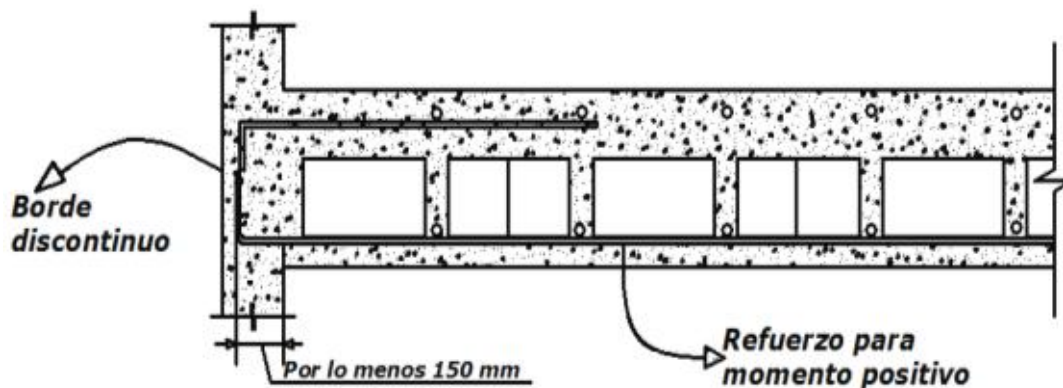


Figura 1.32 Refuerzo para momento positivo en una losa

➤ DIÁMETROS MÍNIMOS DE DOBLADO

La disposición 7.2.2 del código hace referencia a los diámetros mínimos de doblado, se muestra en la figura 1.33 y menciona lo siguiente: "El diámetro interior de doblado para estribos no debe ser menor que $4d_b$ para barras No. 16 y menores. Para barras mayores que No. 16, el diámetro de doblado debe cumplir con lo estipulado en la tabla 7.2."

Tabla 1.1 Diámetros Mínimos de Doblado

Diámetros de las barras	Diámetro mínimo de doblado
No. 10 a No. 25	$6 d_b$
No. 29, No. 32 y No. 36	$8 d_b$
No. 43 y No. 57	$10d_b$

FUENTE: American Concrete Institute ACI 318S (2008). *Requisitos de Reglamento para concreto estructural (ACI 318S-08) y comentario*. American Concrete Institute. Farmington Hills, Michigan, EEUU. Cap.7. p.92. Tabla 7.2

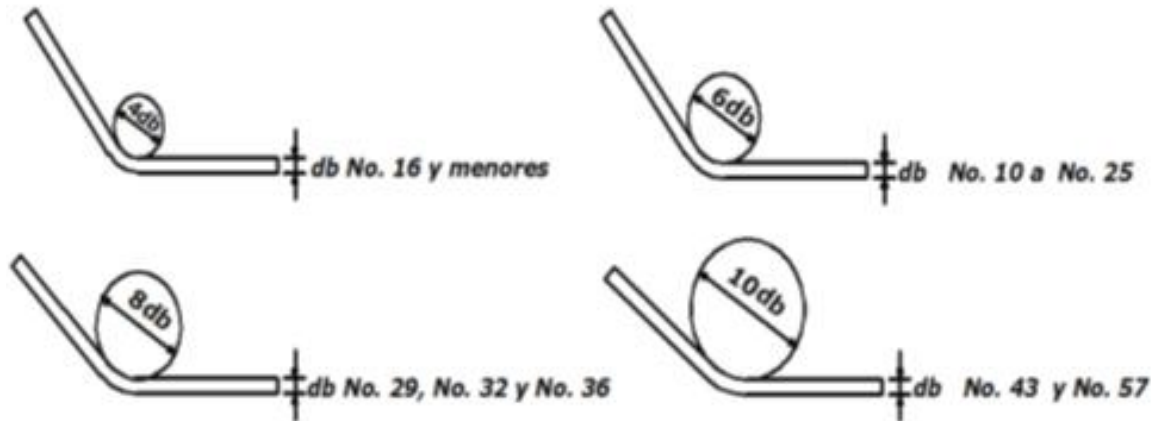


Figura 1.33 Diámetros mínimos de doblado

Fuente: [IPS-1 (2002)]

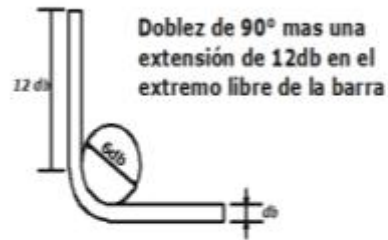
➤ GANCHOS ESTÁNDAR

En las figuras 1.34 y 1.35 se muestran los tipos de ganchos estándar recomendados y se basan en el numeral 7.1.3 del código ACI 318S-08, que dispone lo siguiente:

- Barra No. 16 y menor, dobléz de 90° más $6db$ de extensión en el extremo libre de la barra.
- Barra No. 19, No. 22, y No. 25, dobléz de 90° más extensión de $12db$ en el extremo libre de la barra.
- Barra No. 25 y menor, dobléz de 135° más extensión de $6db$ en el extremo libre de la barra. (p.91), todas estas disposiciones se indican en la figura 1.34 y 1.35 respectivamente.



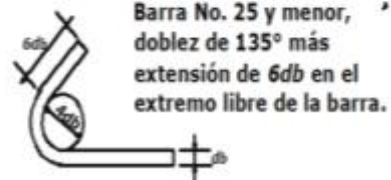
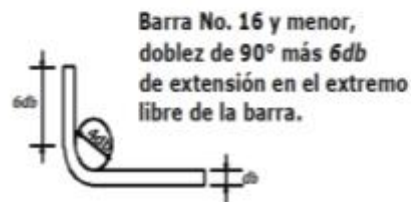
a) **GANCHOS A 90°**



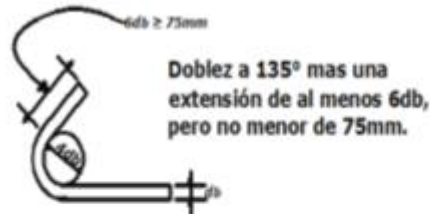
b) **GANCHOS A 180°**



c) **PARA ESTRIBOS O FLEJES**



d) **PARA ESTRIBOS DE CONFINAMIENTO EN ZONAS SÍSMICAS**



e) **PARA GANCHOS SUPLEMENTARIOS EN ZONAS SÍSMICAS**



Figura 1.34 Ganchos estándar

Fuente: [IPS-1 (2002)]



➤ **PROTECCIÓN DEL CONCRETO PARA EL REFUERZO**

En el numeral 7.7.1 se menciona la protección del concreto para el refuerzo, en concreto construido en sitio (no preesforzado), en donde para ciertas condiciones el recubrimiento no debe ser menor que:

- (a) Concreto colocado contra el suelo y expuesto permanentemente a él75 mm

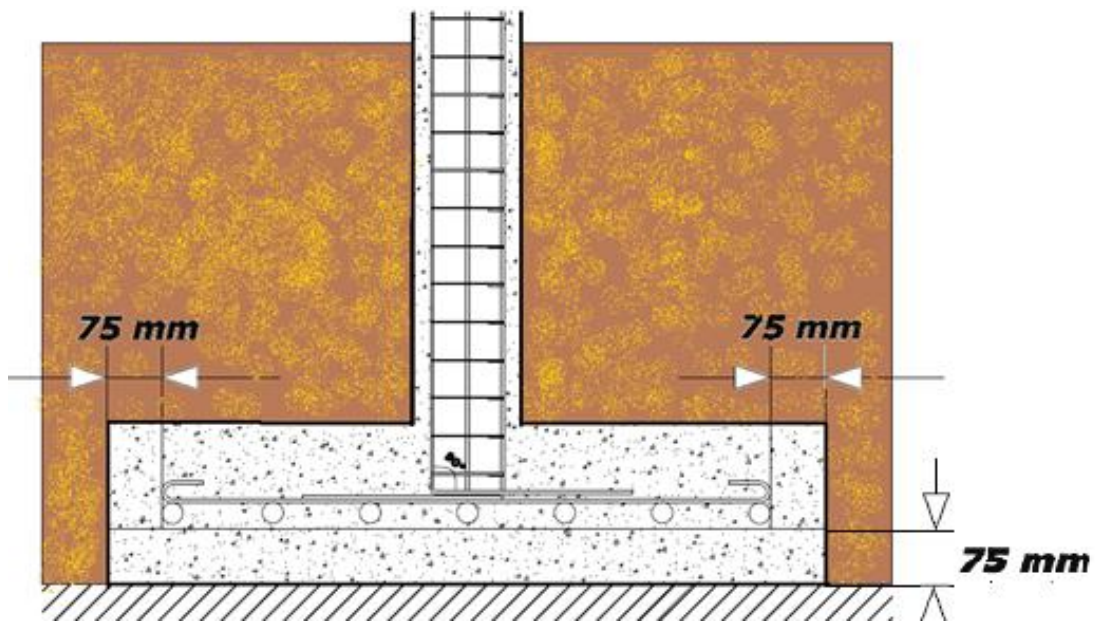


Figura 1.35 Protección del concreto para el refuerzo colocado contra el suelo y expuesto permanentemente a él

- (b) Concreto expuesto a suelo o a la intemperie:
 - Barras No. 19 a No. 57.....50 mm.
 - Barras No. 16, alambre MW200 ó MD200 y menores.....40 mm.

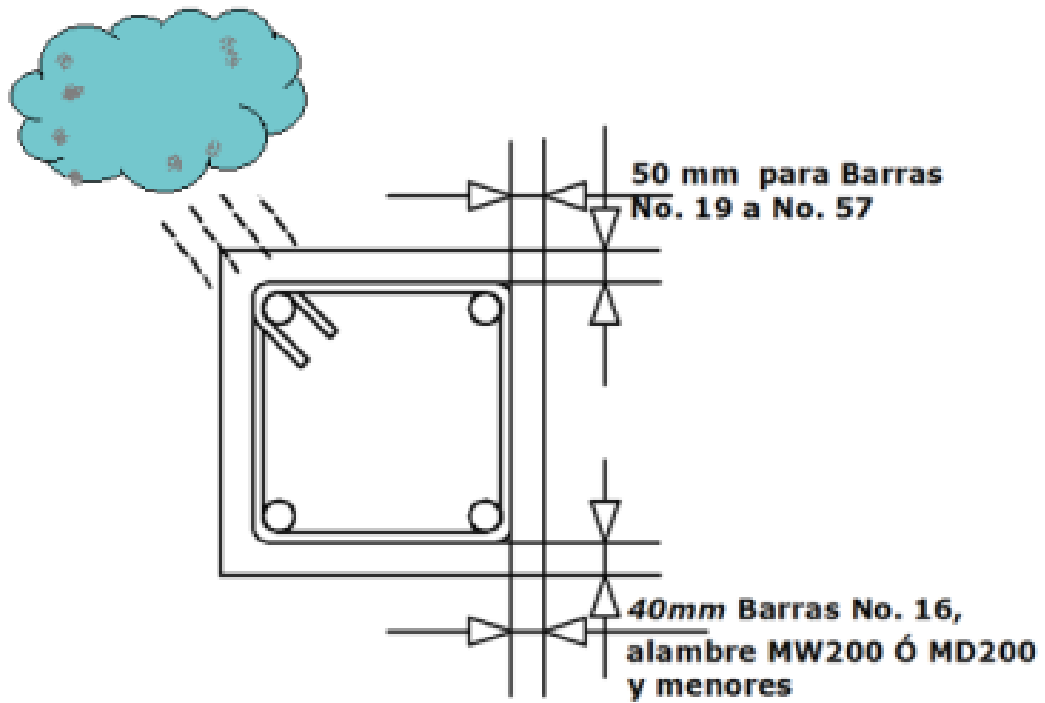


Figura 1.36 Protección del concreto expuesto al suelo o a la intemperie

(c) Concreto no expuesto a la intemperie ni en contacto con el suelo:

Losas, muros, viguetas:

Barras No. 43 y No. 57.....40 mm
Barras No. 36 y menores.....20 mm

Vigas, columnas:

Armadura principal, estribos, espirales.....40 mm

Cáscaras y placas plegadas:

Barra No. 19 y mayores..... 20 mm
Barras No. 16, alambres MW200 Ó MD200 y menores..... 13 mm

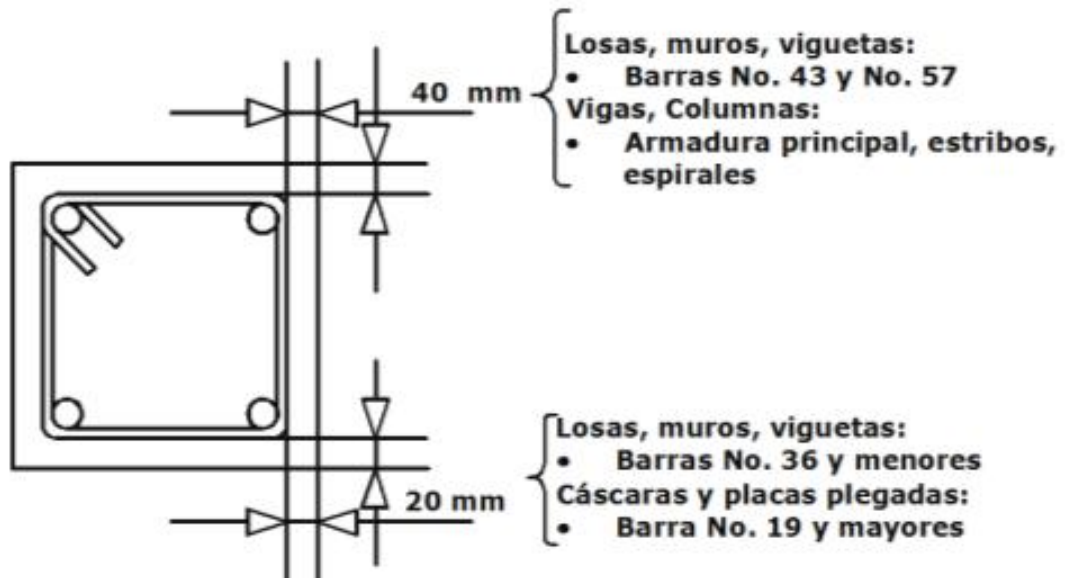


Figura 1.37 Protección del concreto no expuesto a la intemperie ni en contacto con el suelo

1.10 Daños en los edificios por incumplimiento de las normas

Los sismos ocurridos recientemente como el de Haití el 12 de enero del 2010, el de Chile el 27 de febrero 2010 y el de Japón el 11 de marzo del 2011; han dejado en evidencia la falta de estructuras sismorresistentes que garanticen seguridad a las personas que hacen uso de ellas.

Los daños producidos en estructuras se deben en gran parte a la falta de cumplimiento de las normativas vigentes, la mala colocación del acero de refuerzo puede afectar de manera significativa a la estructura, no solo durante un sismo, sino también al producirse esfuerzos elevados a los que la estructura no sea capaz de soportar.

A continuación se explican los efectos que se producen:



↪ REFUERZO DE CORTANTE

Los estribos en columnas tienen la función de confinar el concreto y constituyen un soporte lateral a las barras longitudinales en sectores donde se espera fluencia.

Es importante que las edificaciones cuenten con una capacidad de deformación suficiente para soportar de manera adecuada las sollicitaciones sísmicas. Cuando la respuesta sísmica de una edificación es dúctil, se presentan elevadas deformaciones en compresión debidas a efectos combinados de carga axial y momento (*esfuerzos de flexocompresión, figura 1.38*), lo que ocasiona el desprendimiento del recubrimiento, aplastamiento del concreto y el pandeo de las barras longitudinales tal como se indica en la figura 1.39 (b), este tipo de falla puede ocasionar también grietas verticales en el concreto.

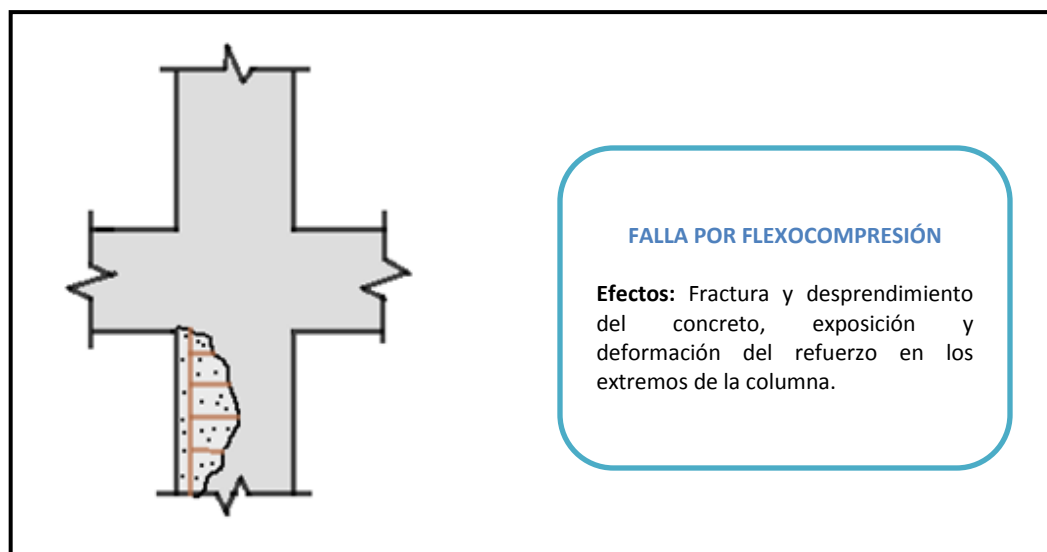


Figura 1.38 Falla por flexocompresión

Fuente: [Serrano Lizaola, R. (2001)]

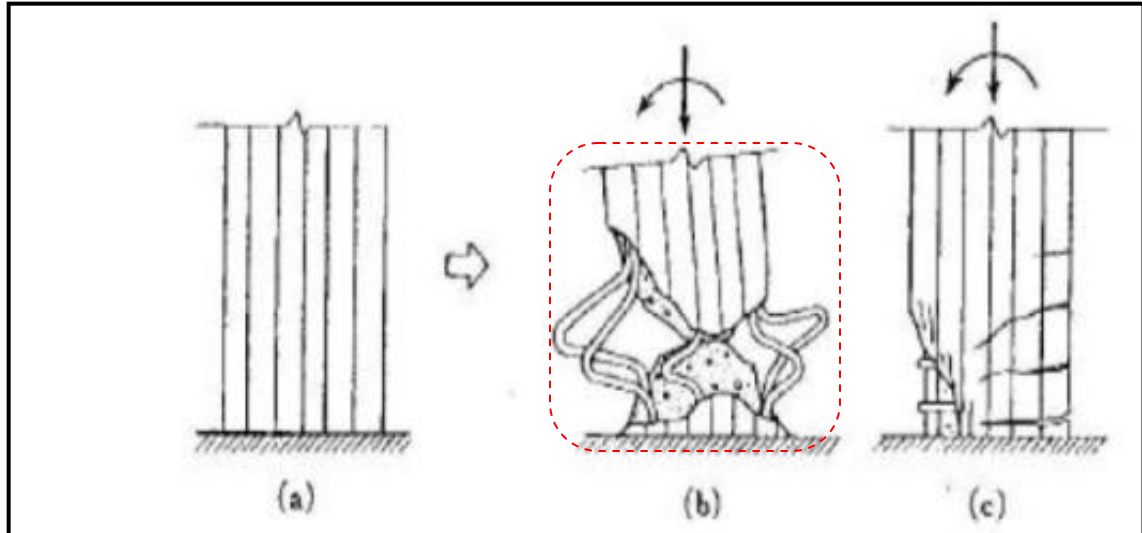


Figura 1.39 Efecto combinado de carga axial y momento flexionante sobre columna sin y con refuerzo transversal

Fuente: [Serrano Lizaola, R. (2001)]

Muchas edificaciones tienen un pobre detallado del refuerzo transversal en el elemento columna, en especial en la región de la zona de la rótula plástica³ potencial, su distribución es escasa e inadecuada, el espaciamiento no es el correcto (grandes espaciamientos), lo que provoca que el concreto se astille, seguido del pandeo del refuerzo longitudinal por inestabilidad del refuerzo a compresión.

La figura 1.40 ilustra el colapso de las columnas de la planta baja de una edificación, debido al deficiente confinamiento del núcleo de concreto en su base. Se aprecia claramente como el concreto tras la falla por cortante se astilla, seguido por el pandeo del refuerzo longitudinal. Este tipo de falla es consecuencia de una gran concentración de esfuerzos que se producen en los extremos de la columna por elevadas acciones internas como lo son la

³ Estado plástico que alcanzan todas las fibras de un elemento estructural al producirse una articulación en la sección transversal del mismo.



carga axial, fuerza cortante y momento flector, causadas por las fuerzas sísmicas. Es de conocimiento que muchas estructuras han llegado al colapso a causa de este tipo de falla, la misma que también se puede presentar en zonas intermedias o superiores de la columna.



Figura 1.40 Falla de cortante en columnas por escaso refuerzo transversal

Fuente: [Serrano Lizaola, R. (2001)]

Este tipo de falla es la más desfavorable en los elementos de concreto reforzado, porque causa pérdida repentina de resistencia sin suficiente disipación de energía.

El adecuado detallamiento del refuerzo transversal evita también la falla por tensión diagonal producida por fuerza cortante o torsión (figura 1.41 y 1.42). Este tipo



de falla se caracteriza por la formación de grietas inclinadas (figura 1.43).

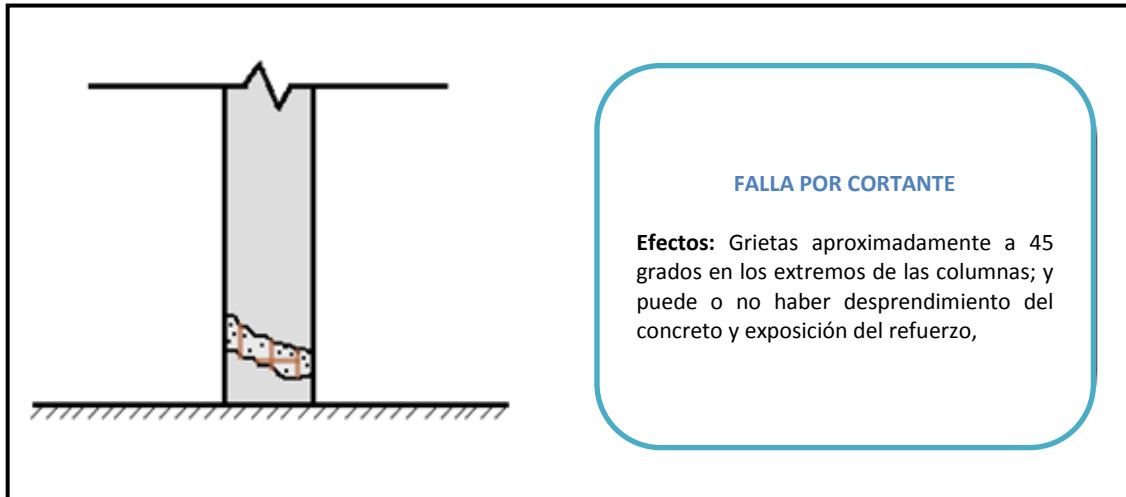


Figura 1.41 Falla por cortante en columnas

Fuente: [Serrano Lizaola, R. (2001)]

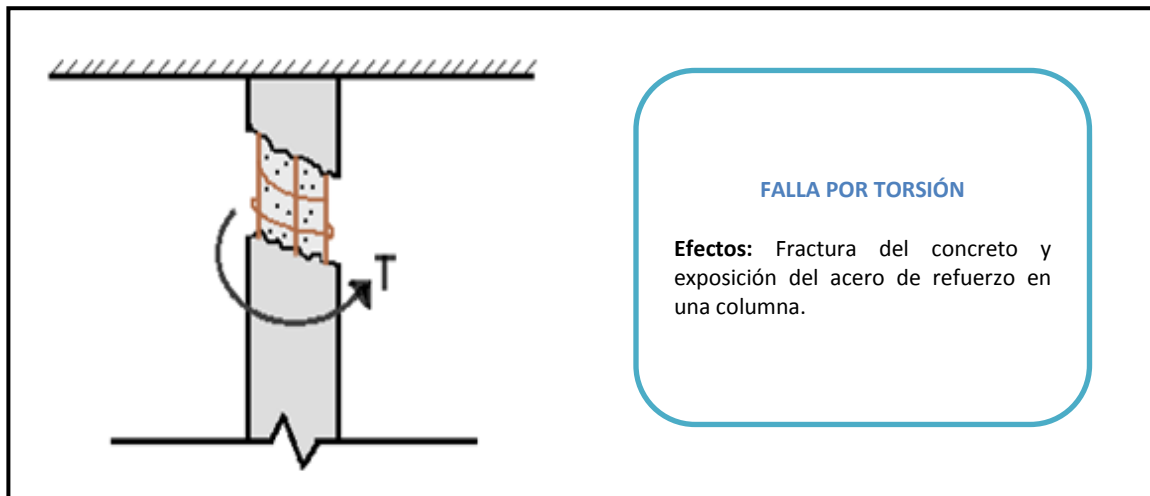


Figura 1.42 Falla por torsión en columnas

Fuente: [Serrano Lizaola, R. (2001)]



Figura 1.43 Falla por tensión diagonal

Fuente: [Fernández Cruz, O. (2010)]

En menos frecuencia que las columnas, las vigas también suelen fallar por tensión diagonal provocada por fuerza cortante, así como lo muestra la figura 1.44.

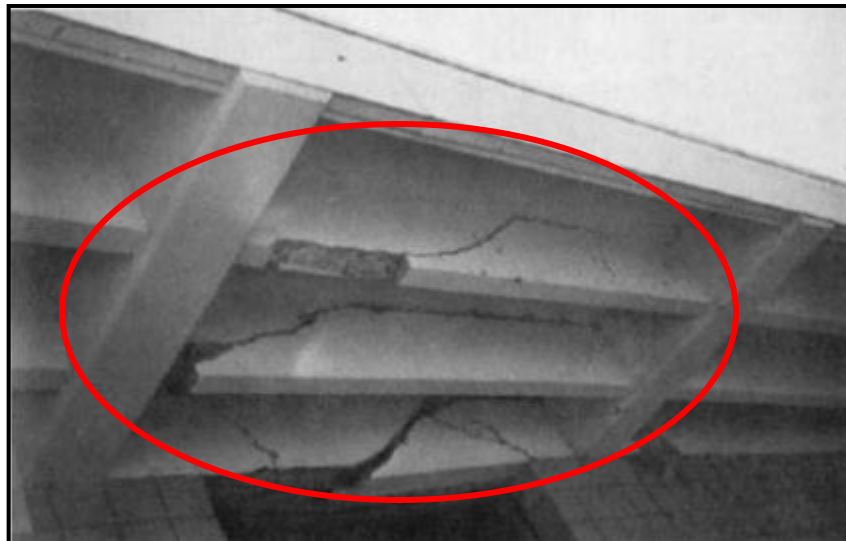


Figura 1.44 Falla por tensión diagonal producida por cortante en vigas

Fuente: [Fernández Cruz, O. (2010)]



↳ GANCHOS DE ESTRIBOS

En movimientos fuertes se produce el astillamiento del concreto, en especial en lugares donde exista fluencia por flexión, por lo que se deben colocar estribos cerrados de confinamiento que cumplan los requerimientos de la normativa (ganchos a 135°), al no hacerlo, el acero tiende a pandearse y salirse de su posición original ocasionando el colapso del elemento columna.

Las figuras 1.45 y 1.46 indican cómo los estribos han sido colocados con ganchos a 90° , los cuales solo envuelven el refuerzo longitudinal pero no lo ganchan como lo harían los ganchos a 135° . Cuando se produce la falla los estribos con ganchos a 90° se abren dejando libres a las barras longitudinales las cuales tienden a pandearse.



Figura 1.45 Falla en columna a causa de estribos abiertos

Fuente: [Ottazi Pasino, G. (2009, Enero)]



Figura 1.46 Falla en columna por colocación de estribos con ganchos a 90°

Fuente: [Ottazi Pasino, G. (2009, Enero)]

↳ PROBLEMAS EN EL ACERO A CAUSA DE DUCTOS Y TUBERÍAS

Las tuberías y ductos con más de 2.5 cm (1pulg) son otro de los problemas más comunes, debido a que normalmente se instalan dentro de los elementos estructurales como columnas, vigas, etc., lo que ocasiona la mala práctica de cortar, doblar o desplazar el refuerzo longitudinal y transversal a posiciones inadecuadas, produciéndose en estos lugares reducción de la resistencia del concreto en compresión, y agrietamientos, debido a los desplazamientos verticales y laterales del acero.



En la figura 1.47 se evidencia este problema, donde las tuberías atraviesan gran parte del elemento viga debilitando su resistencia por completo, ya que actuará como una zona hueca, además del desplazamiento del acero longitudinal y transversal; al producirse un sismo estas partes fallarán, ya que se convierten en zonas críticas de la estructura.



Figura 1.47 Colocación inadecuada de ductos y tuberías en vigas

La figura 1.48 indica como las vigas pierden por completo su sección útil debido a la colocación de tubería dentro de las mismas, lo que ocasiona cambios en el espaciamiento del refuerzo transversal en zonas donde se necesita más refuerzo a cortante, produciendo pérdida en su capacidad resistente.



Figura 1.48 Colocación inadecuada de ductos y tuberías en vigas

↳ RECUBRIMIENTO

Es importante que el acero de refuerzo esté bien confinado por el concreto circundante, con un recubrimiento adecuado que permita que se desarrolle tensión en el acero.

El acero de refuerzo corrugado presenta irregularidades que tienen funciones de interacción con el concreto, como lo son la fricción, adherencia química y en forma mecánica cuando se realiza empalmes o uniones por soldadura, que impiden el deslizamiento de las barras de acero de refuerzo en el concreto.

El escaso recubrimiento del refuerzo en los elementos que conforman la estructura es un problema común en las edificaciones, disminuye su resistencia, su sección y sobretodo deja al acero expuesto a la intemperie lo que



ocasiona la corrosión al interactuar con agentes externos como el agua. El excesivo grado de corrosión puede ocasionar la formación de fisuras longitudinales en el concreto, como lo indica la figura 1.49. El concreto además protege al acero de temperaturas elevadas que se pueden alcanzar en incendios.

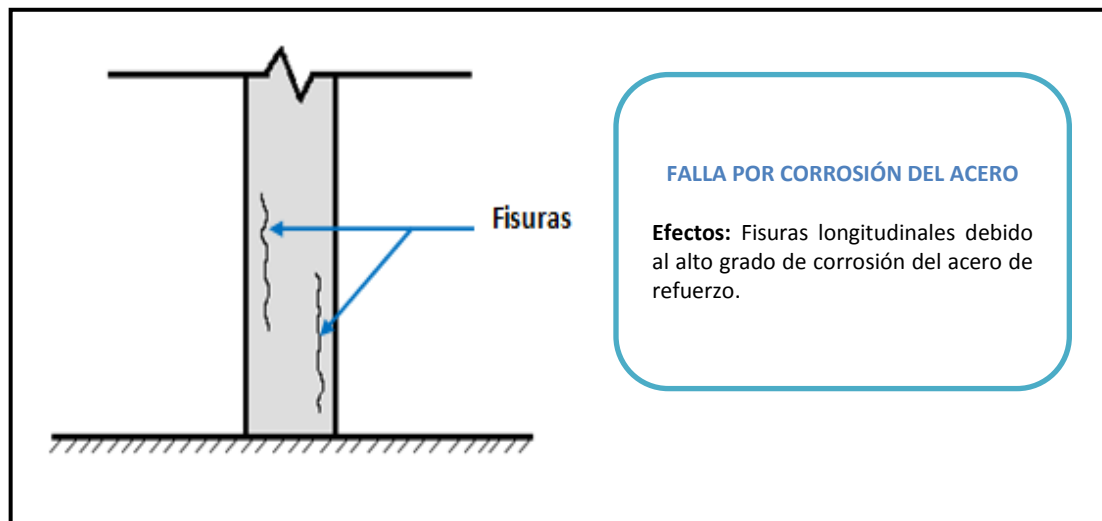


Figura 1.49 Falla por corrosión del acero

Fuente: [Serrano Lizaola, R. (2001)]

Cuando los recubrimientos son muy pequeños es posible que el concreto no llene completamente el espacio comprendido entre el acero y el borde del encofrado, dejando a exposición el acero.

La figura 1.50 indica el insuficiente recubrimiento que tiene la viga dejando expuestos los estribos a la intemperie.



Figura 1.50 Falta de recubrimiento en vigas

Es común también encontrarse con falta de recubrimiento en losas, debido a que en la mayoría de edificaciones el refuerzo positivo es colocado directamente sobre el encofrado y al momento de fundirla éste no es recubierto en su parte inferior, dejando expuesto el refuerzo tal como se indica en la figura 1.51.



Figura 1.51 Falta de recubrimiento en losas



↳ ESPACIAMIENTO ENTRE ARMADURAS DE REFUERZO

El espaciamiento entre armaduras de refuerzo también puede ocasionar problemas, al no respetar los espaciamientos mínimos se dificulta el flujo del concreto fresco dentro de los espacios libres de las barras y entre éstas y el encofrado, de tal modo que se forman espacios vacíos que debilitan la resistencia del elemento y causan agrietamiento por esfuerzo cortante o retracción.

La figura 1.52 indica el incumplimiento del espaciamiento mínimo del refuerzo en vigas.



Figura 1.52 Incumplimiento de espaciamientos mínimos del acero longitudinal en vigas

Fuente: [Ottazi Pasino, G. (2010, Diciembre)]

Los daños también pueden ser producidos cuando los espaciamientos del refuerzo son muy grandes, al no respetar el espaciamiento máximo quedan porciones de concreto sin



ningún refuerzo lo que ocasiona falla frágil y posteriormente el colapso de la estructura.

↪ CONEXIONES

Durante un sismo las zonas más críticas son los nudos, en ellas se presentan concentraciones elevadas y situaciones complejas de esfuerzos, que dan lugar a numerosos casos de falla especialmente en las uniones entre muros y losas en estructuras a base de paneles, y entre vigas y columnas en estructuras de marcos. La falla se puede presentar debido al desplazamiento de las varillas ancladas o por falla de corte (figura 1.53)

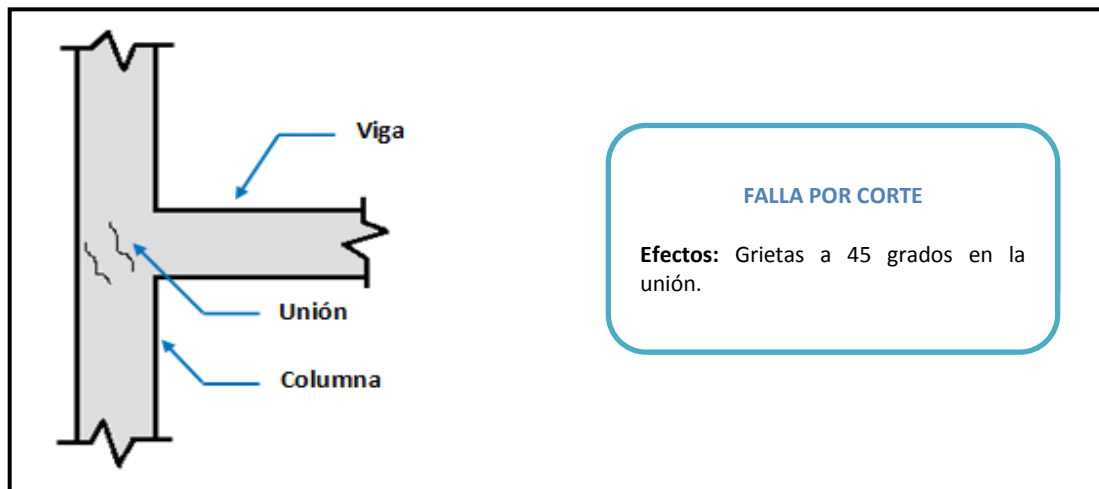


Figura 1.53 Falla por corte en conexiones

Fuente: [Serrano Lizaola, R. (2001)]

El confinamiento de las conexiones es esencial para asegurar que la capacidad a flexión de los elementos se pueda desarrollar sin que se deteriore el nudo bajo cargas repetidas. La figura 1.54 indica la falla que se produce por falta de confinamiento.

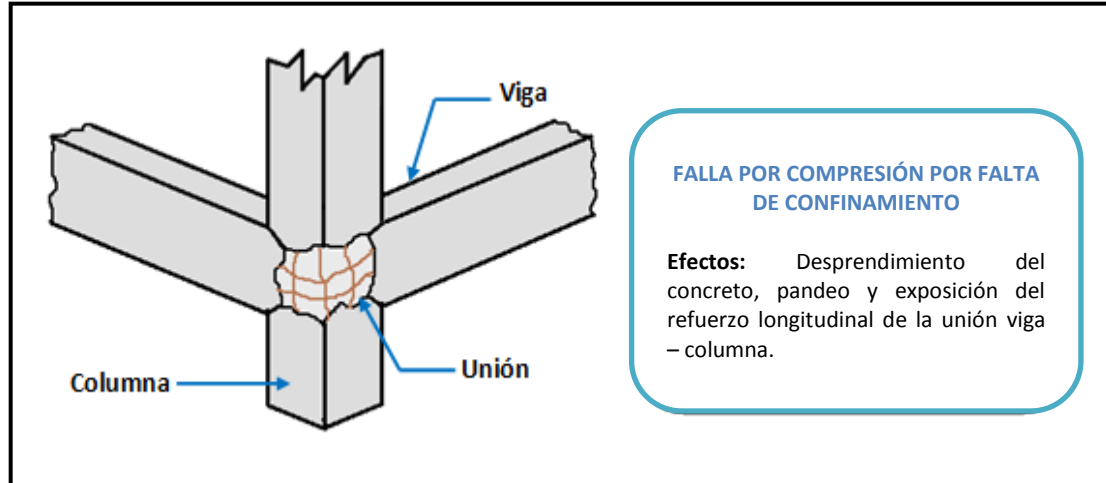


Figura 1.54 Falla por compresión por falta de confinamiento

Fuente: [Serrano Lizaola, R. (2001)]

La figura 1.55 muestra una falla por desconchamiento del concreto debido a un anclaje defectuoso entre viga y columnas.

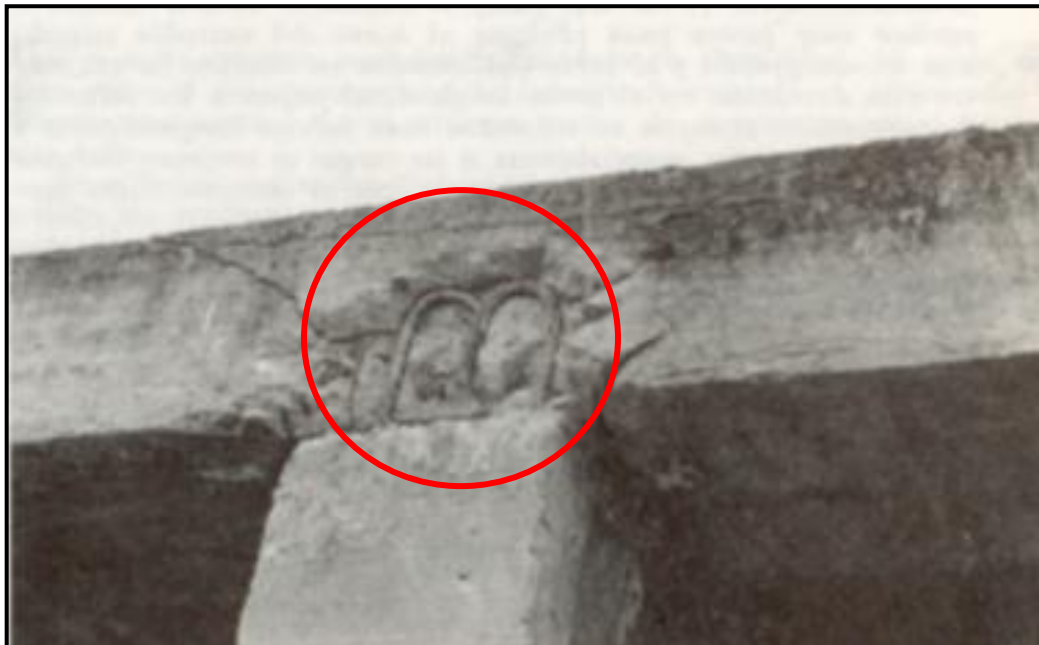


Figura 1.55 Desconchamiento del concreto en unión viga-columna

Fuente: [Ottazi Pasino, G. (2010, Diciembre)]



La falla viga-columna debido a la escasez de anclaje del refuerzo de la columna en su unión con el sistema de piso, se ilustra en la figura 1.56.

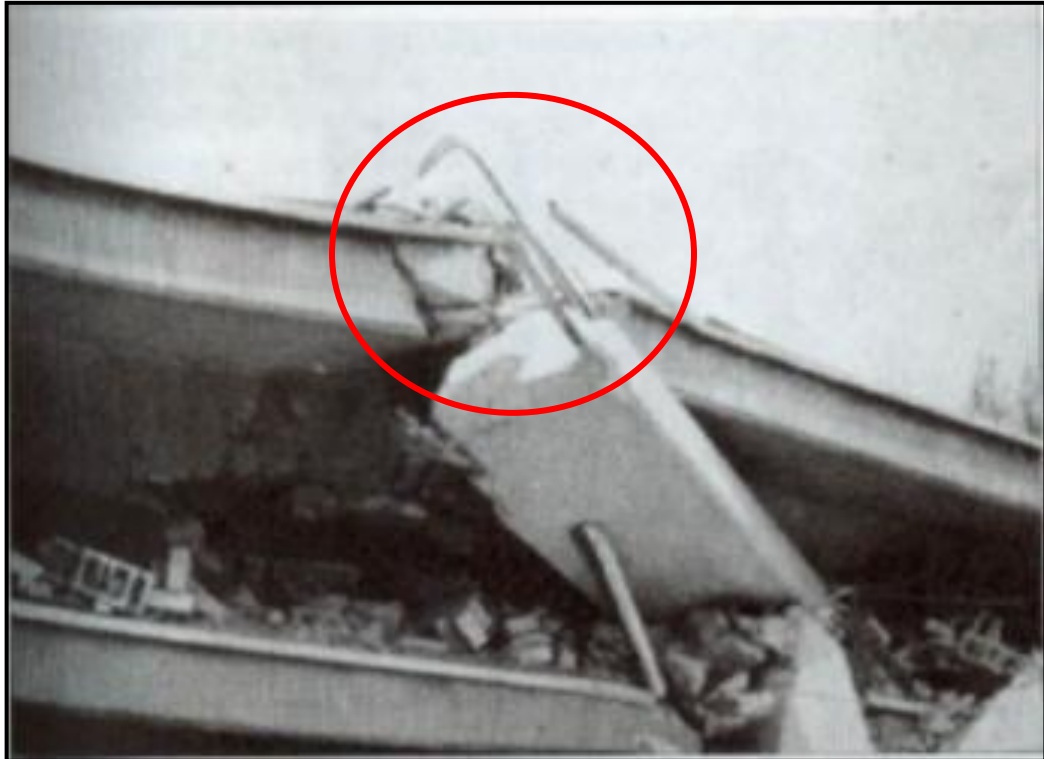


Figura 1.56 *Falla en unión viga-columna por escasez de anclaje en la conexión de la columna con el sistema de piso*

Fuente: [Ottazi Pasino, G. (2010, Diciembre)]

↳ **EMPALMES POR TRASLAPO**

Los empalmes por traslapo deficientes pueden conducir a fallas muy graves en el elemento que se encuentran. La función en barras en tracción, es transferir los esfuerzos de una barra a otra por adherencia. Cuando se encuentra en barras en compresión, parte de los esfuerzos se transfieren por el efecto punta (apoyo directo de la barra sobre el concreto).



Es importante recalcar que la longitud, forma y ubicación de los traslapes es importante, y se deben realizar tal como se especifica en los códigos vigentes, con el fin de evitar daños en los elementos.

La figura 1.57 indica la falta de longitud de traslape en columnas ubicadas en el cuarto nivel de un edificio situado en la ciudad de Loja, se nota que el traslape es escaso, lo que puede ocasionar en caso de un sismo el colapso de la estructura por falta de adherencia en este elemento.



Figura 1.57 Longitud escasa de empalme por traslapado en columnas

La siguiente figura 1.58 presenta concentraciones de traslapes y deficientes longitudes de desarrollo, que ocasionan la falta de adherencia entre en el acero



longitudinal de las columnas y la falla producida tras un sismo.



Figura 1.58 Concentraciones de traslapes, deficiente longitud de desarrollo

Fuente: [CICEPAC (2000)]

↪ CIMENTACIONES

La liga de la estructura con su cimentación y la de ésta en el suelo son aspectos fundamentales para la estabilidad del edificio. El diseño y detalles del refuerzo son importantes en esta parte de la estructura, especialmente en estructuras esbeltas, ya que en caso de presentarse un evento sísmico, ésta puede llegar a voltearse, como se ilustra en las figuras 1.59 y 1.60.



Figura 1.59 Volteo de un edificio por falla en la cimentación, sismo Chile, 27/02/2010
Fuente: [Fernández Cruz, O. (2010)]



Figura 1.60 Falla en la cimentación, sismo Chile, 27/02/2010
Fuente: [Fernández Cruz, O. (2010)]



MATERIALES

Y

MÉTODOS

2



2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Instrumentos utilizados

- ◆ Medición de detalles del acero de refuerzo en las edificaciones
 - ⇒ Flexómetro
- ◆ Memoria fotográfica del detallamiento del refuerzo
 - ⇒ Cámara fotográfica
- ◆ Verificación de los detalles del refuerzo dispuestos en el código ACI 318-08
 - ⇒ Formato de Encuesta

2.2 Metodología de estudio

2.2.1 Generalidades

El estudio se realizó mediante un análisis previo de los requisitos establecidos en el código ACI 318-08, considerando los numerales relacionados al detallamiento del refuerzo de los elementos estructurales, a fin de conformar el formato de encuesta, el mismo que se aplicó a 58 edificaciones, y para su efecto se realizaron las respectivas observaciones, y recolección de medidas con ayuda del flexómetro, verificando el cumplimiento de cada requisito. Además, se tomaron fotografías del armado del acero en cimentaciones, muros, columnas, vigas y losas, para su análisis respectivo.



Posteriormente se realizó un análisis estadístico de la información obtenida en las encuestas, para finalmente obtener los resultados de la presente investigación.

En los siguientes apartados se describe cada uno de los pasos realizados para efecto del estudio:

2.2.2 Ubicación y número de muestras (edificaciones)

Las muestras se ubicaron mediante un recorrido previo del sector en estudio (apartado 1.1), con el fin de encontrar edificaciones en etapa constructiva aptas para la aplicación de la encuesta y que estén localizadas en diferentes puntos del sector.

Para determinar la cantidad de edificaciones se tomó como referencia la información proporcionada por la Arq. Claudia Celi (comunicación personal, mayo 16, 2011) sobre la cantidad de permisos de construcción emitidos por el Ilustre Municipio de Loja en los meses de noviembre-diciembre 2010 y enero-febrero 2011, en los cuales se realizó el trabajo de campo.

El detalle de la cantidad de permisos de construcción emitidos durante los meses mencionados se muestra en la tabla 2.1, datos obtenidos en el Departamento de Control y Regulación Urbanística del Ilustre Municipio de Loja.



Tabla 2.1 Permisos de Construcción
(Nov. 2010 - Feb. 2011)

MES	No. DE PERMISOS
Nov	174
Dic	109
Ene	147
Feb	136
TOTAL	566

Fuente: *Ilustre Municipio de Loja*

Según la tabla 2.1 el total de permisos emitidos para toda la ciudad es de 566, y se ha considerado que el 50% (283) corresponde al sector sur, es importante tomar en cuenta que esta cantidad no equivale al número de edificaciones en construcción durante el periodo de estudio de campo, ya que según ordenanzas municipales los permisos caducan en un año, y no siempre se construye inmediatamente, así mismo los 283 constituyen permisos para obra menor y para cerramientos, por lo tanto, la cifra de referencia para establecer el número de muestras puede ser menor. Por tal motivo se tomó como muestra representativa 58 edificaciones y a la vez se consideró el documento *Etapas del Proceso Investigador: Población y Muestra*, realizado por la Universidad de León (...) donde se menciona que: "No existe un tamaño ideal de la muestra. A efectos descriptivos, se considera una muestra grande cuando $n > 30$."

2.2.3 Formato de encuesta

La encuesta se basa en los principales requisitos de detallamiento del refuerzo establecidos en el código ACI 318-08 para los diferentes elementos estructurales.



Su formato es el siguiente:

■ **Encabezado**

Tiene como finalidad conocer el tipo de edificación, número de plantas, fecha de medición, y a cargo de quién está la construcción de la edificación analizada.

■ **Filas**

Cada fila corresponde a una pregunta, siendo un total de 73, de las cuales 8 corresponden a cimentaciones, 8 a muros, 18 a columnas, 30 a vigas y 9 a losas.

■ **Columnas**

La encuesta consta de cinco columnas que contienen:

1. Número de pregunta (Nro.)
2. Numeral y página del código (CÓDIGO ACI318-08)
3. Disposición establecida en el numeral del código (CONDICIÓN)
4. Datos registrados (DATOS)
5. Verificación de cumplimiento (¿CUMPLE?), en ésta columna se escribe "SI" o "NO" de acuerdo a lo verificado.

En el Anexo 1 se presenta el formato de encuesta.

2.2.4 Aplicación de la encuesta

Una vez ubicadas las edificaciones se procedió a realizar las respectivas visitas, con el fin de aplicar la encuesta, para efecto de la misma se realizaron mediciones y observaciones de los detalles del refuerzo en los



elementos estructurales disponibles, por lo menos en tres elementos similares con el fin de corroborar resultados; y con el objeto de cubrir todas las preguntas dispuestas en la encuesta se realizaron visitas continuas de acuerdo al avance constructivo de cada edificación. Cabe recalcar que en el estudio no se utilizaron los planos estructurales para la verificación.

Las medidas se tomaron con un flexómetro según lo requerido en cada una de las preguntas de la encuesta descrita en el Anexo 1, registrándose en la columna de **DATOS**, para posteriormente realizar los respectivos cálculos y establecer si se cumple o no con dichas disposiciones. Para las preguntas en las que únicamente se requería observaciones, se registró directamente un "SI" o "NO" en la última columna (¿CUMPLE?) del formato de encuesta.

2.2.5 Obtención de la memoria fotográfica

Mediante una observación general de los detalles del refuerzo disponibles en las visitas a cada edificación, se capturaron primordialmente imágenes de la colocación inadecuada del acero, con el fin de obtener una memoria fotográfica que servirá para realizar el análisis de resultados de manera visual. Constituyendo la evidencia de la ejecución del estudio en campo.

2.2.6 Cálculos

Los cálculos se realizaron en una hoja de Excel previamente programada, en la cual se ingresaron los datos



obtenidos en la encuesta para dar solución directa a cada una de las preguntas y obtener como respuesta "SI" o "NO" de acuerdo a su verificación.

Posteriormente se tabularon los resultados del cumplimiento e incumplimiento de cada disposición planteada en la encuesta, los mismos fueron expresados en porcentajes de la siguiente manera:

- Para obtener el porcentaje global de cumplimiento e incumplimiento se consideró el total de especificaciones que cumplen y no, en todo el estudio.
- Por cada elemento: cimentaciones, muros, columnas, vigas y losas; se determinó el porcentaje global de cumplimiento e incumplimiento de sus respectivas especificaciones (observaciones).
- En cada edificación se calculó el porcentaje que cumple y no, de acuerdo a las observaciones realizadas en cada una de ellas.
- Por edificación estudiada, se registró el tipo de constructor, con lo cual se realizó una clasificación para determinar en qué porcentaje éstos cumplen y no, con la norma ACI 318-08 en base a las observaciones totales registradas por cada constructor.

Finalmente los resultados serán presentados a través de gráficas estadísticas como el diagrama de barras.



RESULTADOS

Y

DISCUSIÓN

3



3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este capítulo contiene los resultados de la investigación y está estructurado en dos partes: 1. Resultados de la encuesta, 2. Análisis del material fotográfico.

3.1 Resultados de la encuesta

En este punto se presentan los resultados de la encuesta descrita en el apartado 2.2.1.2, a través de gráficos estadísticos ilustrativos, con el propósito de evaluar el cumplimiento de la normativa ACI 318-08 en las 58 edificaciones estudiadas.

3.1.1 Información general de las edificaciones estudiadas

El estudio fue realizado en 58 edificaciones, la información general de cada una de ellas se recolectó en el encabezado de la encuesta (anexo 1) y se presenta en la tabla 3.1, la cual contiene el tipo de edificación, número de plantas, fecha de medición, número de visitas, elementos verificados y por quién es construida.

Tabla 3.1 Datos generales de cada edificación

No.	TIPO DE EDIFICACIÓN SEGÚN SU USO	# DE PLANTAS	CONSTRUIDO POR	FECHAS DE MEDICIÓN				# DE VISITAS	ELEMENTOS VERIFICADOS
1	GUBERNAMENTAL	4	MAESTRO	25/11/2010	26/11/2010			2	vigas, losa
2	RESIDENCIAL	3	MAESTRO	28/11/2010	07/01/2011			2	columnas, vigas, losa
3	RESIDENCIAL	3	INGENIERO	28/11/2010	10/12/2010			2	columnas, vigas, losa



No.	TIPO DE EDIFICACIÓN SEGÚN SU USO	# DE PLANTAS	CONSTRUIDO POR	FECHAS DE MEDICIÓN				# DE VISITAS	ELEMENTOS VERIFICADOS
4	RESIDENCIAL	10	MAESTRO	30/11/2010	28/12/2010			2	zapatas, muros
5	RESIDENCIAL	2	INGENIERO	30/11/2010	03/12/2010	21/12/2010	22/12/2010	4	zapatas, cadena, columnas, vigas, losa
6	RESIDENCIAL	3	MAESTRO	30/11/2010	03/12/2010			2	vigas, losa
7	RESIDENCIAL	3	MAESTRO	30/11/2010	03/12/2010			2	vigas, losa
8	RESIDENCIAL	2	MAESTRO	02/12/2010				1	columnas
9	RESIDENCIAL	3	MAESTRO	02/12/2010	15/12/2010			2	columnas, vigas, losa
10	RESIDENCIAL	2	MAESTRO	03/12/2010				1	columnas, vigas, losa
11	RESIDENCIAL	2	MAESTRO	03/12/2010	12/12/2010	22/12/2010		3	columnas, vigas, losa
12	RESIDENCIAL	3	MAESTRO	03/12/2010				1	vigas, losa
13	RESIDENCIAL	2	MAESTRO	03/12/2010				1	vigas, losa
14	RESIDENCIAL	3	INGENIERO	08/12/2010				1	columnas, vigas, losa
15	RESIDENCIAL	2	MAESTRO	08/12/2010	13/12/2010			2	columnas, vigas, losa
16	RESIDENCIAL	3	ARQUITECTO	08/12/2010				1	vigas, losa
17	RESIDENCIAL	2	MAESTRO	08/12/2010	06/01/2010			2	zapatas, columnas, vigas, losa
18	RESIDENCIAL	2	MAESTRO	08/12/2010				1	columnas, vigas, losa
19	RESIDENCIAL	3	ARQUITECTO	09/12/2010	08/01/2011	27/01/2011		3	zapatas, cadenas, columnas, vigas, losa
20	RESIDENCIAL	2	MAESTRO	09/12/2010	27/01/2011			2	zapatas, cadenas, columnas
21	RESIDENCIAL	3	MAESTRO	10/12/2010				1	vigas, losa
22	EDUCATIVO	1	INGENIERO	12/12/2010				1	columnas, cadenas
23	RESIDENCIAL	2	MAESTRO	12/12/2010	17/12/2010	22/12/2010		3	columnas, vigas, losa
24	RESIDENCIAL	2	MAESTRO	12/12/2010	04/01/2011			2	columnas, vigas, losa
25	RESIDENCIAL	2	ARQUITECTO	12/12/2010	27/12/2010	03/02/2011		3	columnas, cadenas, vigas, losa
26	RESIDENCIAL	2	MAESTRO	12/12/2010	13/01/2011			2	columnas, cadenas, vigas, losa
27	RESIDENCIAL	2	MAESTRO	13/12/2010				1	vigas, losa
28	RESIDENCIAL	2	MAESTRO	13/12/2010				1	vigas, losa
29	RESIDENCIAL	4	MAESTRO	15/12/2010	06/01/2011			2	columnas, vigas, losa
30	RESIDENCIAL	10	INGENIERO	15/12/2010	21/12/2010			2	columnas, vigas, losa
31	RESIDENCIAL	4	MAESTRO	16/12/2010				1	zapatas, columnas



No.	TIPO DE EDIFICACIÓN SEGÚN SU USO	# DE PLANTAS	CONSTRUIDO POR	FECHAS DE MEDICIÓN			# DE VISITAS	ELEMENTOS MEDIDOS
32	RESIDENCIAL	3	MAESTRO	16/12/2010			1	columnas, cadenas
33	RESIDENCIAL	3	MAESTRO	17/12/2010	20/01/2011		2	columnas, vigas, losa
34	RESIDENCIAL	3	MAESTRO	17/12/2010	24/12/2010	27/12/2010	3	columnas, vigas, losa
35	RESIDENCIAL	4	MAESTRO	21/12/2010	23/12/2010	03/01/2011	3	columnas, vigas, losa
36	RESIDENCIAL	3	MAESTRO	21/12/2010			1	zapatas, columnas
37	RESIDENCIAL	3	ARQUITECTO	23/12/2010			1	vigas, losa
38	RESIDENCIAL	3	MAESTRO	23/12/2010			1	vigas, losa
39	RESIDENCIAL	2	MAESTRO	23/12/2010	04/02/2011		2	zapatas, columnas, vigas, losa
40	RESIDENCIAL	2	MAESTRO	29/12/2010			1	columnas
41	RESIDENCIAL	2	MAESTRO	29/12/2010	12/01/2011		2	columnas, cadenas, vigas, losa
42	RESIDENCIAL	2	MAESTRO	29/12/2010			1	columnas, cadenas
43	RESIDENCIAL	2	MAESTRO	03/01/2011	05/01/2011		2	columnas, vigas, losa
44	RESIDENCIAL	2	MAESTRO	03/01/2011			1	columnas, cadenas
45	RESIDENCIAL	2	MAESTRO	05/01/2011	06/01/2011		2	vigas, losa
46	RESIDENCIAL	2	MAESTRO	05/01/2011			1	columnas, vigas, losa
47	RESIDENCIAL	4	MAESTRO	10/01/2011			1	columnas, cadenas
48	RESIDENCIAL	3	MAESTRO	11/01/2011	27/01/2011		2	columnas, cadenas, muro, vigas, losa
49	RESIDENCIAL	3	MAESTRO	11/01/2011	25/01/2011		2	columnas, cadenas, vigas, losa
50	RESIDENCIAL	2	MAESTRO	12/01/2011			1	columnas, vigas, losa
51	RESIDENCIAL	2	MAESTRO	25/01/2011			1	vigas, losa
52	RESIDENCIAL	2	MAESTRO	31/01/2011			1	columnas, vigas, losa
53	RESIDENCIAL	2	MAESTRO	01/02/2011			1	columnas, vigas, losa
54	RESIDENCIAL	2	INGENIERO	01/02/2011			1	columnas, vigas, losa
55	RESIDENCIAL	2	MAESTRO	03/02/2011			1	vigas, losa
56	RESIDENCIAL	3	MAESTRO	10/01/2011			1	vigas, losa
57	RESIDENCIAL	2	MAESTRO	07/01/2011	13/01/2011		2	columnas, vigas, losa
58	RESIDENCIAL	3	MAESTRO	10/02/2011			1	vigas, losa

Número Total de Visitas:**95**



✦ Elementos y especificaciones medidas

En la tabla 3.2 se presenta el número de edificaciones en las que fue factible aplicar la encuesta para cada uno de los elementos estructurales, y por lo tanto constituyen el número de elementos verificados.

Tabla 3.2 Número de elementos verificados

ELEMENTO ESTRUCTURAL	# ELEMENTOS VERIFICADOS
CIMENTACIONES	6
MUROS	2
COLUMNAS	41
VIGAS	52
LOSAS	47

El número total de especificaciones examinadas en las 58 edificaciones fue de 2139, de las cuales 1138 cumplen con la normativa ACI 318-08 y 1001 no lo hacen.

3.1.2 Análisis de la información general

En el estudio se encontró que de las 58 edificaciones analizadas, 48 están construidas por un maestro de obra, 6 por un ingeniero y 4 por un arquitecto, como se ilustra en la figura 3.1.

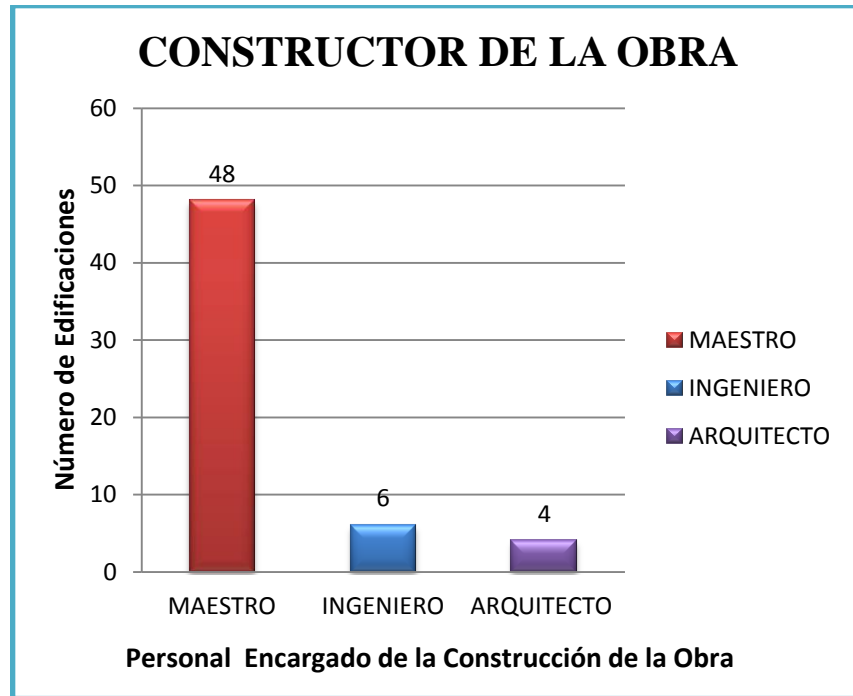


Figura 3.1 Personal encargado de la construcción de la obra

En la mayoría de las edificaciones analizadas el maestro está a cargo de la construcción de la obra, no existe un control permanente de un ingeniero o arquitecto en su ejecución.

En la figura 3.2 se presenta el porcentaje total en que cumplen y no, con la norma ACI 318-08, las edificaciones que están construidas por: maestros, ingenieros civiles y arquitectos; porcentajes encontrados en base al número total de observaciones registradas por cada constructor en todas las visitas.

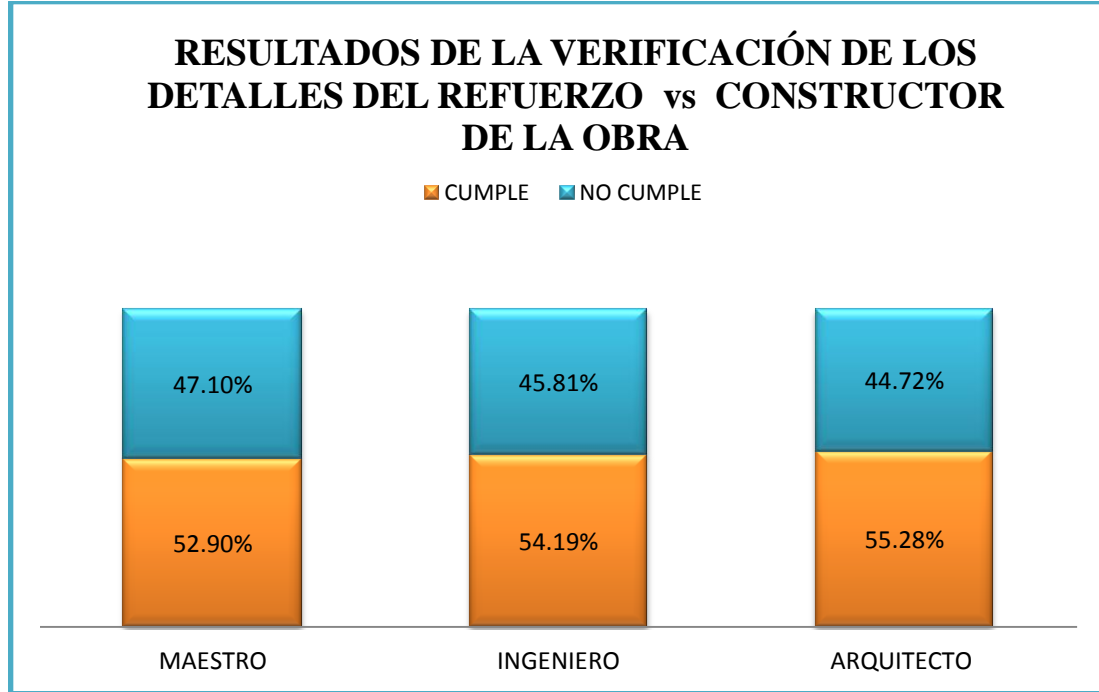


Figura 3.2 Resultados de la verificación de los detalles del refuerzo vs constructor de la obra

Estos resultados dan a notar que no importa quién construya la obra, ya que los porcentajes de cumplimiento e incumplimiento de la norma ACI 318-08 son muy similares, pero se necesitaría por lo menos 30 obras de cada grupo para que los resultados puedan ser generalizados.

3.1.3 Análisis global de resultados

En la figura 3.3 se presenta el resultado global de la encuesta, en donde se puede observar que el porcentaje de especificaciones de la norma que se cumplen en todas las edificaciones estudiadas es de 53.20% (1138 especificaciones), mientras que el de las que no cumplen es de 46.80% (1001 especificaciones), la diferencia entre estas dos categorías es 6.40%.

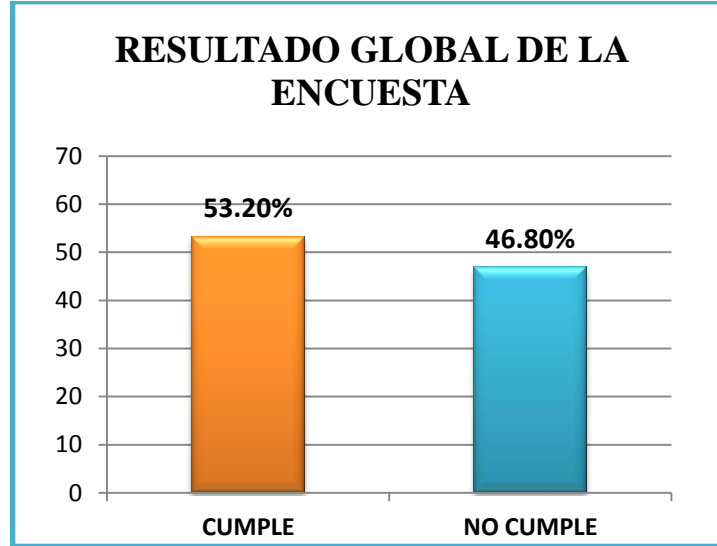


Figura 3.3 Resultado global de la encuesta

Los resultados están a favor del cumplimiento lo que quiere decir que hay refuerzo que se está colocando correctamente, pero lo inquietante es el elevado porcentaje de incumplimientos 46.80%, que demuestra que en la ciudad de Loja las edificaciones no cumplen con todos los requerimientos del código ACI 318-08 presentados en la encuesta (Anexo 1). Lo correcto sería que el porcentaje de detalles que no cumplen sea nulo, debido a que si uno solo presenta errores, la edificación estará propensa a fallar, porque cada detalle tiene una función específica que contribuye en el comportamiento sismorresistente de una estructura.

Es importante dar a conocer en qué porcentaje cada elemento contribuye en los resultados de la figura 3.3, para ello se presentan las dos gráficas siguientes:

↳ La figura 3.4 indica el porcentaje que cumple por elemento estructural, del total de 53.20% en todo el



estudio (figura 3.3). Se puede observar que las vigas son el elemento con mayor porcentaje de cumplimiento 31.93%, seguido por las columnas con un 13.51%, losas 7.06%, cimentaciones 0.51% y muros 0.19%, siendo este último el elemento con menor influencia en el resultado de la figura 3.3.

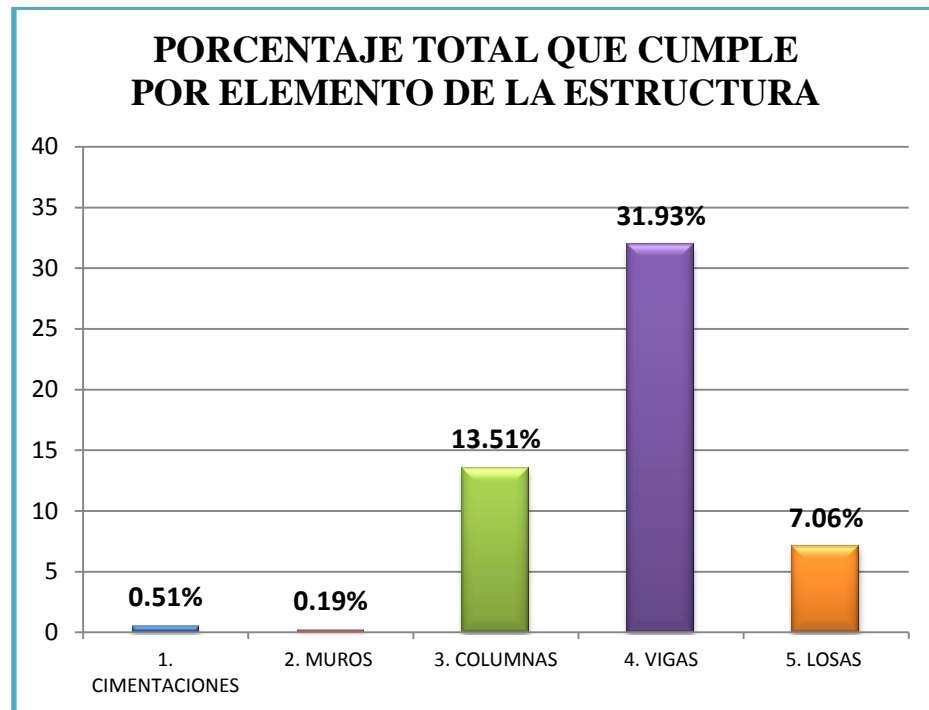


Figura 3.4 Porcentaje que cumple por elemento de la estructura

↪ El 46.80% de incumplimientos que se observa en la figura 3.3, está conformado del porcentaje total que no cumple en cada elemento, en la figura 3.5 se presenta cada uno de ellos y corresponde a 28.83% vigas, 12.54% columnas, 4.58% losas, 0.64% cimentaciones y 0.37% muros.

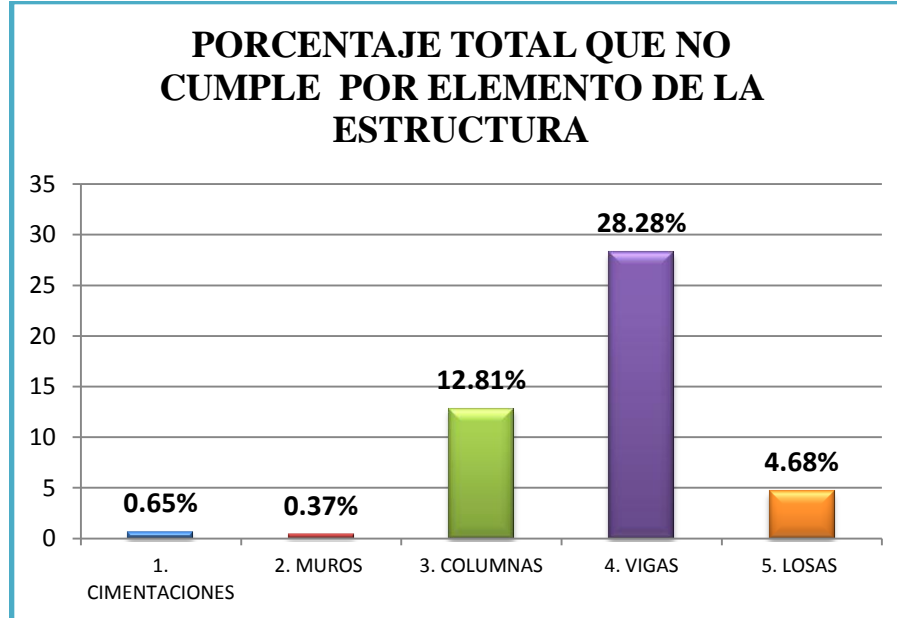


Figura 3.5 Porcentaje que no cumple por elemento de la estructura

3.1.4 Análisis de resultados por elemento estructural

El análisis es realizado por separado a cada elemento estructural que conforma la encuesta, como lo son: cimentaciones, muros, columnas, vigas, losas. A continuación se presenta los resultados de cada uno de ellos.

➔ Cimentaciones

En la figura 3.6 se encuentran los resultados obtenidos de la verificación del detallamiento del refuerzo en cimentaciones, en donde se observa que el 56% del total estudiado para este elemento no cumple con lo establecido en el código ACI 318-08, mientras el 44% cumple. El alto porcentaje en la categoría "NO CUMPLE" se debe a que en todas las edificaciones en las que se pudo analizar este



elemento, requerimientos como el 21.12.3.2, 7.2.2 (a), 7.2.2 (b) y 21.12.2.2 descritos en el anexo 1 no cumplen, por lo tanto las cimentaciones no podrán proporcionar buena estabilidad a la estructura.

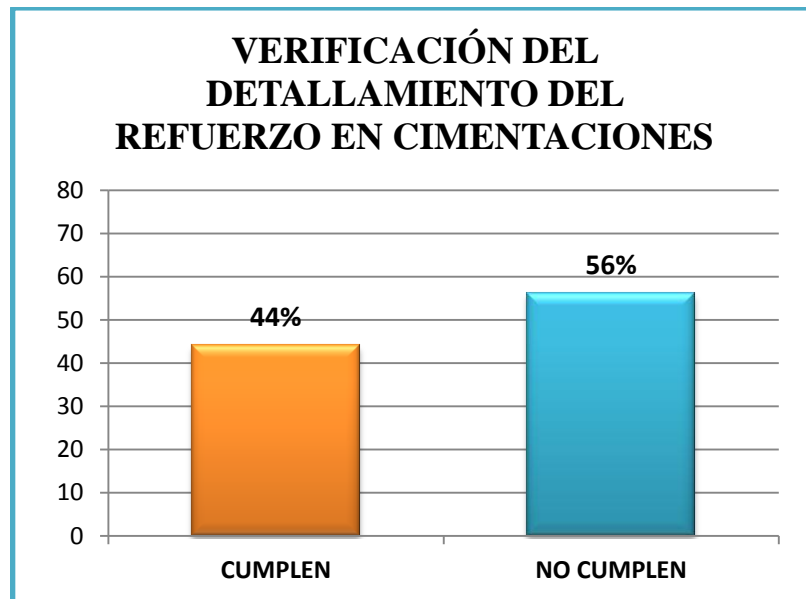


Figura 3.6 Resultado global de la verificación del detallamiento del refuerzo en cimentaciones

Para conocer más detalladamente los resultados de la figura anterior, se presenta la cantidad de edificaciones que cumplen y no, en cada una de las especificaciones del código ACI 318-08, mediante la figura 3.7, en la cual se observa que solo los requerimientos 21.12.3.1 y 15.4.4.1 cumplen en su totalidad en las edificaciones donde se estudiaron, mientras que el 21.12.3.2, 7.2.2 (a), 7.2.2 (b) y 21.12.2 no cumplen en ninguna. Es importante mencionar que los numerales que conforman el eje de las "X" de la figura, están descritos en la encuesta presentada en el anexo 1.

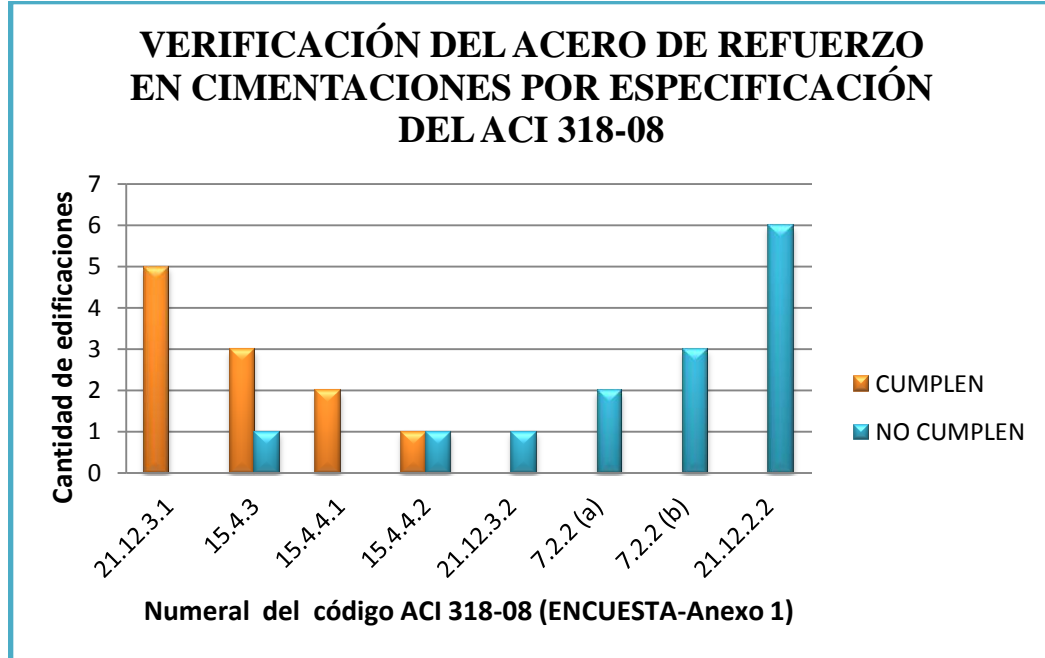


Figura 3.7 Número de edificaciones que cumplen y no cumplen en cada numeral del código ACI 318-08 para cimentaciones

Los resultados obtenidos en el elemento cimentaciones son la prueba de que las edificaciones de la ciudad de Loja no presentan un buen detallamiento en este elemento, lo que puede conducir a consecuencias graves debido a la escasa estabilidad que proporcionarán las cimentaciones en las estructuras estudiadas; a más de ello, pueden producirse fallas en puntos críticos como lo es la zona de unión entre el extremo de la columna y la zapata, debido a que en todas las edificaciones no existía el detallamiento adecuado para resistir la flexión por medio de ganchos a 90° orientados hacia el centro de la columnas como lo especifica el numeral 21.12.2.1 del código.

Es vital el cumplimiento de los detalles de refuerzo en cimentaciones, ya que el grado de importancia de este elemento es primordial al igual que las columnas, su



función es distribuir las cargas verticales que reciben las columnas y pedestales al terreno, si no está apta para hacerlo fallará y puede ocasionar daños catastróficos, como lo son asentamientos excesivos o el volteo de la estructura.

▪ **Análisis del incumplimiento en cimentaciones**

La figura 3.8 indica la cantidad de edificaciones que incumplen por cada especificación del código ACI 318-08 utilizada para la verificación del elemento cimentaciones. En la figura se observa que las especificaciones con mayores casos de incumplimientos son la 21.12.2.2, 7.2.2 (b) y 7.2.2 (a). La primera referente a la orientación del gancho del refuerzo longitudinal de la columna cerca del fondo la cimentación, la siguiente al diámetro interior de doblado en estribos y la última al diámetro mínimo de doblado del refuerzo (No.10 a No.25)

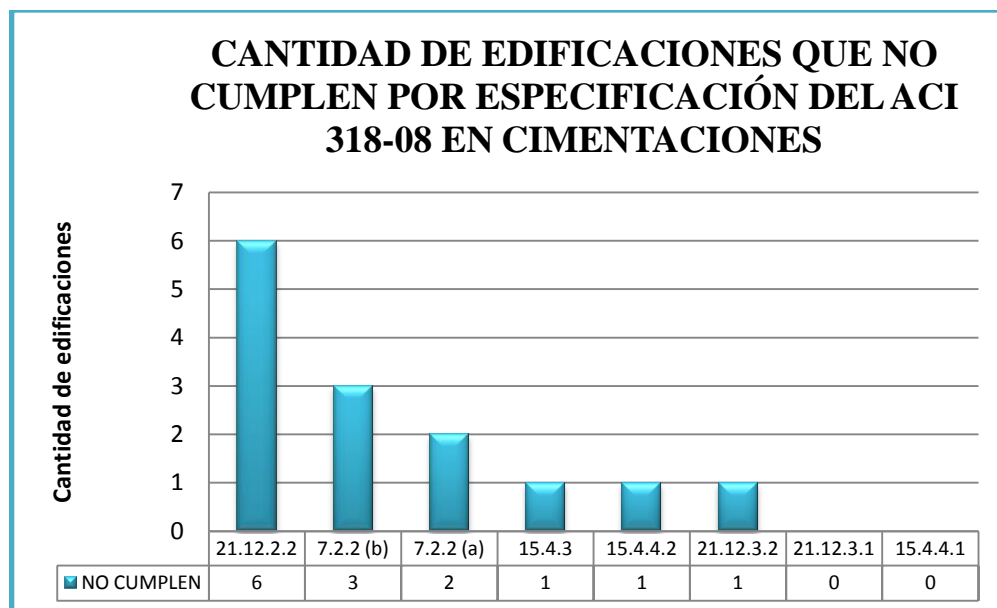


Figura 3.8 Edificaciones que incumplen por cada especificación del código ACI 318-08 en cimentaciones



➔ Muros

La figura 3.9 indica los resultados de la verificación del detallamiento del refuerzo en muros, en donde se evidencia que hay un gran porcentaje de incumplimiento (66.67%), mientras la categoría cumple (33.33%). La verificación de éste elemento se realizó en dos edificaciones, por ello los resultados no pueden ser generalizados.

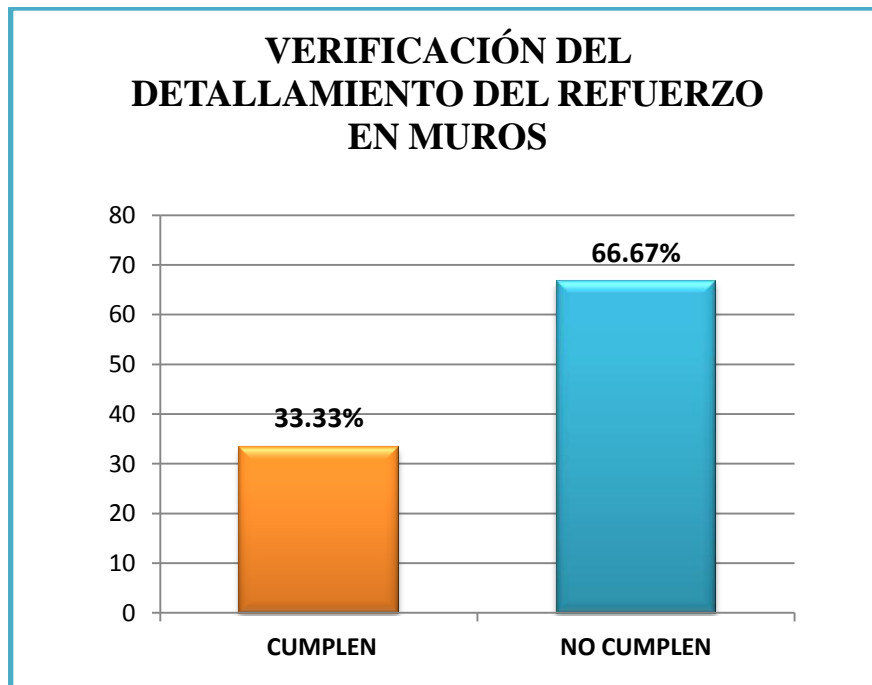


Figura 3.9 Resultado global de la verificación del detallamiento del refuerzo en muros

Los resultados que se presentan a continuación en la figura 3.10, corresponden a la verificación del acero de refuerzo en muros, en donde se analiza el número de edificaciones que cumplen y no cumplen por cada numeral del código ACI 318-08, es importante aclarar que las dos últimas especificaciones (numerales) no poseen ningún



resultado, debido a que no se presentó el caso para su estudio. Lo que se puede observar es gran cantidad de incumplimiento, existen dos numerales que son el: 14.3.4 (a) y el 14.3.4 (b) en los que dos edificaciones estudiadas presentan detallamiento del refuerzo erróneo, los demás numerales poseen el mismo número de edificaciones que cumplen y no cumplen.

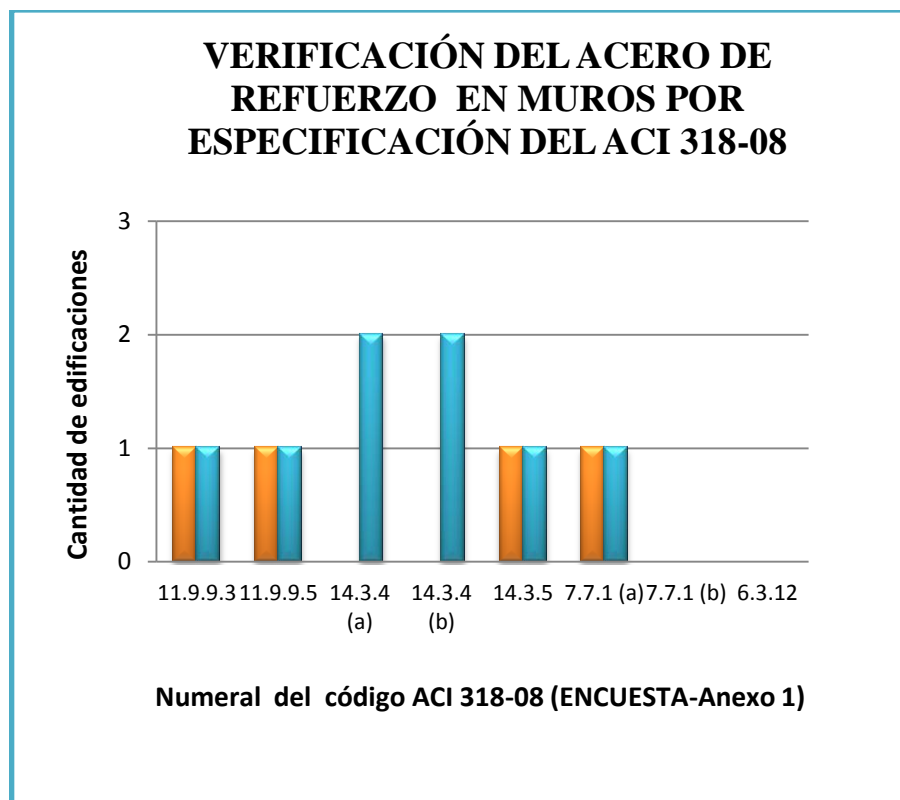


Figura 3.10 Número de edificaciones que cumplen y no cumplen en cada numeral del código ACI 318-08 para muros

La función de un muro es soportar cargas o fuerzas horizontales principalmente, si el elemento posee un detallamiento inadecuado del refuerzo no podrá hacerlo correctamente, y se producirá concentración excesiva de esfuerzos, que pueden conducir a la falla de la estructura.



▪ **Análisis del incumplimiento en muros**

Para conocer con mayor claridad los resultados del incumplimiento en muros, se presenta la figura 3.11, la cual contiene la cantidad de edificaciones que incumplen por cada especificación del código ACI 318-08 que conforma la encuesta para éste elemento. En ella se observa que dos especificaciones presentan más casos de incumplimientos, la 14.3.4 (a) y 14.3.4 (b), donde dos edificaciones no cumplen por cada una de ellas. Las dos especificaciones se refieren a la colocación del refuerzo en dos capas en muros mayores a 250 mm, excepto los muros de sótanos.

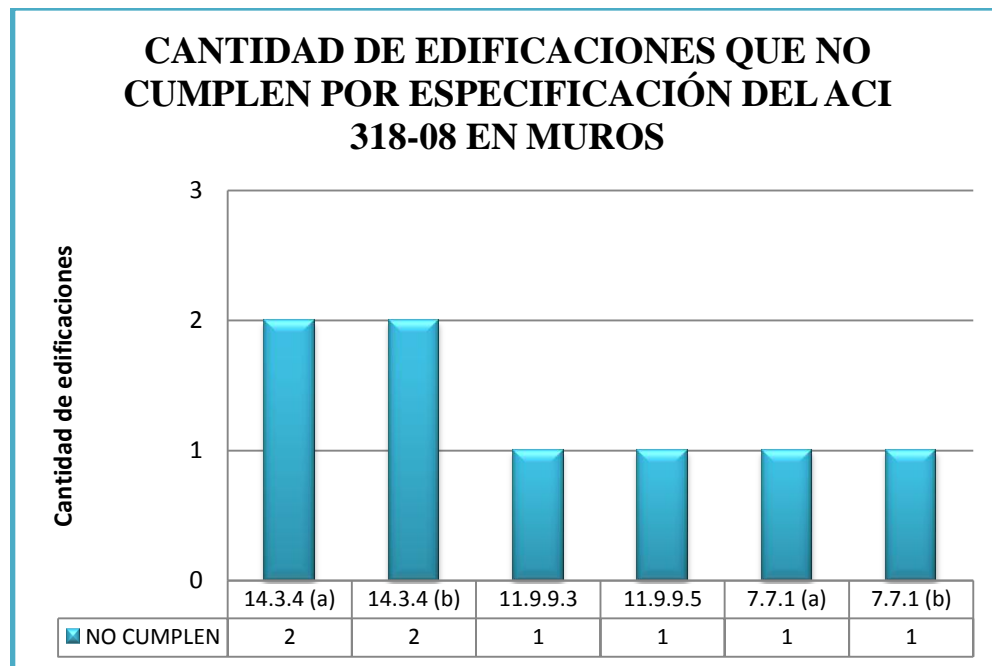


Figura 3.11 Edificaciones que incumplen por cada especificación del código ACI 318-08 en muros

➔ **Columnas**

El buen detallamiento del refuerzo en columnas es fundamental, debido al papel que desempeña en la estructura



y su grado de importancia en la conformación de los marcos resistentes a fuerzas horizontales, por ello es vital su verificación. Los resultados del estudio de este elemento en las edificaciones del sector sur de la ciudad de Loja se presentan en la figura 3.12, donde se observa que existe un porcentaje muy elevado de requisitos que no cumplen (51.33%), mientras los que cumplen (48.67%), la diferencia es solo 2.66%, pero hay que poner gran atención a que el porcentaje que no cumple es muy alto, lo que deja en evidencia la falencia en el detallamiento del refuerzo en las edificaciones de la ciudad de Loja.

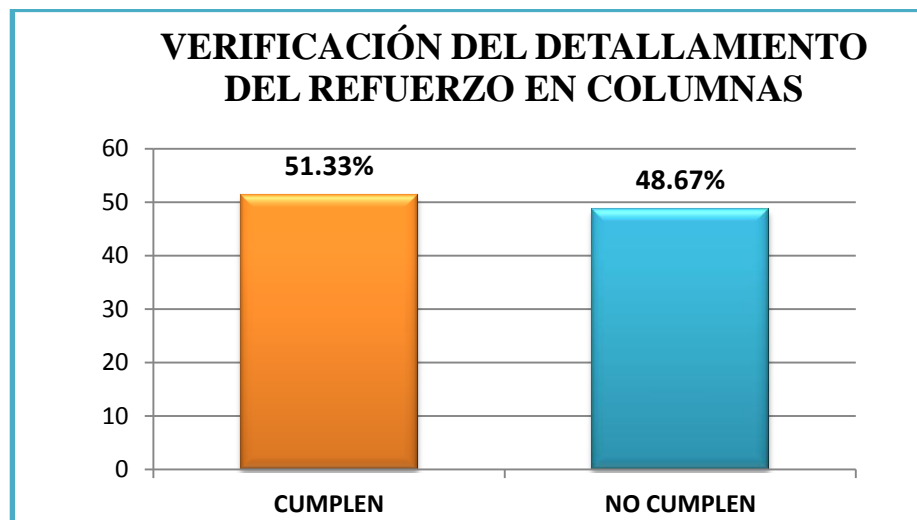


Figura 3.12 Resultado global de la verificación del detallamiento del refuerzo en columnas

Las columnas son elementos estructurales destinados a soportar principalmente cargas axiales en compresión y en casos especiales en tensión, fuerzas cortantes y momentos flectores, si el detallamiento del refuerzo no es adecuado, pueden producirse grandes daños. Los resultados obtenidos dan un indicio de que las edificaciones de nuestra ciudad



son vulnerables a sufrirlos, es por ello que radica la importancia de cumplir y controlar que se cumplan los requisitos del código ACI 318-08.

El hecho de que un solo requerimiento se cumpla, no basta para afirmar que la edificación presenta un buen detallamiento, existen detalles mínimos pero con gran importancia en el desempeño sísmico de la estructura, su incumpliendo puede provocar grandes daños, puesto que no solo afecta al elemento, sino es un falla que va en serie en los pisos consecutivos. A continuación en la figura 3.13 se proporciona información más detallada de cada una de las especificaciones del código ACI 318-08 que conforman las preguntas para este elemento en la encuesta descrita en el anexo 1, lo que se pretende es indicar cuántas edificaciones cumplen y no cumplen en cada una de las especificaciones.

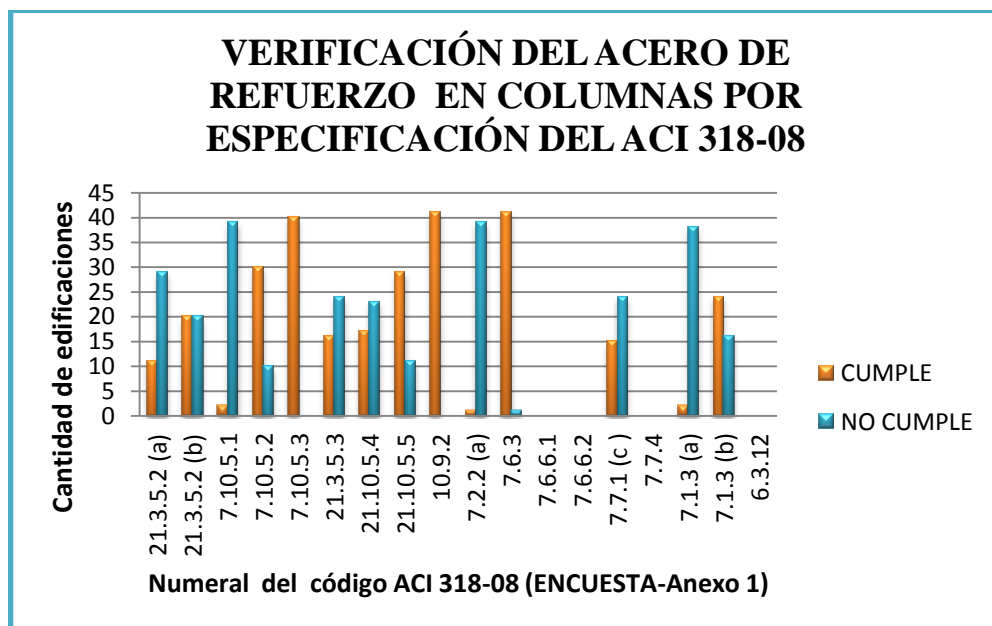


Figura 3.13 Número de edificaciones que cumplen y no cumplen en cada numeral del código ACI 318-08 para columnas



Analizando los resultados, se observa en la figura 3.13 que existe mayor número de edificaciones que no cumplen en cada una de las especificaciones, a excepción de los numerales 7.10.5.2, 7.10.5.3, 21.10.5.5, 10.9.2, 7.6.3 y 7.1.3 (b) donde hay mayor cumplimiento; existen tres numerales en los que la diferencia entre el número de edificaciones que cumplen y no cumplen es grande a favor del incumpliendo y son: el 7.10.5.1, 7.2.2 (a) y 7.1.3 (a).

▪ **Análisis del incumplimiento en columnas**

En la figura 3.14 se presenta por medio de barras el incumplimiento de cada especificación del código ACI 318-08, las mismas están ordenadas en forma descendente de tal manera que se pueda observar claramente cuales son las especificaciones con mayores casos de incumplimiento. Las tres especificaciones con mayor incumplimiento son: la 7.10.5.1 referente al diámetro del estribo, que no cumple en 39 edificaciones; la 7.2.2 (a) que especifica el diámetro mínimo interior de doblado en estribos, no cumple en 39 edificaciones; y la 7.1.3 (a) que no cumple en 38 y se refiere al ángulo del gancho del estribo.

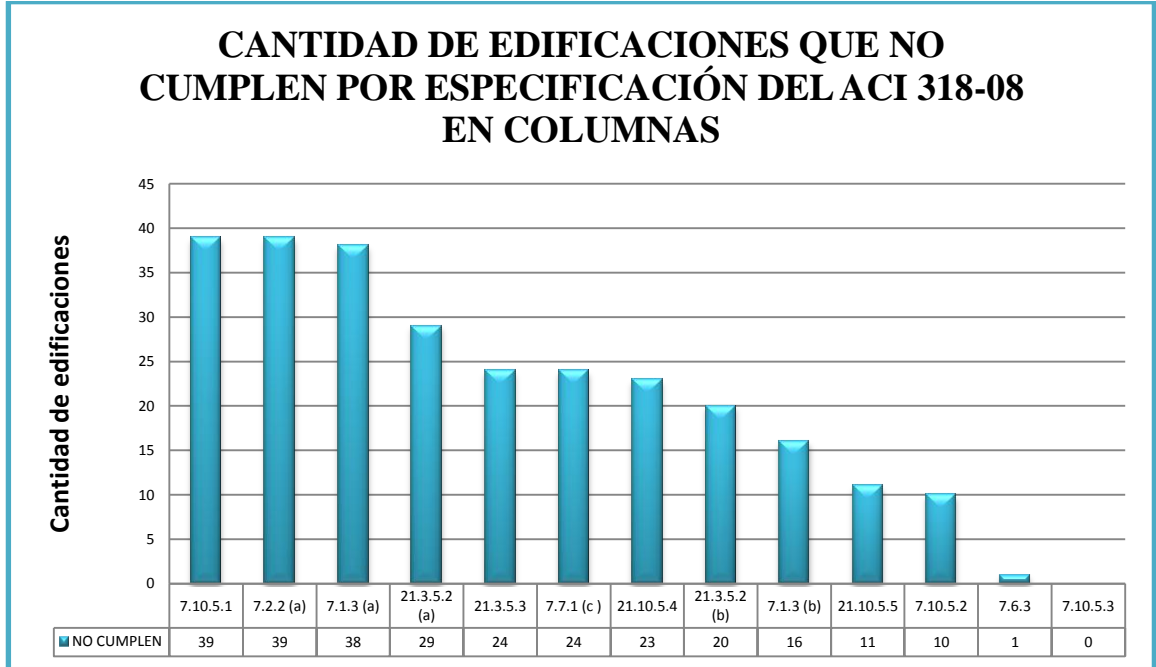


Figura 3.14 Edificaciones que incumplen por cada especificación del código ACI 318-08 en columnas

➔ Vigas

Las vigas son elementos estructurales sometidos a esfuerzos de flexión, por lo tanto los materiales con los que se construyen tienen que soportar esfuerzos de tracción y de compresión. Como ningún material es totalmente rígido, las vigas tienden a doblarse, y así la mitad superior se comprime y la mitad inferior se tracciona. Es por ello la importancia de una buena colocación del acero de refuerzo, con el fin de soportar estos esfuerzos y contribuir al comportamiento sísmico de la estructura.

El estudio de la verificación del detallamiento del refuerzo de vigas en las edificaciones estudiadas, se presenta en la figura 3.15, en donde se encuentra que el 53.03% no cumple con las especificaciones del código ACI 318-08, mientras el 46.97% cumple. El estudio revela que el



porcentaje de incumplimiento es muy elevado, y por ende que las edificaciones de la ciudad son vulnerables a sufrir grandes daños en caso de movimientos telúricos.

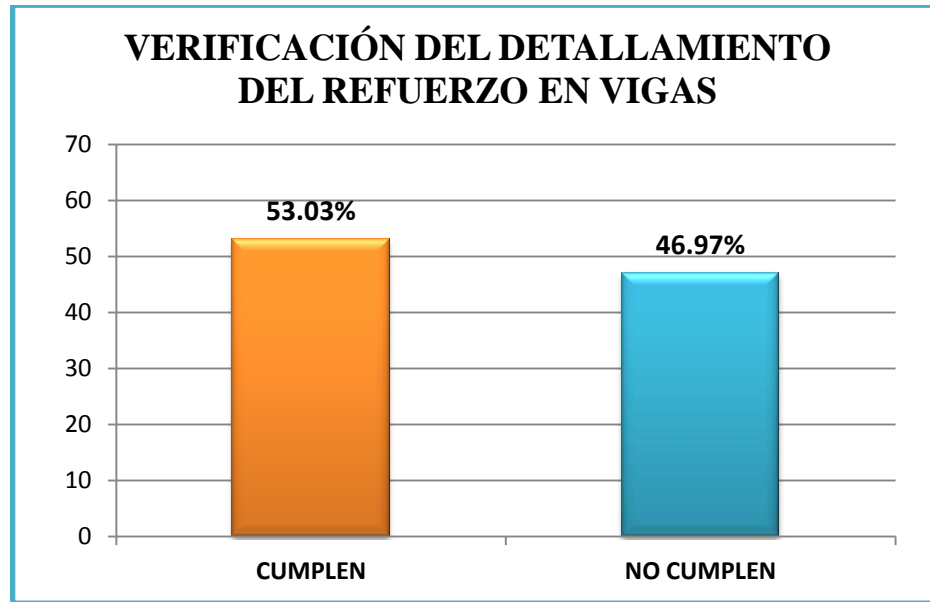


Figura 3.15 Resultado global de la verificación del detallamiento del refuerzo en vigas

En las figuras 3.16 y 3.17 se presenta el número de edificaciones que cumplen y no, en cada uno de los numerales del código ACI 318-08 que conforman las preguntas de la encuesta descrita en el anexo 1 para este elemento.

En la figura 3.16 se observa que especificaciones como la 7.13.2.2 (b), 7.13.2.2 (c), 21.3.4.2 (b), 21.3.4.3 y 21.5.2.3 (a) no presentan ninguna edificación que haya cumplido lo que disponen, siendo la 21.3.4.3 la que posee mayor cantidad de edificaciones (51) que incumplen, y menciona que los estribos deben colocarse espaciados a no más de $d/2$ en toda la longitud del elemento; se puede observar también que sólo dos especificaciones se cumplen en su totalidad, la 7.11.2 y 21.5.1.2.

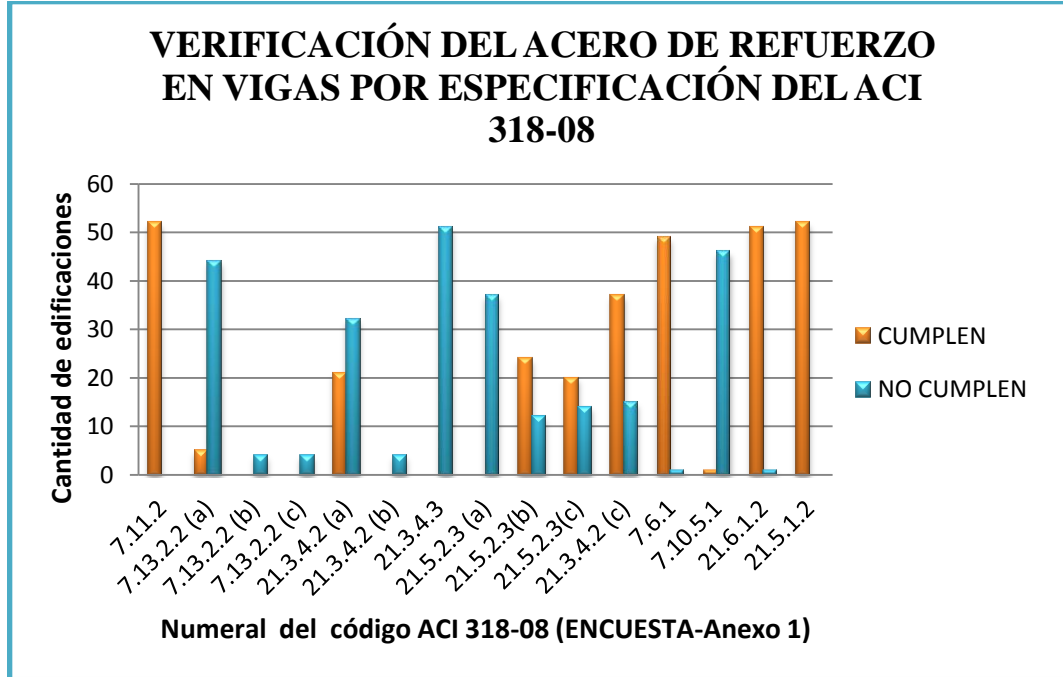


Figura 3.16 Número de edificaciones que cumplen y no cumplen en cada numeral del código ACI 318-08 para vigas

Los resultados que se presentan en la figura 3.17 corresponden al número de edificaciones que cumplen y no, en cada una de las especificaciones que comprenden el eje de las "X" y su descripción se encuentra en la encuesta presentada en el anexo 1. En la misma se observa que las dos categorías "cumple" y "no cumple" se encuentran aproximadamente en la misma cantidad, pero existen especificaciones como la 7.7.1 (d), en la que las 52 edificaciones estudiadas para la misma no cumplen y la 6.3.12 que incumple en 30 y no posee ninguna que cumpla.

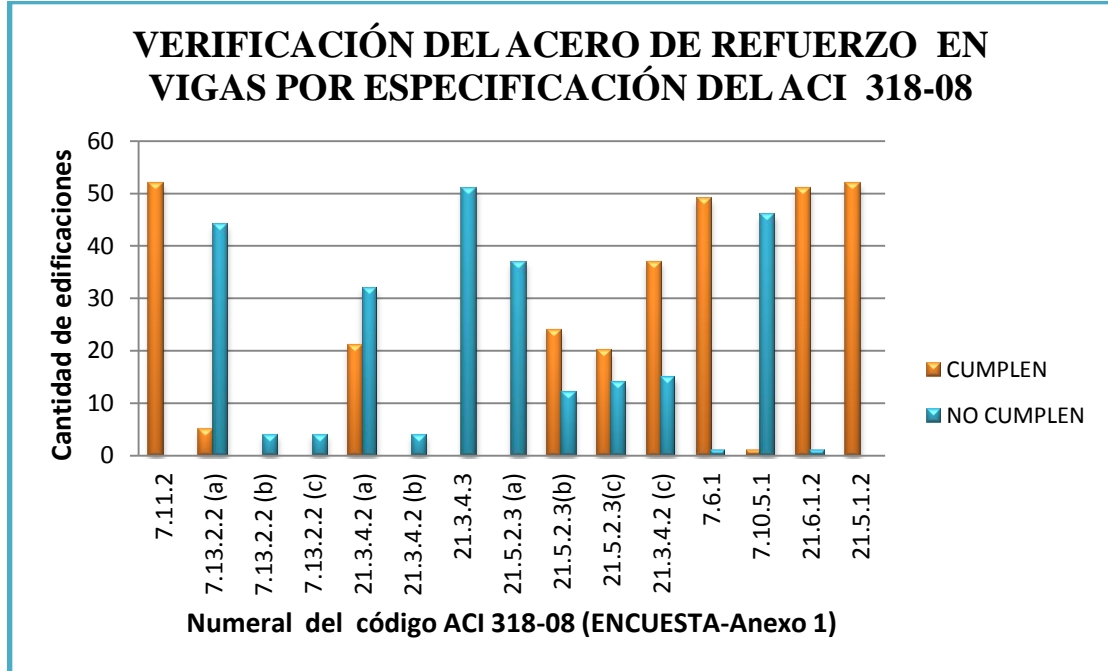


Figura 3.17 Número de edificaciones que cumplen y no cumplen en cada numeral del código ACI 318-08 para vigas

▪ **Análisis del incumplimiento en vigas**

Las figuras 3.18 y 3.19 presentan en forma descendente la cantidad de edificaciones que incumplen por cada especificación del código ACI 318-08 que conforma la encuesta descrita en el anexo 1 para este elemento. Se observa que las especificaciones con más casos de incumplimiento son la 7.7.1 (d) que incumple en 57 edificaciones, la 21.3.4.3 en 51 y la 7.2.2 (b) en 50. Estas especificaciones se refieren al recubrimiento mínimo, espaciado de estribos y diámetro mínimo interior de doblado en estribos respectivamente.

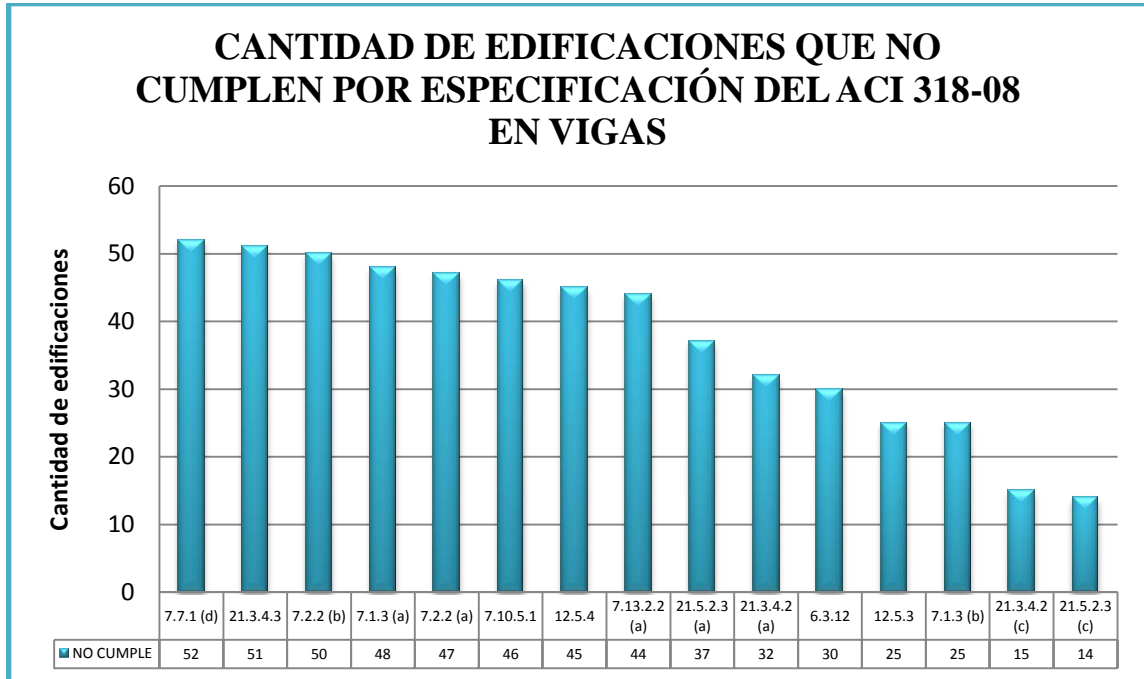


Figura 3.18 Edificaciones que incumplen por cada especificación del código ACI 318-08 en vigas

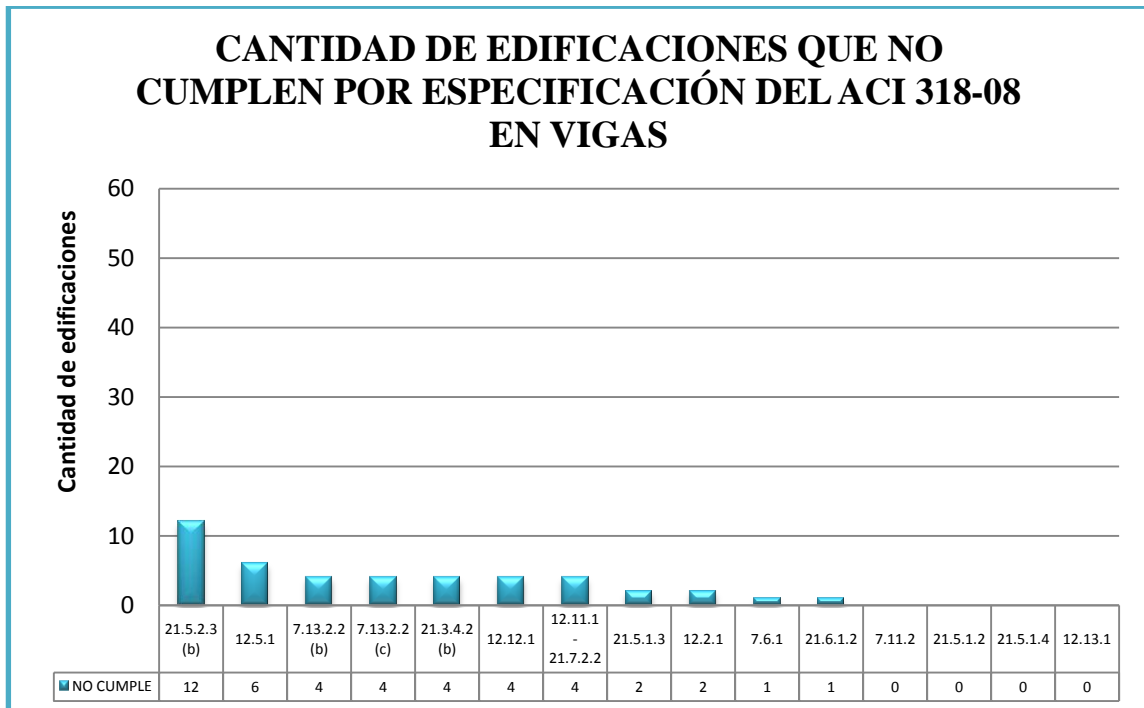


Figura 3.19 Edificaciones que incumplen por cada especificación del código ACI 318-08 en vigas



➔ **Losas**

El análisis de la verificación del detallamiento del refuerzo en losas de edificaciones del sector sur de la ciudad de Loja se presenta en la figura 3.20, en la misma se observa que el porcentaje que cumple es de 60.16% y el que no cumple de 39.84%, existiendo en este elemento mayor cantidad de aciertos que de errores.

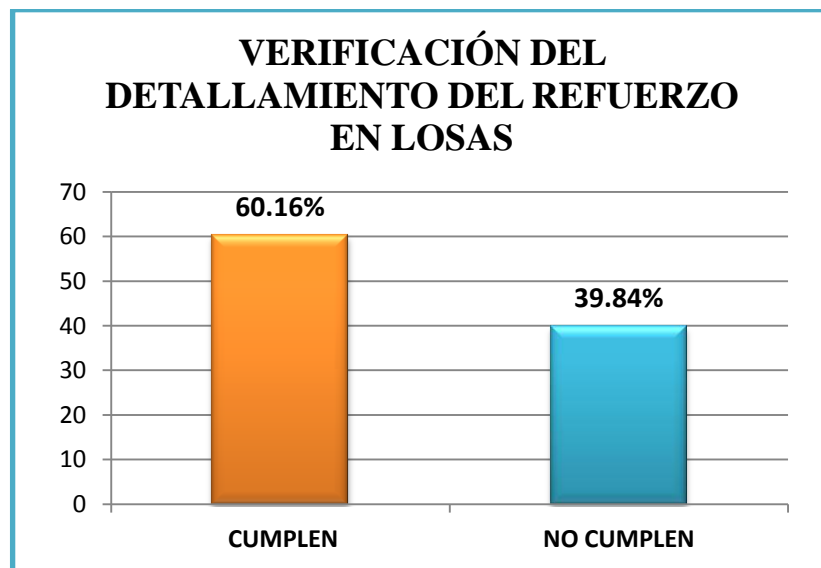


Figura 3.20 Resultado global de la verificación del detallamiento del refuerzo en losas

Es importante mencionar que el porcentaje de la categoría "NO CUMPLEN", es elevado (39.84%), debido a que varios de los detalles se colocaban de manera errónea en gran parte de las edificaciones estudiadas. No basta con que unos detalles cumplan y otros no, gran parte de los que son incorrectos se encuentran en zonas críticas de la losa, donde se concentran mayor cantidad de esfuerzos, lo que la hace vulnerable a sufrir grandes daños. La zona crítica de esfuerzos en una losa de concreto se ubica en el primer cuarto del claro a partir del apoyo. (figura 3.21).

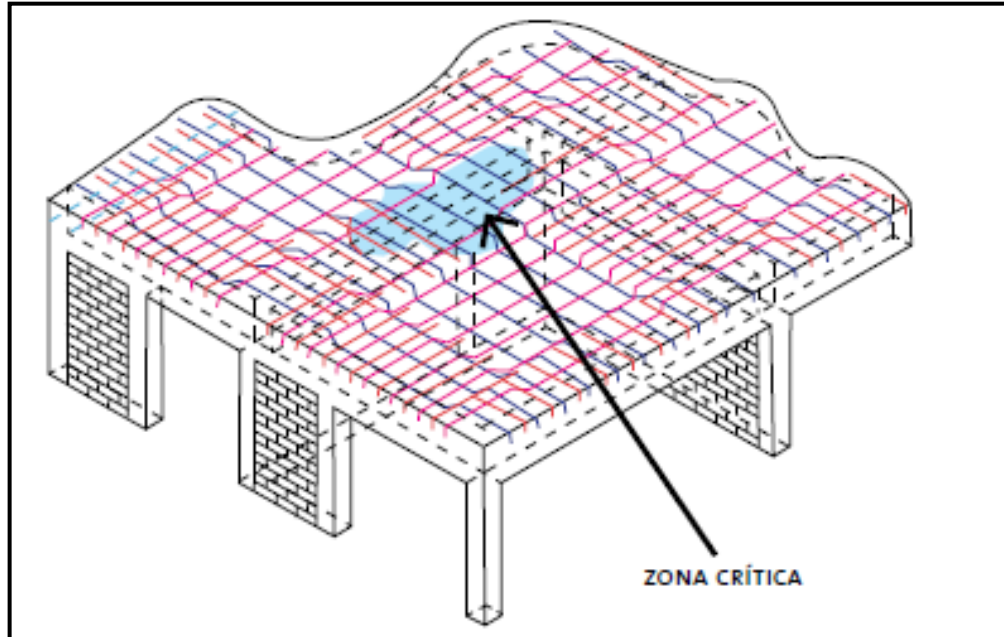


Figura 3.21 Zona crítica de la losa

Fuente: [Holcim. (...)]

Para conocer con más detalle los resultados del estudio en losas, se presenta la figura 3.22, en la cual se indica el número de edificaciones que cumplen y no, por cada requerimiento del código ACI 318-08 que conforma la encuesta descrita en el anexo 1 para este elemento, en la misma se aprecia que varios requisitos tienen mayor cantidad de edificaciones que cumplen, a excepción del 7.2.2 (b), 7.7.1 (e), y 6.3.12, que tienen que ver con diámetros de doblado, recubrimiento, e instalación de ductos o tuberías respectivamente.

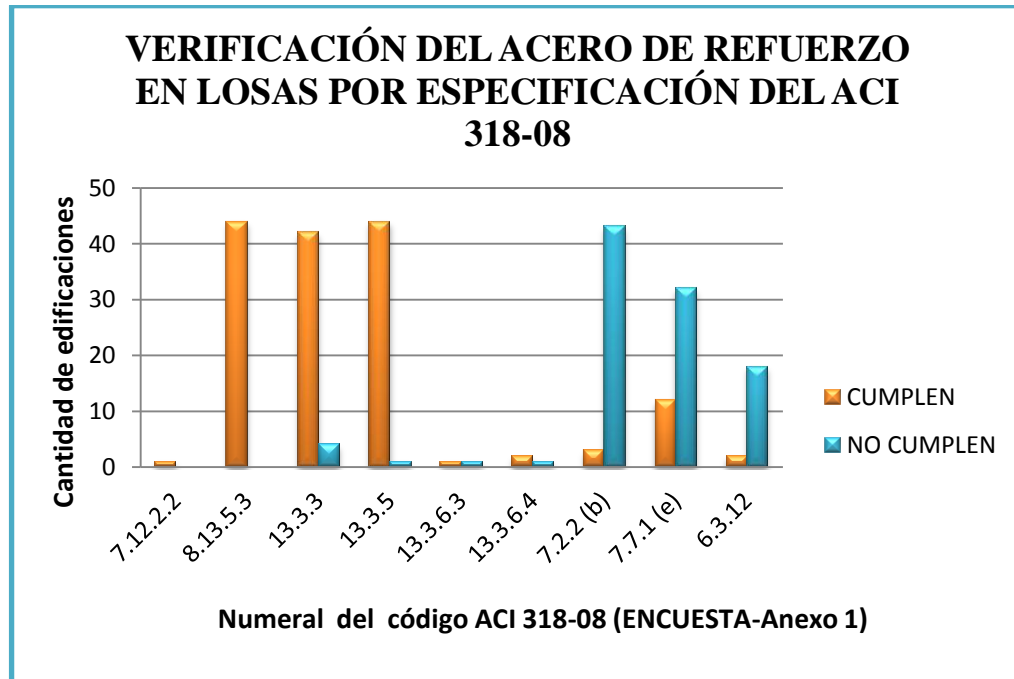


Figura 3.22 Número de edificaciones que cumplen y no cumplen en cada numeral del código ACI 318-08 para losas

Los resultados de la figura 3.22 se deben a que en la mayoría de edificaciones analizadas el gancho de las varillas no poseía el diámetro adecuado, el refuerzo positivo se colocaba directamente sobre el concreto dejando sin recubrimiento la losa en zonas donde se produce tracción y finalmente gran cantidad de tuberías que provocaban que se doblen los puentes o refuerzo negativo, los cuales están colocados en zonas crítica de la losa, dejándola vulnerable a sufrir grandes daños.

▪ **Análisis del incumplimiento en losas**

En la figura 3.23 se presenta en forma descendente la cantidad de edificaciones que incumplen por cada especificación del código ACI 318-08 que conforma la encuesta descrita en el anexo 1 para este elemento. Las



tres especificaciones con mayores casos de incumplimiento son las siguientes: la 7.2.2 (b), las 7.7.1 (e) y la 6.3.1; las mismas se refieren a diámetros mínimos de doblado, recubrimiento mínimo y colocación de tubería respectivamente.

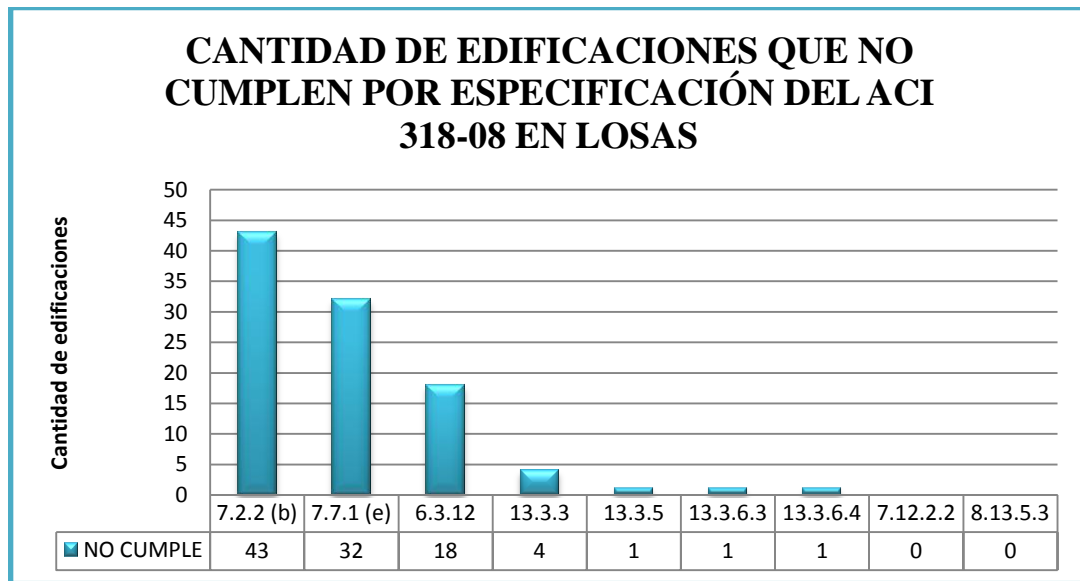


Figura 3.23 Número de edificaciones que cumplen y no cumplen en cada numeral del código ACI 318-08 para losas

3.1.5 Análisis de resultados por edificación

Los resultados que se presentan en este punto dan a conocer el porcentaje de cumplimiento e incumplimiento de las especificaciones de la norma ACI 318-08 por cada edificación estudiada. Para efecto de mayor entendimiento se han distribuido en cuatro gráficas.

La figura 3.24 contiene los resultados del estudio en las edificaciones de la 1 a la 15, en donde se observa el porcentaje que cumple y no en cada una de ellas; analizando los resultados se observa que casi en todas las



edificaciones existe mayor porcentaje de cumplimiento, a excepción de las edificaciones 4, 12 y 14 donde existen mayores falencias en el detallamiento del refuerzo.

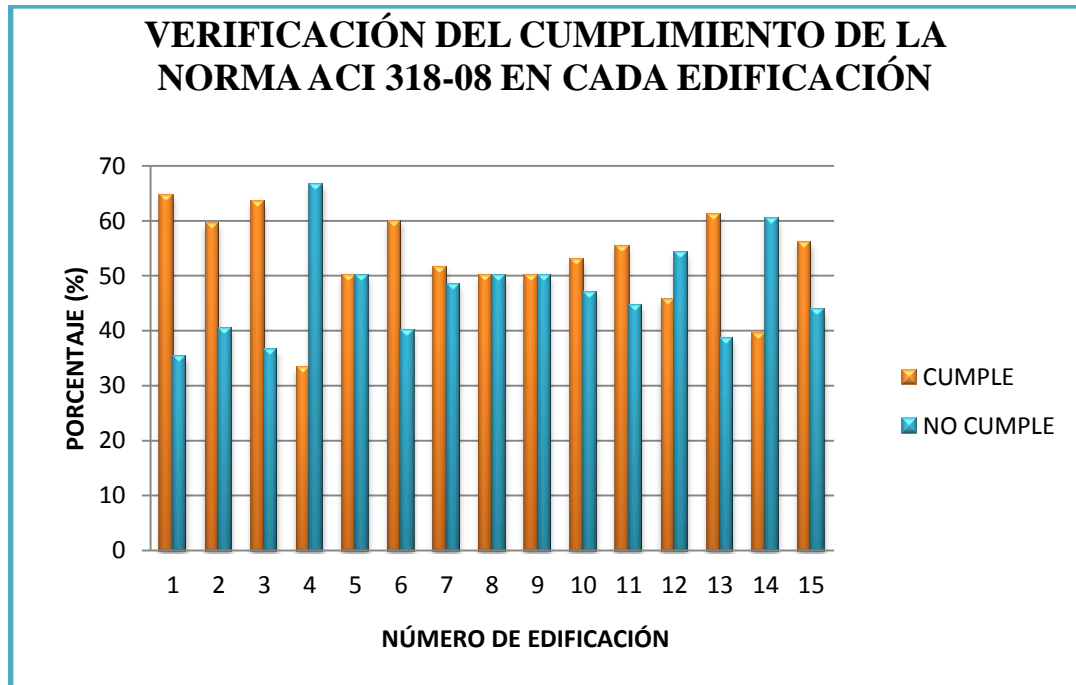


Figura 3.24 Verificación del detallamiento del refuerzo en las edificaciones de la 1 a la 15

La figura 3.25 abarca las edificaciones de la 16 a la 30, en ella se aprecia que los porcentajes de las dos categorías "cumple" y "no cumple" están casi en similar proporción, a excepción de las edificaciones 16, 26, 27 y 30 donde el porcentaje de cumplimiento se dispara.

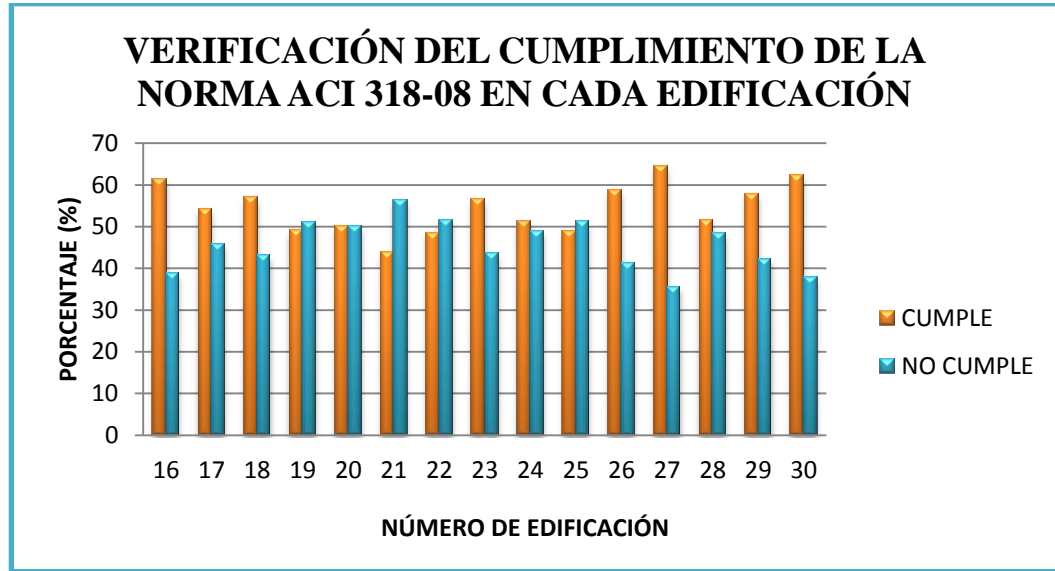


Figura 3.25 Verificación del detallamiento del refuerzo en las edificaciones de la 16 a la 30

Los resultados del estudio en las edificaciones de la 31 a la 45 se presentan en la figura 3.26, el porcentaje que más sobresale es el de la casa 31 donde el incumplimiento es elevado 69% y solo el 31% de especificaciones cumplen.

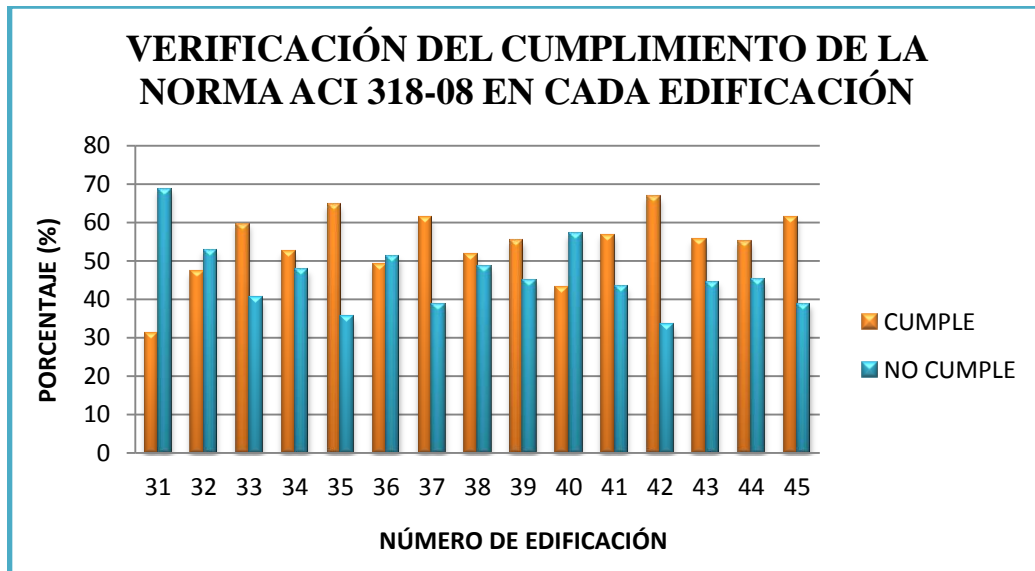


Figura 3.26 Verificación del detallamiento del refuerzo en las edificaciones de la 31 a la 45



A continuación en la figura 3.27 se indican los resultados del estudio del detallamiento de refuerzo de las edificaciones 46 a la 58, en ella se observa que los porcentajes de incumplimiento se disparan en la edificación 48, 52, 53, 54 y 57.

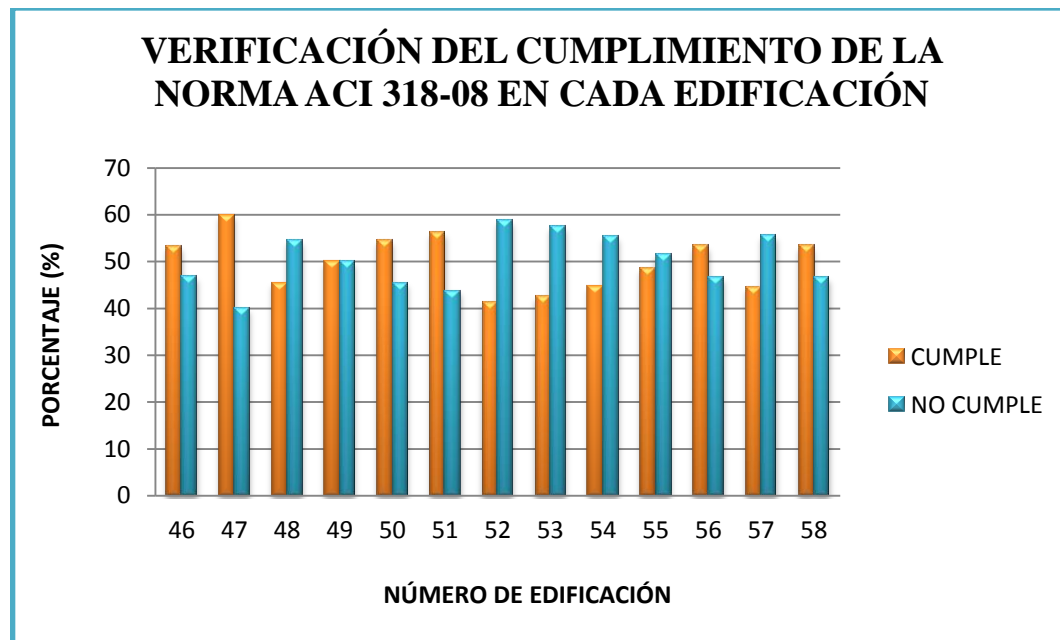


Figura 3.27 Verificación del detallamiento del refuerzo en las edificaciones de la 46 a la 58

Analizando en conjunto las cuatro gráficas anteriores, la edificación que más cumple es la 42 con un porcentaje de 67%, y la que menos cumple es la número 31 con un 69%.

3.2 Análisis del material fotográfico

3.2.1 Errores en el detallamiento del refuerzo

Las fotografías que se muestran en este punto han sido seleccionadas de entre más de 1000 que tiene la memoria fotográfica obtenida en el estudio, y presentan los errores

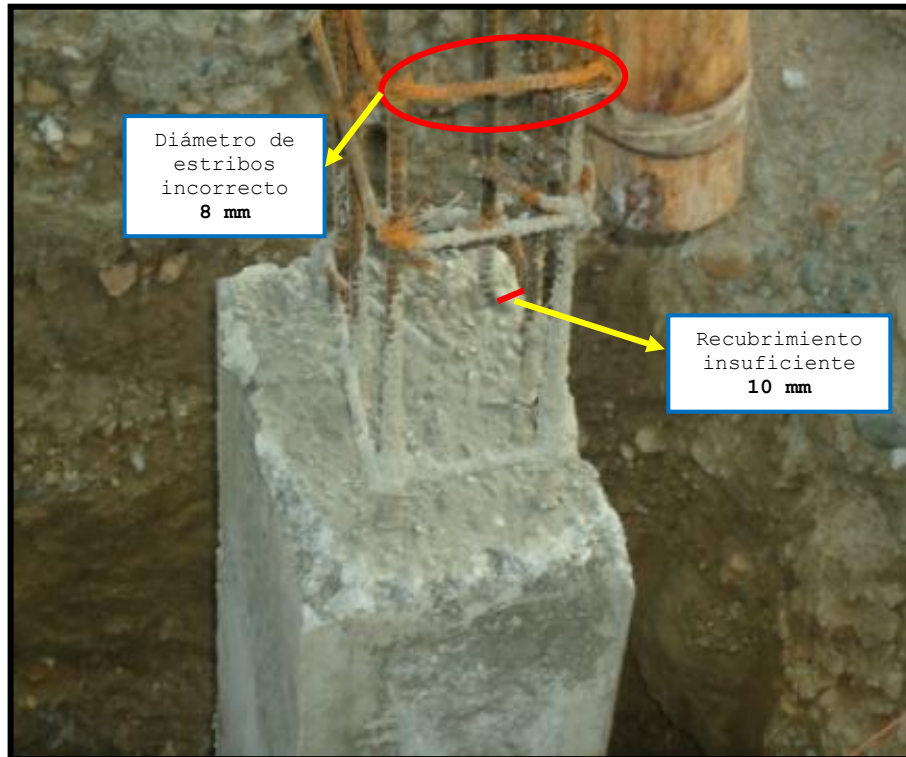


encontrados en el detallamiento del refuerzo. A continuación se realiza el respectivo análisis a cada una de ellas.

➔ **FOTOGRAFÍA 3.1**

La Fotografía indica una columna ubicada de forma descentrada, su recubrimiento no es uniforme en todos sus lados, se nota claramente que dos de ellos solo tienen 10 mm de recubrimiento, incumpléndose la especificación 7.7.1 establecida en el código ACI 318-08, donde se menciona que el recubrimiento mínimo de la armadura principal en columnas debe ser de 40 mm. Las varillas que quedan con escaso recubrimiento, no van a estar suficientemente confinadas por el concreto y en caso de movimientos telúricos se puede producir el astillamiento del mismo, dejando libre el acero de refuerzo, el cual podría pandearse y producir el colapso del elemento columna, y como este tipo de falla va en serie afectaría a los pisos superiores ocasionando el colapso total de la estructura.

Otro error que se presenta es que el diámetro del estribo es de 8 mm, siendo el correcto 10 mm como mínimo tal como lo recomienda el numeral 7.10.5.1 del código.



Fot.3.1 No cumple recubrimiento mínimo, y diámetro del estribo (Numeral 7.7.1 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 28/11/2010

➡ **FOTOGRAFÍA 3.2**

Esta fotografía muestra una columna perimetral con recubrimiento nulo en dos de sus lados, incumpliendo la especificación 7.7.1 del código ACI 318-08, donde se recomienda que el recubrimiento debe ser mínimo 40 mm; a más de ello, el diámetro del estribo es de 8 mm, por lo tanto no cumple el numeral 7.10.5.1 del código, donde se establece que como mínimo se debe colocar refuerzo transversal de 10 mm.



Fot. 3.2 No cumple recubrimiento mínimo y diámetro del estribo (Numeral 7.7.1 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 28/11/2010

➡ **FOTOGRAFÍA 3.3**

En esta fotografía se observa que los estribos están espaciados a una misma distancia a lo largo de toda la longitud de la viga, incumpliendo la especificación 21.3.4.2 del código ACI318-08, debido a que en ambos extremos del elemento deben colocarse estribos cerrados de confinamiento por longitudes iguales a $2h$, medidas desde la cara del elemento de apoyo hacia el centro de la luz, estos deben tener menor espaciamiento que los estribos centrales de la viga; también se aprecia que el primer estribo está colocado a más de 50 mm, lo que es incorrecto, ya que el numeral 21.3.4.2 del código especifica que tiene que ser menor o igual a esta cantidad.



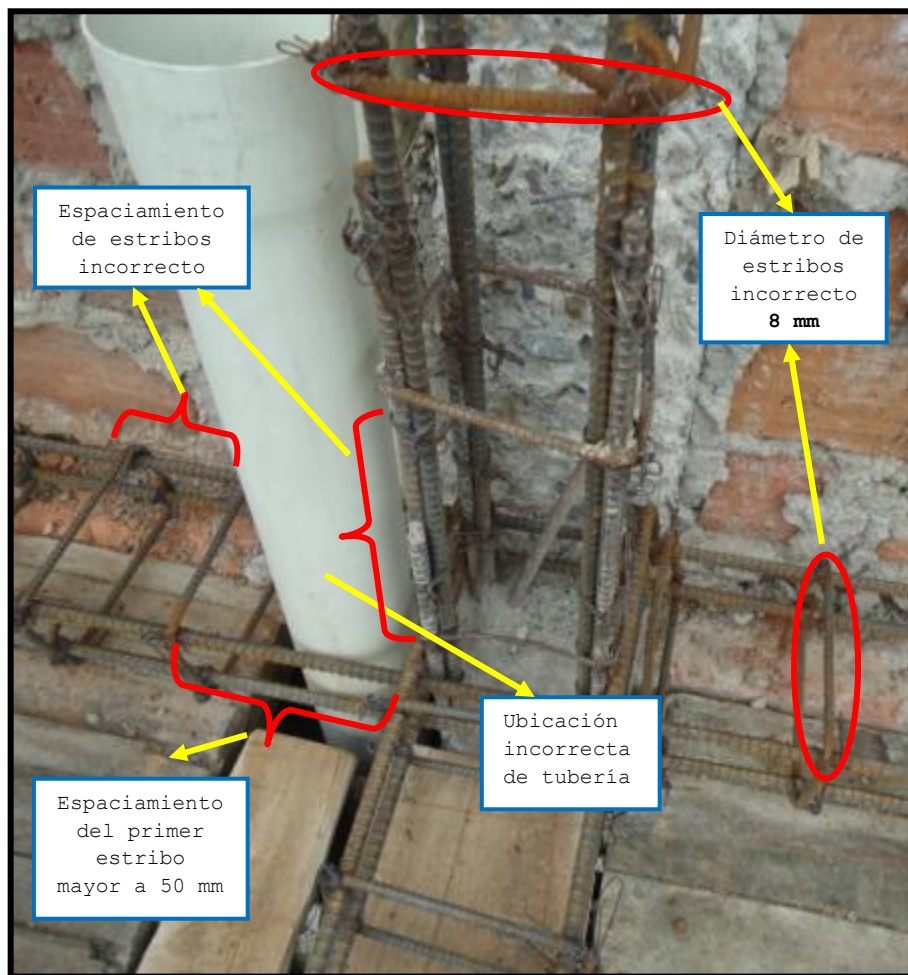
Fot. 3.3 No cumple espaciamiento del refuerzo transversal (estribos) a lo largo de la longitud de la viga, y colocación de primer estribo (Numeral 21.3.4.2 y 21.3.4.3 del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 30/11/2010

➡ **FOTOGRAFÍA 3.4**

En la fotografía se observan varias falencias relacionadas con los detalles del acero, la primera de ellas es el incumplimiento de la especificación 21.3.5.2 del código ACI318-08, debido a que los estribos en la longitud l_0 de la columna se disponen a un espaciamiento mucho mayor al especificado; se puede apreciar también la ubicación de una tubería en medio de la viga, la cual desplaza al primer estribo de confinamiento medido desde la cara del nudo, incumpliendo tanto la especificación 6.3.12 por colocación errónea de tubería y la 21.3.4.2 debido a que el primer estribo está ubicado a una distancia mayor a 50 mm medida desde la cara del nudo.



Otro error cometido es el espaciamiento del refuerzo transversal en vigas y columnas en la longitud $2h$ y l_0 respectivamente (especificación 21.3.4.2 y 21.3.5.2 del código), además los estribos tienen un diámetro de 8 mm siendo lo correcto que sean de un mínimo de 10 mm según la especificación 7.10.5.1 del código.



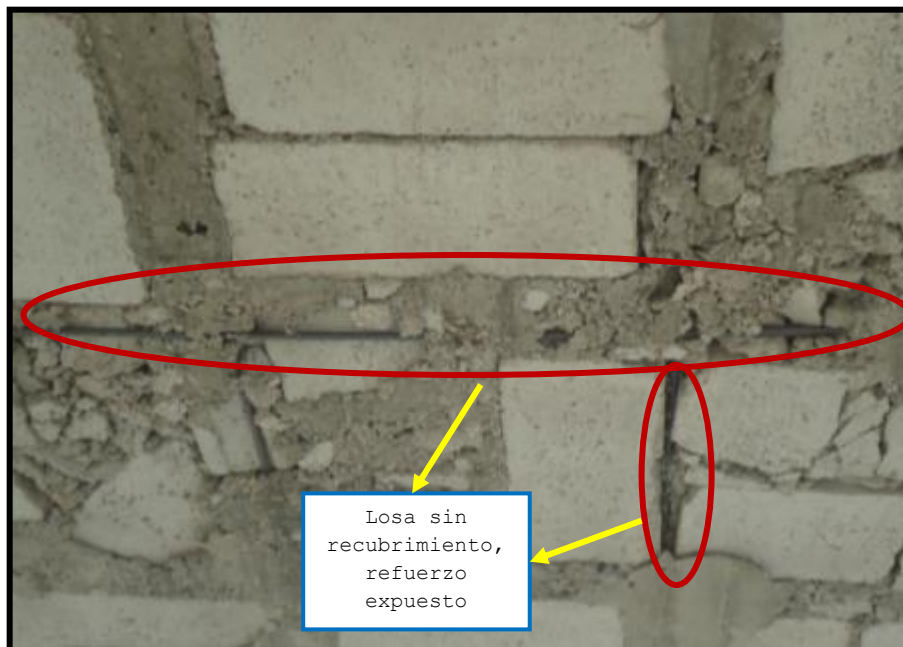
Fot. 3.4 Colocación errónea de tubería que modifica la ubicación del primer estribo, espaciamiento y diámetro de estribos en vigas y columnas incorrecto, incumplimiento de: (Numeral 6.3.12, 21.3.4.2, 21.3.5.2 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08)

Fecha de captura: 30/11/2010



➔ **FOTOGRAFÍA 3.5**

Uno de los errores encontrados en la mayoría de edificaciones estudiadas es que las losas no presentan el recubrimiento adecuado. En la fotografía se aprecia como el refuerzo positivo no tiene ningún recubrimiento, quedando totalmente expuesto en sus dos direcciones. El problema ocurre porque el refuerzo es colocado directamente sobre el encofrado, sin dejar el espacio suficiente para que en el momento de la fundición el concreto lo recubra, por lo tanto en éste caso se incumple el numeral 7.7.1, literal (c) del código ACI 318-08. Al no tener recubrimiento no hay transferencia de esfuerzos del hormigón al acero que es lo que se requiere para que los dos elementos trabajen juntos formando el elemento de hormigón armado.

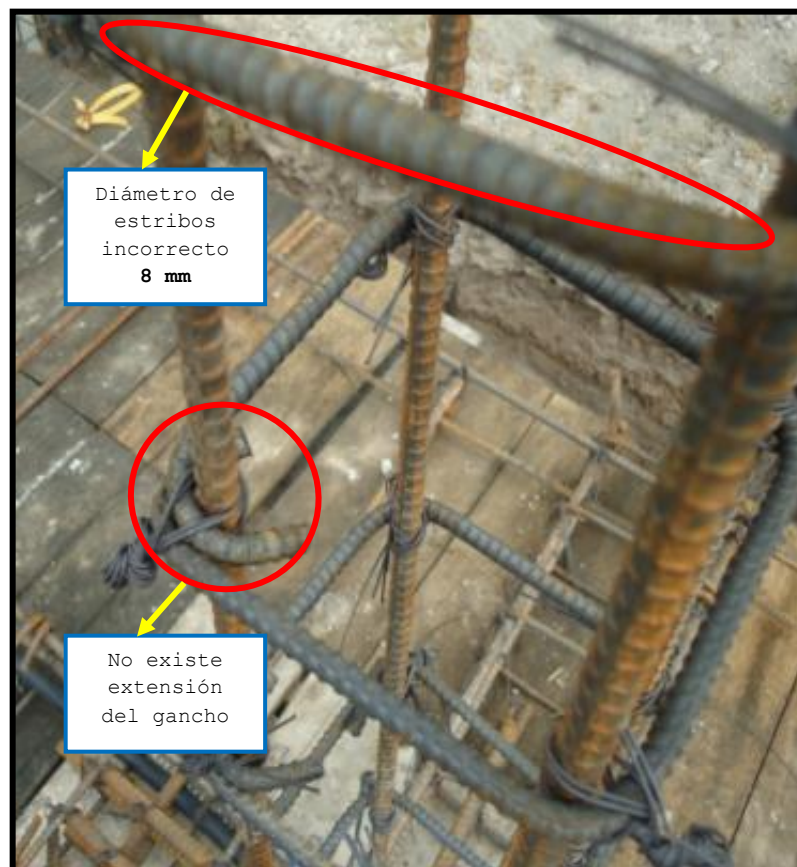


Fot. 3.5 Falta de recubrimiento en losas (Numeral 7.7.1 literal (c) del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 13/12/2010



➔ **FOTOGRAFÍA 3.6**

La extensión del gancho del estribo que se indica en la fotografía, no cumple con lo establecido en el numeral 7.1.3 literal (c) del código ACI 318-08, donde la extensión del estribo debe ser $6db \geq 75\text{mm}$, pero en el caso que se presenta la extensión tiene una longitud de 15 mm. Otro problema que se aprecia es que los estribos tienen un diámetro de 8 mm, siendo el mínimo recomendado por el numeral 7.10.5.1 del código, 10 mm.



Fot.3.6 No cumple longitud de la extensión del gancho y diámetro del estribo (Numeral 7.1.3 literal (c) y 7.10.5.1 del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 12/12/2010



➔ **FOTOGRAFÍA 3.7**

La fotografía indica el caso de una viga, donde se han realizado tres empalmes por traslape seguidos en el refuerzo negativo, mediante dos varillas muy cortas, los mismo están ubicados en la luz de la viga, donde existen grande esfuerzos, lo correcto es haberlos realizado a una distancia de dos veces la altura del elemento medida desde la cara del nudo como lo especifica el numeral 21.5.2.3 del código ACI318-08; su longitud de empalme es incorrecta (150 mm), incumpliendo el numeral 12.15.1, que establece que la longitud de empalme no debe ser menor a 300 mm. A más de ello los estribos no cumplen el diámetro mínimo de 10 mm establecido en el numeral 7.10.5.1 del código.



Fot. 3.7 No cumple ubicación y longitud del empalme por traslape, diámetro del estribo incorrecto (Numeral 21.5.2.3 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08)

Fecha de captura: 13/12/2010

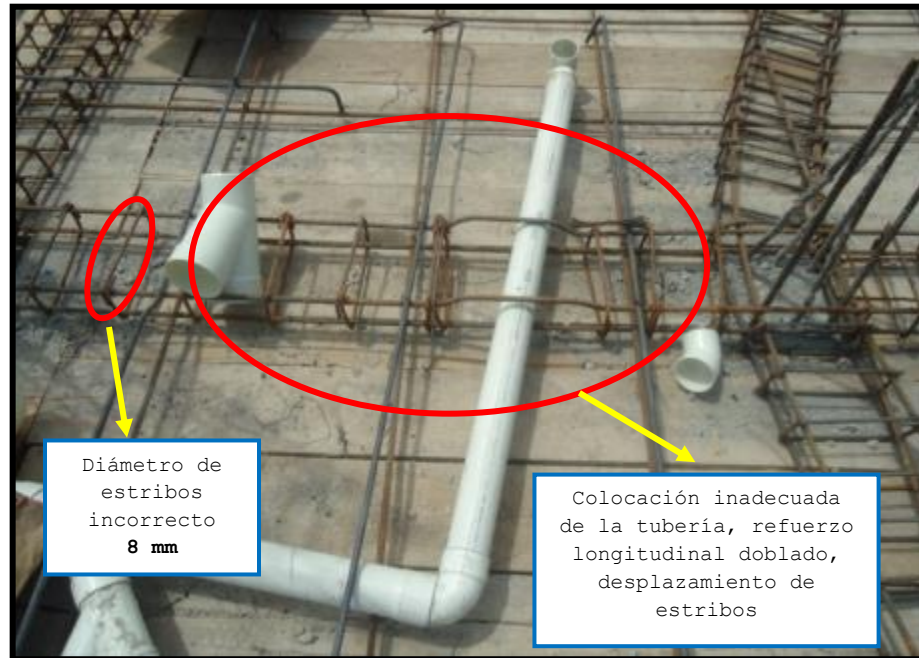


➡ **FOTOGRAFÍA 3.8**

En la fotografía se indica el desplazamiento del refuerzo transversal de su posición original, además el cambio de forma del refuerzo negativo de la viga, debido a la colocación de un ducto que la atraviesa, incumpliendo lo especificado en el numeral 6.3.12 del código ACI-318, el cual menciona que "las tuberías y ductos deben fabricarse e instalarse de tal forma que no requiera cortar, doblar o desplazar el refuerzo de su posición apropiada", además del 21.3.4.2 y 21.3.4.3 debido al espaciamiento del refuerzo transversal.

Se puede observar también que la viga carece de confinamiento apropiado en las longitudes iguales a $2h$, medidas desde la cara de elemento de apoyo hacia el centro de la luz, puesto que los estribos están ubicados a espaciamientos mayores que los especificados en el numeral 21.3.4.2 de código ACI 318-08.

Los estribos que se han colocado también presentan errores en su detallamiento, ya que tienen un diámetro de 8 mm, por lo tanto no cumplen con lo especificado en el numeral 7.10.5.1 de código, que menciona que como mínimo deben ser No 10, que equivale a 10 mm.



*Fot. 3.8 Colocación errónea de tuberías, espaciamiento de estribos mayor al especificado, diámetro de estribos insuficiente, incumplimiento de: (Numeral 6.3.12, 21.3.4.2 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 03/12/2010*

➔ **FOTOGRAFÍA 3.9**

El área del refuerzo longitudinal, A_{st} , de la columna que se indica en la fotografía, no cumple lo especificado en el numeral 21.6.3 del código ACI 318-08, donde se menciona que, A_{st} no debe ser menor que $0.01 A_g$ ni mayor que $0.06 A_g$, la columna que se muestra es de 20×20 cm, por lo tanto A_g es 400 cm^2 , y el área de refuerzo adecuada estaría entre 4 y 24 cm^2 , pero como se ve en la foto la columna está conformada por cuatro varillas de 10 mm con un área total de 3.14 cm^2 , por lo tanto no tiene el refuerzo adecuado para la dimensión de la columna.

Otro problema que se puede apreciar es que los estribos tienen un diámetro de 8 mm , y lo correcto es como



mínimo 10 mm según lo especificado en el numeral 7.10.5.1 de código.



Fot. 3.9 No cumple área del refuerzo longitudinal y diámetro de estribo (Numeral 21.6.3 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08)

Fecha de captura: 02/12/2010

➔ **FOTOGRAFÍA 3.10**

La distribución del refuerzo en zapatas rectangulares en dos direcciones, debe realizarse tal como lo especifica el numeral 15.4.4.2 del código ACI318 (2008) "para el refuerzo en la dirección corta, se debe distribuir en tres franjas, en la franja central una porción del refuerzo total, yAs' debe distribuirse en forma uniforme, cuyo ancho sea igual a la longitud del lado corto de la zapata.



El resto del refuerzo requerido en la dirección corta, $(1-\gamma_s)A_s$, debe distribuirse uniformemente en las dos franjas restantes (zonas que queden fuera de la franja central de la zapata). El factor γ_s se lo calcula con la siguiente fórmula $\gamma_s = \frac{2}{(\beta+1)}$, β es la relación del lado largo al lado corto de la zapata".

En la fotografía se muestra una zapata rectangular de (1.25 x 0.75)m, en la cual el espaciamiento en la dirección corta es el mismo en todas las franjas (0.185 m), incumpliendo la especificación mencionada en el párrafo anterior.



Fot. 3.10 "Zapata rectangular" no cumple con espaciamiento del refuerzo en la dirección corta (Numeral 15.4.4.2 del código ACI 318-08
Fecha de captura: 08/12/2010



➔ **FOTOGRAFÍA 3.11**

En esta fotografía se presenta el detallamiento del refuerzo en una cadena y se ve claramente cómo los estribos a lo largo de ella se disponen al mismo espaciamiento, pero no toman en cuenta que en ambos extremos del elemento deben colocarse estribos cerrados de confinamiento por longitudes iguales a $2h$, medidas desde la cara de elemento del apoyo hacia el centro de la luz, ya que en éstos el espaciamiento del refuerzo transversal debe ser menor, debido a que en estas zonas se requiere mayor confinamiento, por lo tanto, se incumple el numeral 21.3.4.2 del código ACI 318-08.



Fot.3.11 No cumple espaciamiento del refuerzo transversal (estribos) a lo largo de la cadena (Numeral 21.3.4.2 del código ACI 318-08)

Fecha de captura: 12/12/2010



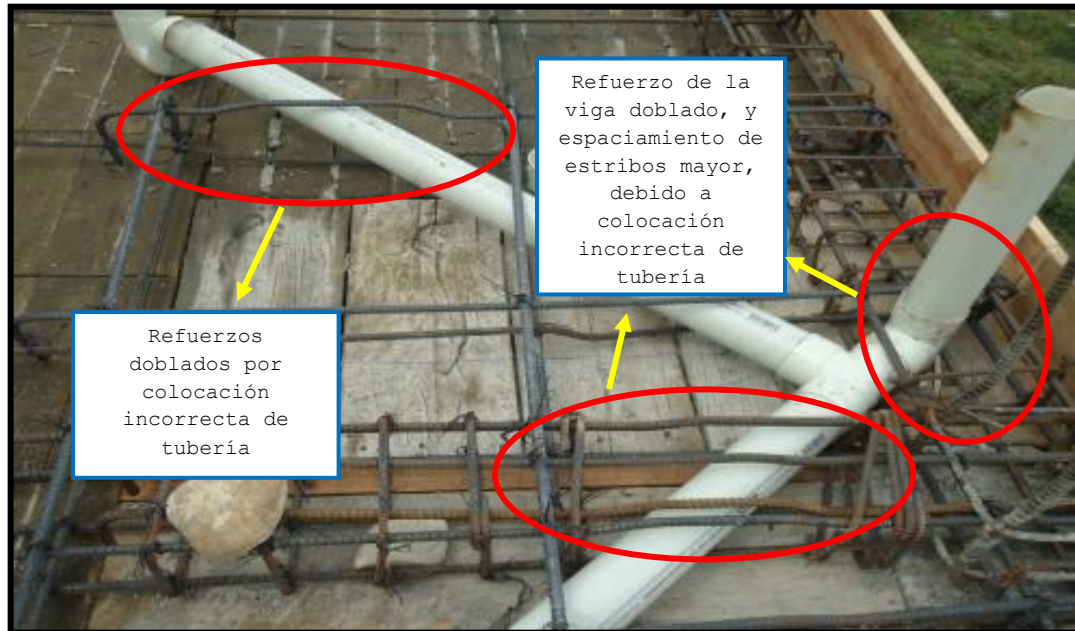
➔ **FOTOGRAFÍA 3.12 Y 3.13**

Las fotografías 3.12 y 3.13 revelan la manera en que se están colocando las instalaciones sanitarias en las edificaciones de la ciudad de Loja. La tubería atraviesa los elementos estructurales y ha provocado que se doble y desplace el refuerzo de su posición apropiada, afectando a dos vigas y parte de la losa. En el caso de las vigas, se ve claramente que los estribos han sido desplazados, dejando sin confinamiento a la zona donde se requiere mayor refuerzo transversal (longitud $2h$ medida desde la cara de la columna). En la losa tanto el refuerzo positivo como negativo es afectado, ya que ha sido doblado, modificando su forma recta. Por lo tanto se incumple con los requerimientos 6.3.12 y 21.3.4.2 del código ACI 318-08.



Fot. 3.12 Colocación errónea de tuberías que modifican la forma y posición del acero de refuerzo, incumplimiento de: (Numeral 6.3.12 y 21.3.4.2 del código ACI 318-08)

Fecha de captura: 15/12/2010



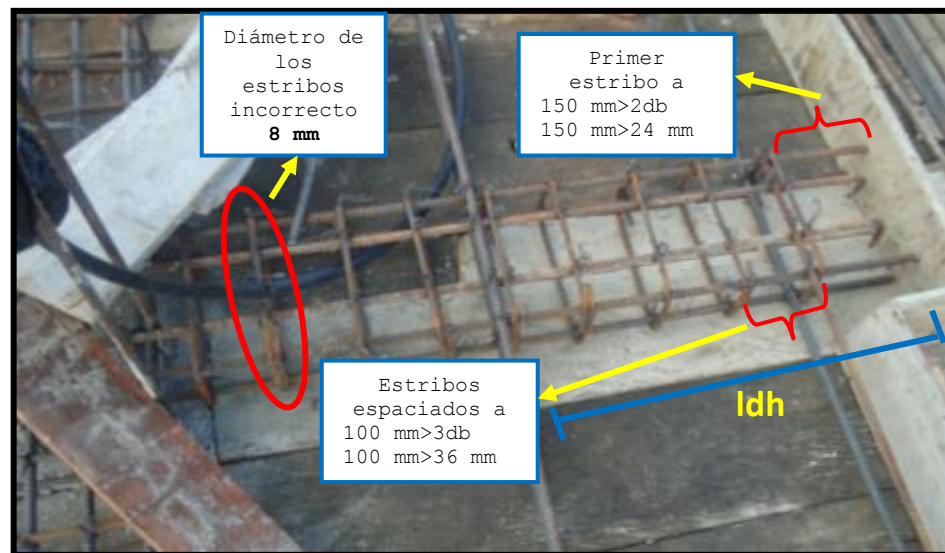
Fot. 3.13 Colocación errónea de tuberías que modifican la forma, posición del acero de refuerzo, incumplimiento de: (Numeral 6.3.12 y 21.3.4.2 del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 15/12/2010

➡ **FOTOGRAFÍA 3.14**

La viga de volado que se muestra en la fotografía no cumple lo dispuesto en el numeral 12.5.3 del código ACI 318-08, debido a que no todas la barras longitudinales en el borde discontinuo terminan en forma de gancho, y el primer estribo está ubicado a una distancia mayor a $2d_b$ medida desde el borde externo del gancho, por lo tanto, no existe confinamiento de la parte doblada del mismo. En la longitud l_{d_h} los estribos tienen una separación de 10 mm, siendo lo correcto que se ubiquen a una distancia menor a $3d_b$ como lo establece el numeral 12.5.4 del código, en este caso lo adecuado hubiera sido colocarlos a 36 mm, ya que el diámetro de las varillas longitudinales es de 12 mm.



Los estribos también presentan errores debido a que no cumplen con el diámetro mínimo de 10 mm establecido en el numeral 7.10.5.1 del código, los que se han colocado en la viga de volado son de 8 mm.



Fot. 3.14 No cumple con colocación del primer estribo medido desde el borde discontinuo de la viga del volado, espaciamiento de estribos en longitud ldh y diámetro del estribo (Numeral 12.5.3, 12.5.4 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 10/12/2010

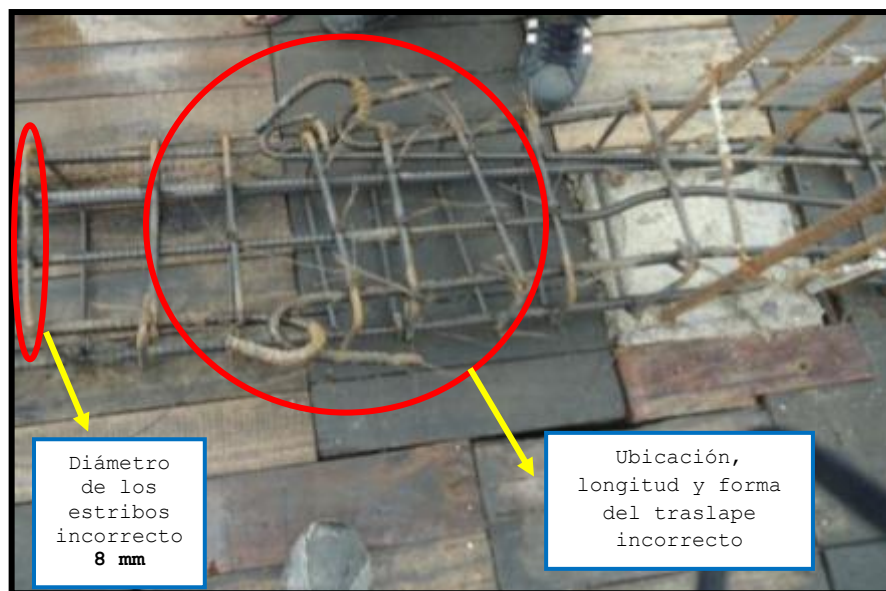
➔ **FOTOGRAFÍA 3.15**

En la fotografía se presenta un caso de empalme por traslapo en el refuerzo negativo de una viga, lo curioso es la forma en que se lo ha realizado, ya que ésta debería ser recta con una longitud determinada, para lo cual es necesario conocer la longitud de desarrollo en tracción (ld), pero nunca menor a 300 mm, según lo que especifica el código ACI318-08 en el numeral 12.15.1. Hay que destacar también que el lugar donde está colocado el empalme no es el correcto, lo adecuado es que se realice en una distancia de dos veces la altura del elemento medida desde la cara



del nudo, según la especificación 21.5.2.3 del código, en la fotografía se observa que la distancia es mayor a $2h$.

Otro incumplimiento que se aprecia en la foto es que el diámetro de los estribos es de 8 mm, lo correcto es como mínimo 10 mm, esto está establecido en el numeral 7.10.5.1 del código.



Fot. 3.15 No cumple ubicación, longitud y forma del empalme por traslape, diámetro del estribo incorrecto (Numeral 12.15.1, 21.5.2.3 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 30/11/2010

➔ **FOTOGRAFÍA 3.16**

En este caso se presenta el detallamiento del acero de refuerzo en una columna, donde se observa que los estribos no se encuentran bien amarrados, todos están desnivelados, además se puede apreciar la mala distribución del refuerzo transversal a lo largo de la longitud de la columna, debido a que el espaciamiento del refuerzo en zonas donde se



necesita más confinamiento (longitud l_o) es mayor al especificado en el numeral 21.3.5.2 del código ACI 318-08.



Fot.3.16 Distribución y colocación de estribos inadecuada, incumplimiento de: (Numeral 21.3.5.2 del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 01/02/2011

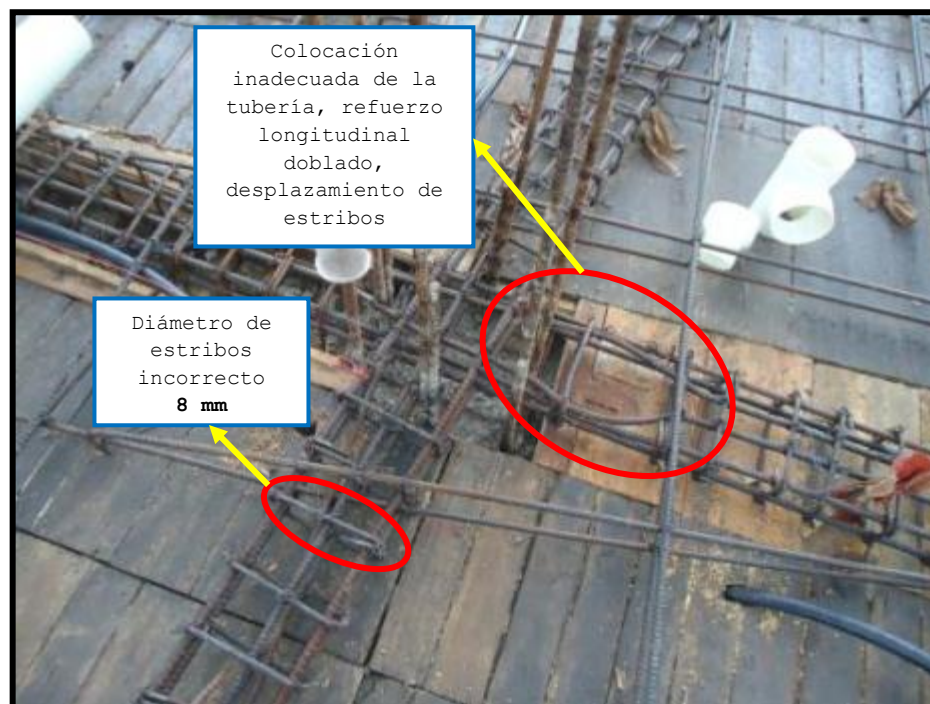
➡ **FOTOGRAFÍA 3.17**

El caso que se presenta en esta fotografía es bastante común en las edificaciones estudiadas, la colocación de instalaciones sanitarias en elementos estructurales es un problema muy grave que afecta el comportamiento de las estructuras. En la foto se observa que por motivos de ubicación de la tubería se han doblado las varillas longitudinales, dejando sin refuerzo la zona, además se ha



desplazado los estribos a espaciamientos mayores en el lugar donde se necesita mayor confinamiento, por lo tanto se incumple el numeral 6.3.12 y 21.3.4.2 del código ACI 318 (2008), el primero establece que "las tuberías y ductos deben fabricarse e instalarse de tal forma que no requiera cortar, doblar o desplazar el refuerzo de su posición apropiada"; el segundo hace referencia al espaciamiento del refuerzo transversal en la longitud $2h$ medida desde la cara de la columna.

En la fotografía también se puede evidenciar el problema del diámetro de los estribos ya que los colocados son de 8 mm, siendo el mínimo establecido 10 mm (numeral 7.10.5.1, ACI 318-08).



Fot.3.17 Varillas de refuerzo dobladas y desplazamiento de estribos por colocación de tuberías, diámetro y espaciamiento de estribos incorrecto, incumplimiento de: (Numeral 6.3.12, 21.3.4.2 y 7.10.5.1, ACI 318-08)
Fecha de captura: 10/12/2010



➔ **FOTOGRAFÍA 3.18**

La fotografía presenta el detallamiento del refuerzo de una cimentación, donde se ve claramente a la parrilla asentada sobre el terreno sin cumplir con el recubrimiento mínimo especificado en el numeral 7.7.1 literal (a) del código ACI 318-08, donde se establece 75 mm como mínimo; además, la orientación del gancho del refuerzo longitudinal de la columna cerca del fondo de la cimentación está hacia fuera, incumpliendo la especificación 21.12.2.2 del código, la cual menciona que "el refuerzo longitudinal que resiste la flexión debe tener ganchos de 90 grados cerca del fondo de la cimentación, con el extremo libre de las barras orientado hacia el centro de la columna". Se recalca que este último problema está presente en todas las edificaciones estudiadas.



Fot.3.18 No cumple recubrimiento y orientación del gancho del refuerzo longitudinal de la columna cerca del fondo de la cimentación (Numeral 7.7.1 literal (a) y 21.12.2.2 del código ACI 318-08)

Fecha de captura: 08/12/2010



➔ **FOTOGRAFÍA 3.19**

En la fotografía se observa cómo el acero de refuerzo junto a una tubería, queda expuesto sin ningún recubrimiento por parte del concreto en una losa, esto se debe a que el acero es colocado directamente sobre el encofrado sin dejar espacio suficiente para que el concreto recubra al refuerzo positivo, por lo tanto no se cumple el numeral 7.7.1 literal (c) del código ACI 318-08, que menciona que el recubrimiento debe ser 20 mm como mínimo.



Fot. 3.19 Falta de recubrimiento en la losa (Numeral 7.7.1 literal (c) del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 13/12/2010

➔ **FOTOGRAFÍA 3.20**

El problema que se presenta en la fotografía es el de una cadena que no se ancla en un elemento de apoyo como lo es la columna, incumpliendo lo especificado en el numeral 12.12.1 del código ACI 318 (2008), el cual menciona que "el



refuerzo para momento negativo en un elemento continuo, restringido, o en voladizo, o en cualquier elemento de un pórtico rígido, debe anclarse en o a través de los elementos de apoyo mediante una longitud embebida, ganchos o anclajes mecánicos". Por lo tanto, la viga no podrá transmitir la carga a la columna y sola tendrá que soportar grandes esfuerzos que podrían ocasionar que falle.

En la fotografía también se puede evidenciar el problema del diámetro de los estribos, los cuales tienen un diámetro de 8 mm, siendo el mínimo establecido por el numeral 7.10.5.1 del código, 10 mm.



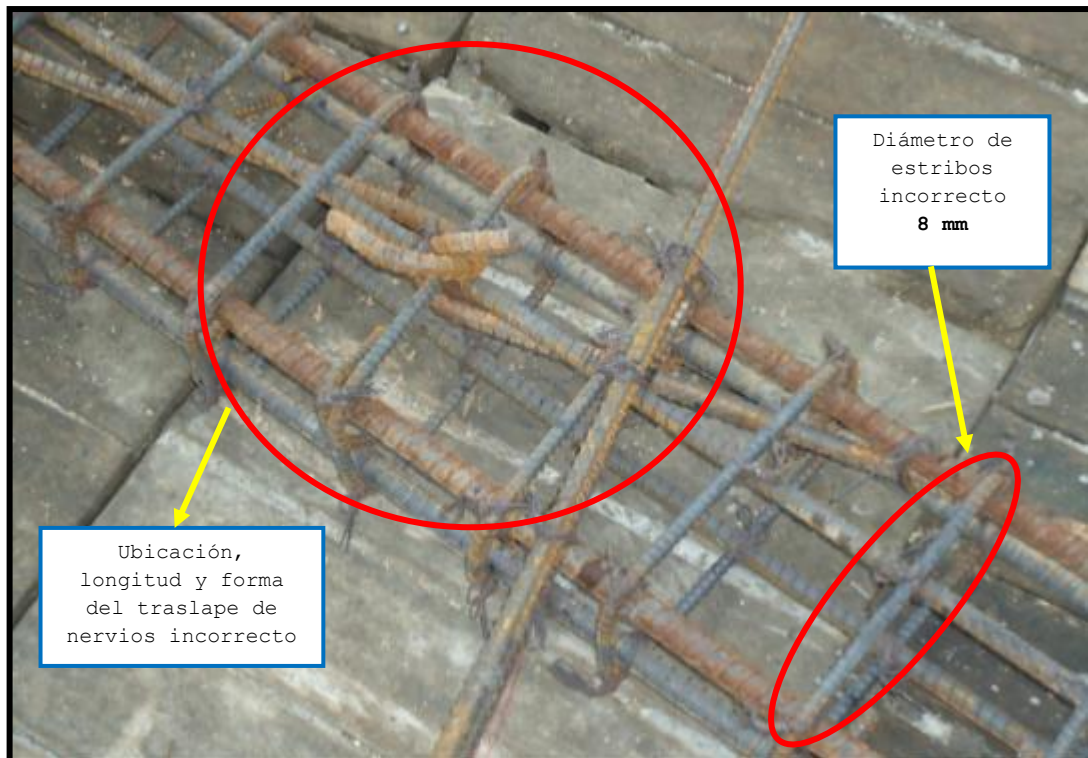
Fot. 3.20 Viga no se ancla en la columna, diámetro del estribo incorrecto, incumplimiento de: (Numeral 12.12.1 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08)

Fecha de captura: 12/12/2010



➔ **FOTOGRAFÍA 3.21**

El problema que se presenta en esta fotografía es que el empalme por traslape de los nervios se encuentra en la parte central de la viga, donde existe mayor tensión, a más de eso, la forma es incorrecta debido a que se han hecho dos ganchos, lo adecuado es que ésta sea recta del tal manera que las varillas permanezcan en contacto, con una longitud no menor a 300 mm (numeral 12.15.1, ACI 318-08). También se puede observar que en la viga el refuerzo transversal no cumple con el diámetro mínimo 10 mm mencionado en el numeral 7.10.5.1 del código, ya que se han colocado estribos de 8 mm.



Fot. 3.21 No cumple ubicación, longitud y forma de empalme por traslapado en nervios, diámetro del estribo incorrecto, incumplimiento de: (Numeral 12.15.1 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 10/12/2010



➔ **FOTOGRAFÍA 3.22**

La medida del recubrimiento para elementos con estribos es hasta el borde exterior de los mismos, en la fotografía se indica el problema de falta de recubrimiento en una viga donde la medida es cero, ya que los estribos han quedado expuestos y propensos a la acción de agentes externos, este problema impide que se desarrolle tensión debido a la falta de adherencia entre el concreto y el acero, además no existirá un confinamiento adecuado por parte del concreto al acero, incumpliendo lo recomendado en el numeral 7.7.1 literal (c) del código ACI318-08, mínimo 40 mm de recubrimiento.



Fot. 3.22 Estribos expuestos, falta de recubrimiento en vigas, incumplimiento de: (Numeral 7.7.1 literal (c) del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 10/12/2010

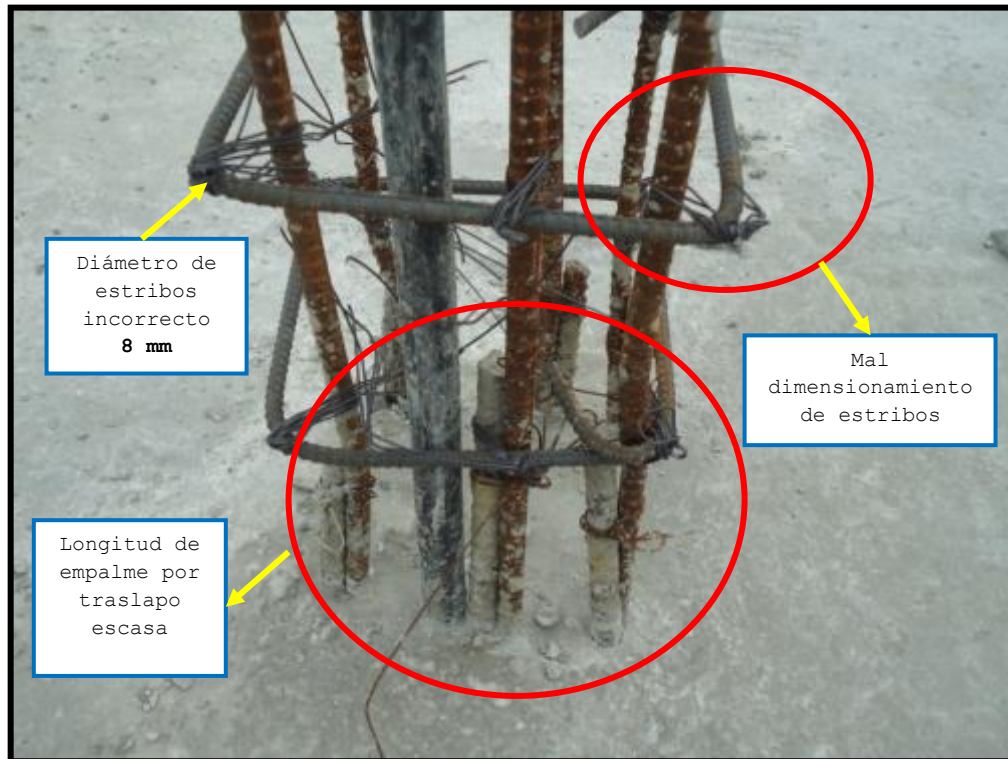
**➡ FOTOGRAFÍA 3.23**

Esta fotografía fue tomada en el cuarto nivel de una edificación, en ella se presenta una columna con empalmes y estribos detallados incorrectamente. Como se puede observar la longitud de empalme es escasa, en un lado de la columna solo llega hasta 50 mm, el código establece en el numeral 12.16.1 que el empalme por traslapeo no debe tener una longitud menor a 300 mm, por lo tanto no cumple con esta especificación. Cabe destacar que los empalmes deben realizarse correctamente con una longitud, forma y ubicación adecuada, con el fin de que por adherencia una barra transmita los esfuerzos al concreto y éste simultáneamente a la otra barra cuando se encuentren en tracción, y cuando estén en compresión parte de los esfuerzos se transfieran por el efecto punta (apoyo directo de la barra sobre el concreto); además se debe mencionar que dentro del concreto se generan tensiones muy elevadas y fuerzas que tienden a la falla por separación del empalme, produciéndole un grave problema a la columna, que podría conducir a su colapso, y por ende considerando el grado primordial de importancia que tienen las columnas, si falla una, todos los pisos consecutivos fallarán.

En el caso de los estribos, éstos no rodean por completo a las barras longitudinales, todos están flojos con respecto al contorno del refuerzo longitudinal, su dimensionamiento no es correcto, poseen un diámetro de 8 mm, el cual es incorrecto porque debería ser mínimo de 10 mm como lo establece el numeral 7.10.5.1 del código ACI 318-08, por lo tanto el refuerzo transversal no está



confinando de manera adecuada a la columna y su función de contrarrestar los esfuerzos cortantes será eliminada.



Fot. 3.23 Longitud de empalme por traslapo escasa, mal dimensionamiento de estribos, incumplimiento de: (Numeral 12.16.1 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 15/12/2010

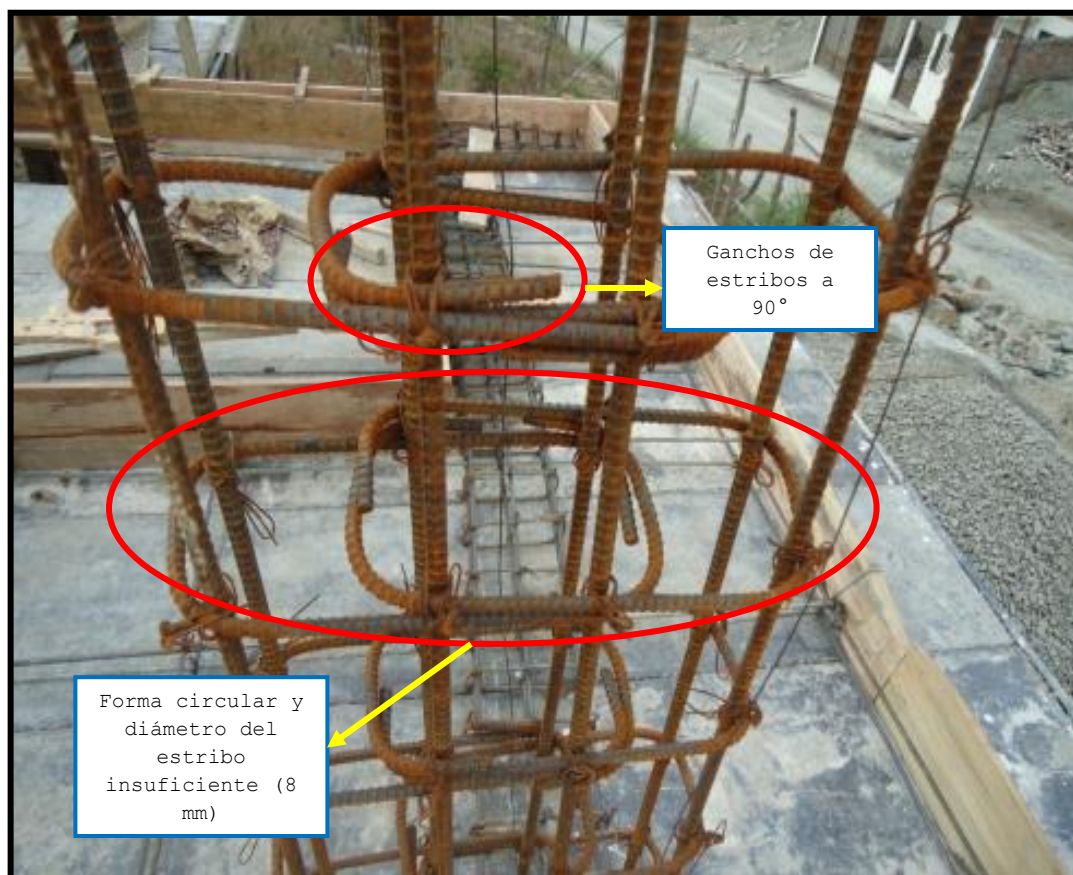
➔ **FOTOGRAFÍA 3.24**

En esta fotografía se presenta el caso de una columna en la que se requirió estribos suplementarios, debido a que el espacio libre entre las barras longitudinales es mayor a 150 mm, lo que se puede observar es que los estribos no tienen forma cuadrada, más bien se aprecian circulares y debido a esto no dan un soporte adecuado a las barras; otro problema es el ángulo interior de los ganchos suplementarios, los cuales han sido colocado a 90°, siendo



lo correcto 135° , incumpliendo lo especificado en el numeral 7.1.3 literal (c) del código ACI318-08.

Es importante también mencionar que los estribos no cumplen con el diámetro mínimo de 10 mm establecido en el numeral 7.10.5.1 del código ACI 318-08, los estribos que se aprecian en la fotografía son de 8 mm.



Fot. 3.24 No cumple forma y diámetro de los estribos, ángulo del gancho incorrecto (Numeral 7.10.5.1 y 7.1.3 literal (c) del código ACI 318-08)

Fecha de captura: 08/12/2010

Lo que se debería haber realizado en este caso es lo siguiente:

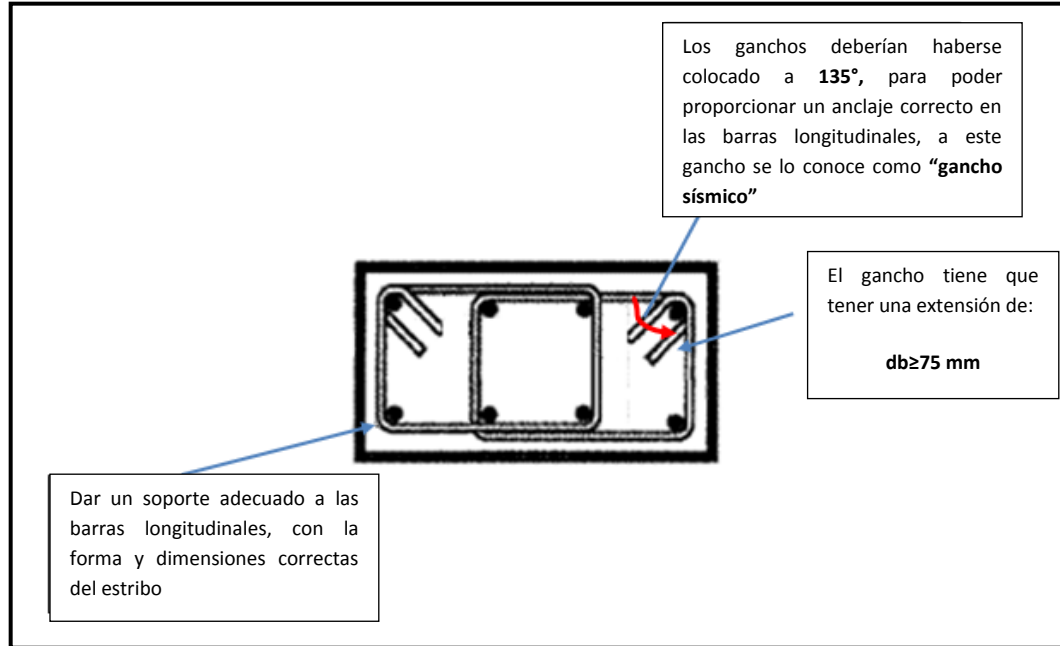
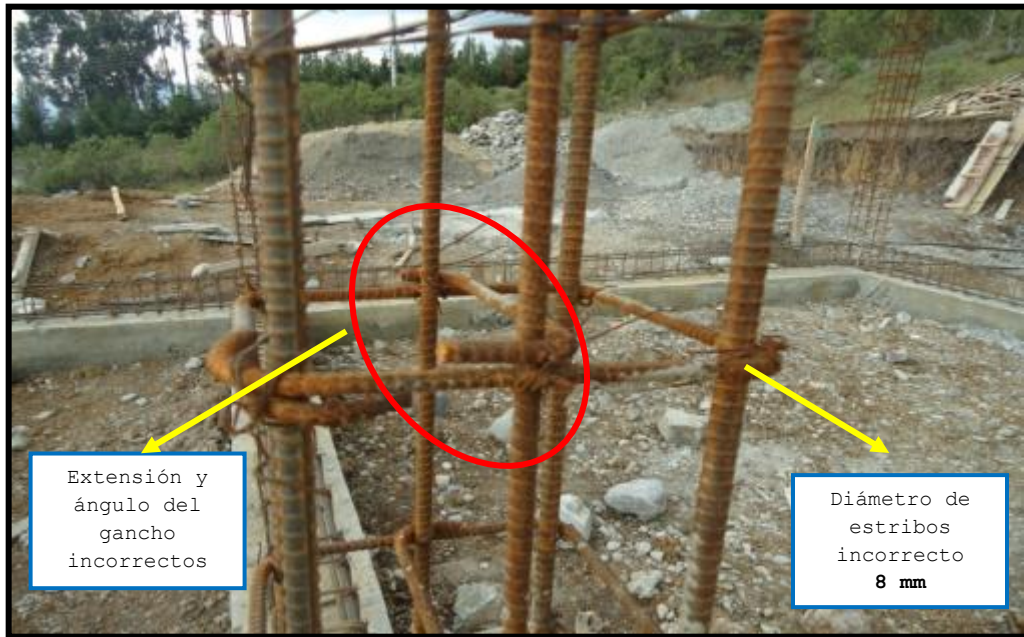


Figura 3.28 Detallamiento adecuada para el caso presentado en la fot.3.20

➔ **FOTOGRAFÍA 3.25**

La columna que se indica en la fotografía, presenta errores en el detallamiento de su refuerzo transversal, debido a que éste tiene un diámetro de 8 mm, incumpliendo lo especificado en el numeral 7.10.5.1, que menciona que el mínimo debe ser 10 mm. También se observa que existe un estribo suplementario, pero éste no presenta un detallamiento adecuado, las dos ramas de él están a 90° y no presentan una extensión suficiente, incumpliendo lo especificado en el numeral 7.1.3 literal (c) del código.



Fot. 3.25 No cumple ángulo y extensión del estribo suplementario, diámetro del refuerzo transversal insuficiente (Numeral 7.1.3 literal (c) y 7.10.5.1 del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 08/12/2010

Lo correcto es haberlo realizado de la siguiente forma:

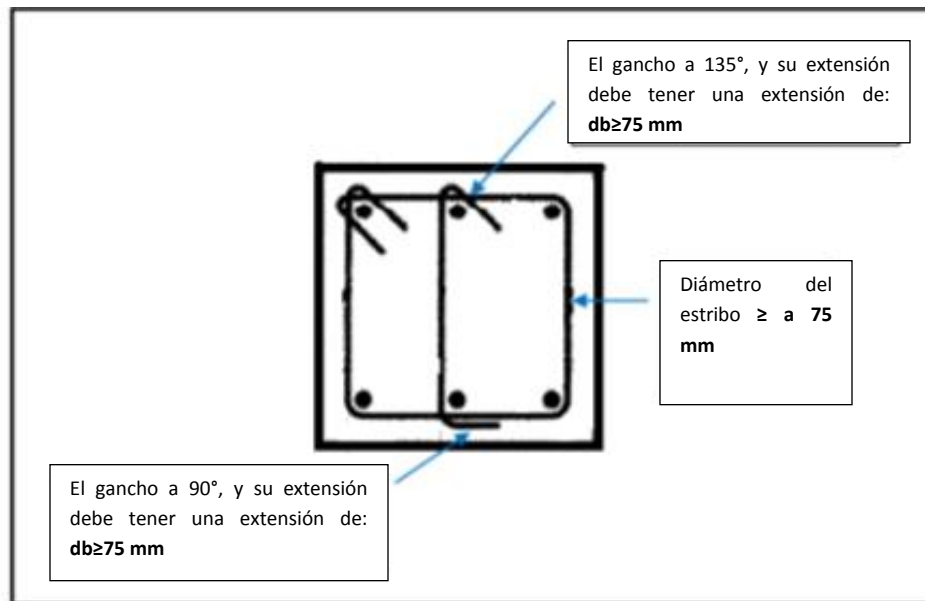
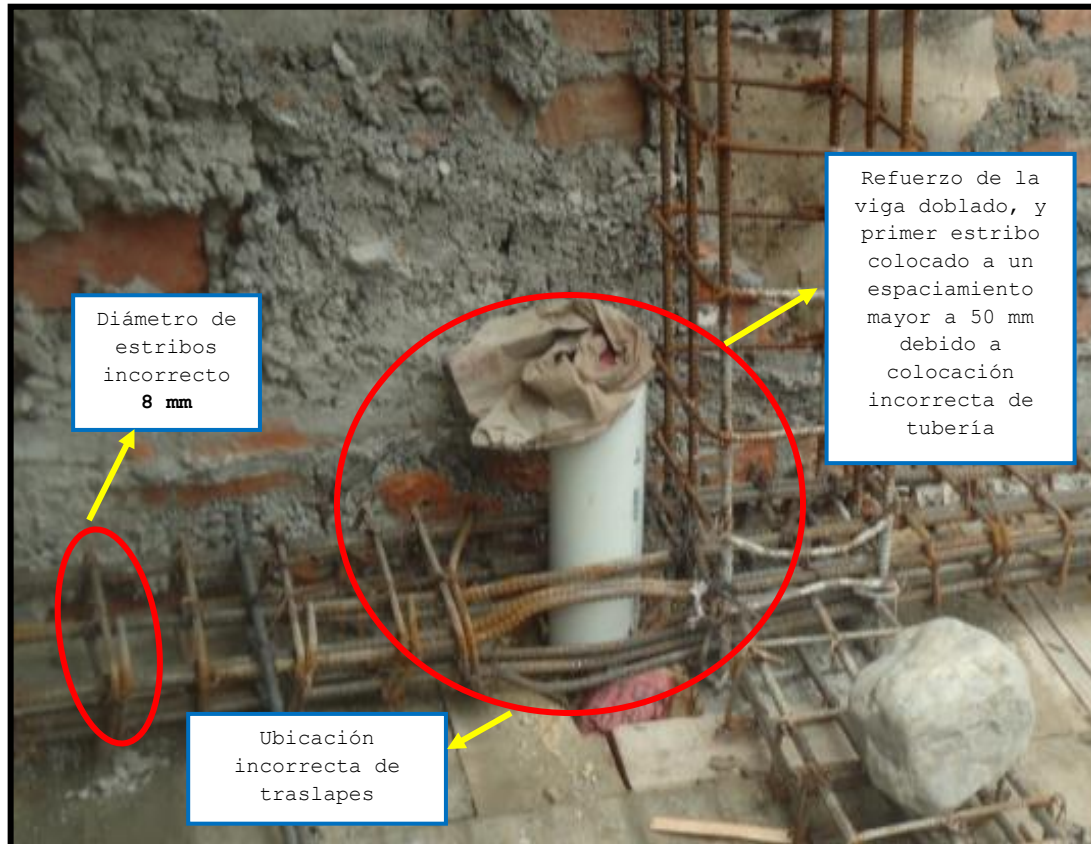


Figura 3.29 Detallamiento adecuado para el caso presentado en la fot.3.24

**➡ FOTOGRAFÍA 3.26**

Existen errores de detallamiento del refuerzo en los elementos que se indican en la fotografía. La viga presenta una acumulación de traslapes, tanto del refuerzo positivo como negativo, éste último no se encuentra en el lugar adecuado, se extiende dentro del nudo, lo correcto es que se realice a una distancia de dos veces la altura del elemento medida desde la cara del nudo como lo especifica el numeral 21.5.2.3 del código ACI 318-08, por lo tanto incumple éste requisito; también se debe mencionar que en la misma zona de la viga existe una tubería que por motivos de su colocación ha provocado que se doble el refuerzo longitudinal, y se desplace al primer estribo de la viga a un espaciamiento mayor que el apropiado, por lo tanto incumple el numeral 6.3.12 del código ACI 318 (2008), que establece que "las tuberías y ductos deben fabricarse e instalarse de tal forma que no se requiera cortar, doblar o desplazar el refuerzo de su posición apropiada" y el numeral 21.3.4.2, que dispone que el primer estribo debe colocarse a una distancia no mayor a 50 mm.

En el caso de los estribos tanto los que confinan la viga como los de la columna tienen un diámetro de 8 mm, por lo que no cumplen con el diámetro mínimo de 10 mm establecido en el numeral 7.10.5.1 del código.



Fot. 3.26 Colocación errónea de tuberías que modifican la ubicación del acero de refuerzo y desplazan a los estribos a espaciamientos mayores, acumulación y ubicación incorrecta de traslapes, diámetro de los estribos insuficiente, incumplimiento de: (Numeral 6.3.12, 21.3.4.2 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 04/02/2011

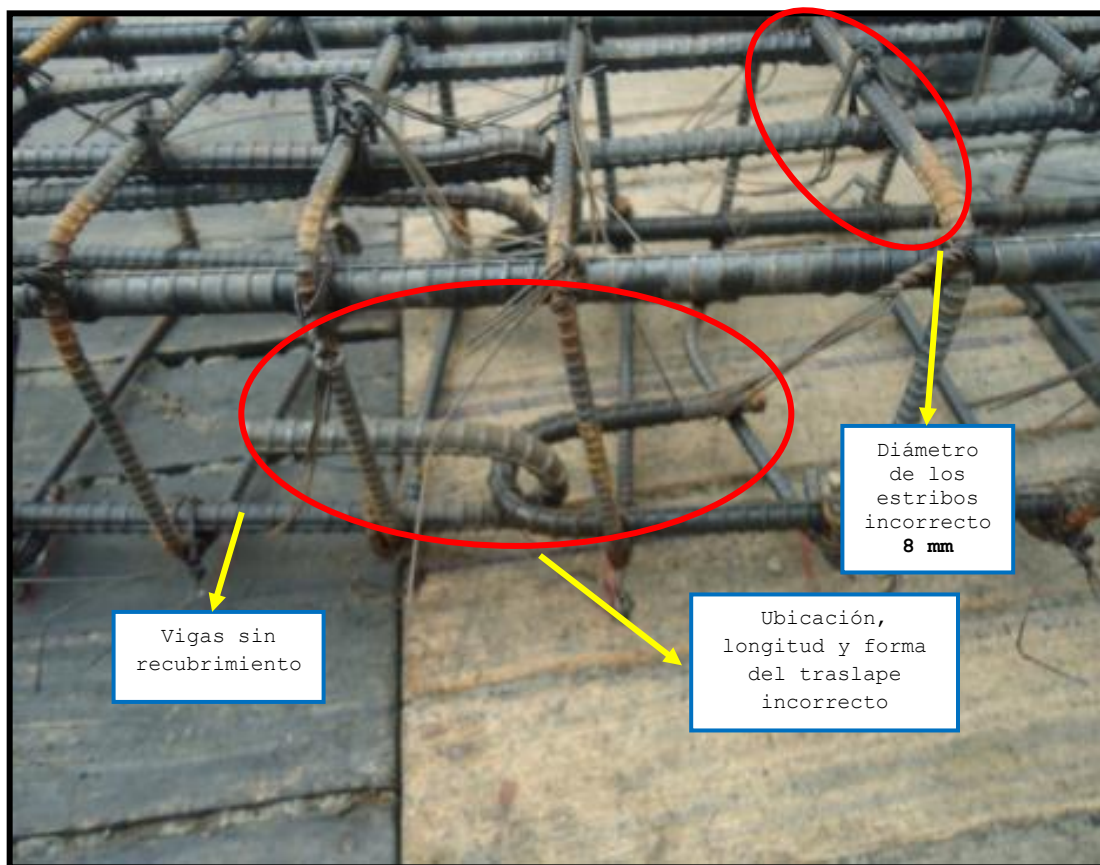
➡ **FOTOGRAFÍA 3.27**

Es también importante analizar lo que pasa con los empalmes en el refuerzo positivo de una viga. En la fotografía se aprecia que su forma es totalmente incorrecta, lo adecuado es hacerlo en forma recta con una longitud determinada, y donde es necesario conocer la longitud de desarrollo en tracción (l_d), pero nunca debe ser menor a 300 mm (numeral 12.15.1, ACI318-08), además es erróneo haberlo colocado en la luz de la viga, en zonas de máximos esfuerzos, ya que lo apropiado es en el nudo como



lo especifica el numeral 21.5.2.3 del código. A más de ello, la viga descansa directamente sobre el encofrado, por lo tanto su recubrimiento es nulo, y debería ser mínimo 40 mm como lo menciona el numeral 7.7.1.

Otro de los errores es que los estribos no cumplen con el diámetro mínimo de 10 mm establecido en el numeral 7.10.5.1 del código, los colocados en esta viga son de 8 mm.



Fot.3.27 No cumple ubicación, longitud y forma del empalme por traslape, diámetro del estribo incorrecto, recubrimiento nulo en vigas (Numeral 12.15.1, 21.5.2.3, 7.10.5.1 y 7.7.1 del código ACI 318-08
Fecha de captura: 30/11/2010



➡ **FOTOGRAFÍA 3.28**

En la fotografía se presentan varios detalles del refuerzo que no cumplen lo establecido en el código ACI 318-08, se observa cómo una tubería está introducida en la viga, y ha provocado que se doble el refuerzo longitudinal, y además desplaza la ubicación del primer estribo, incumpliendo lo especificado en el numeral 6.3.12 y 21.3.4.2 del código. Otro problema que se ve es que los estribos tienen un diámetro de 8 mm, el código en el numeral 7.10.5.1 establece como diámetro mínimo, 10 mm.

Se observa además en la fotografía, que las columnas periféricas pertenecen a una construcción antigua, y lo que se ha pretendido es anclar las vigas a éstas, pero lo han hecho de una manera errónea, picando la columna, destruyendo el concreto por completo, y proporcionando un anclaje inadecuado en donde su longitud y forma es incorrecta, ya que solo se ganchan a una varilla de la columna, incumpliendo lo que se especifica en el numeral 7.13.2.2 del código, donde se establece que el gancho de anclaje debe ser a 90° o 180° y hacia abajo introducido en el cuerpo de la columna; además de el numeral 12.5.1 que hace referencia a la longitud de anclaje o longitud de desarrollo (l_{dh}) para barras en tracción, la cual no debe ser menor que el mayor entre $8d_b$ y 150 mm, en el caso que se está analizando no existe esta longitud.

En relación a los estribos, éstos no cumplen el diámetro mínimo de 10 mm establecido en el numeral 7.10.5.1 del código.



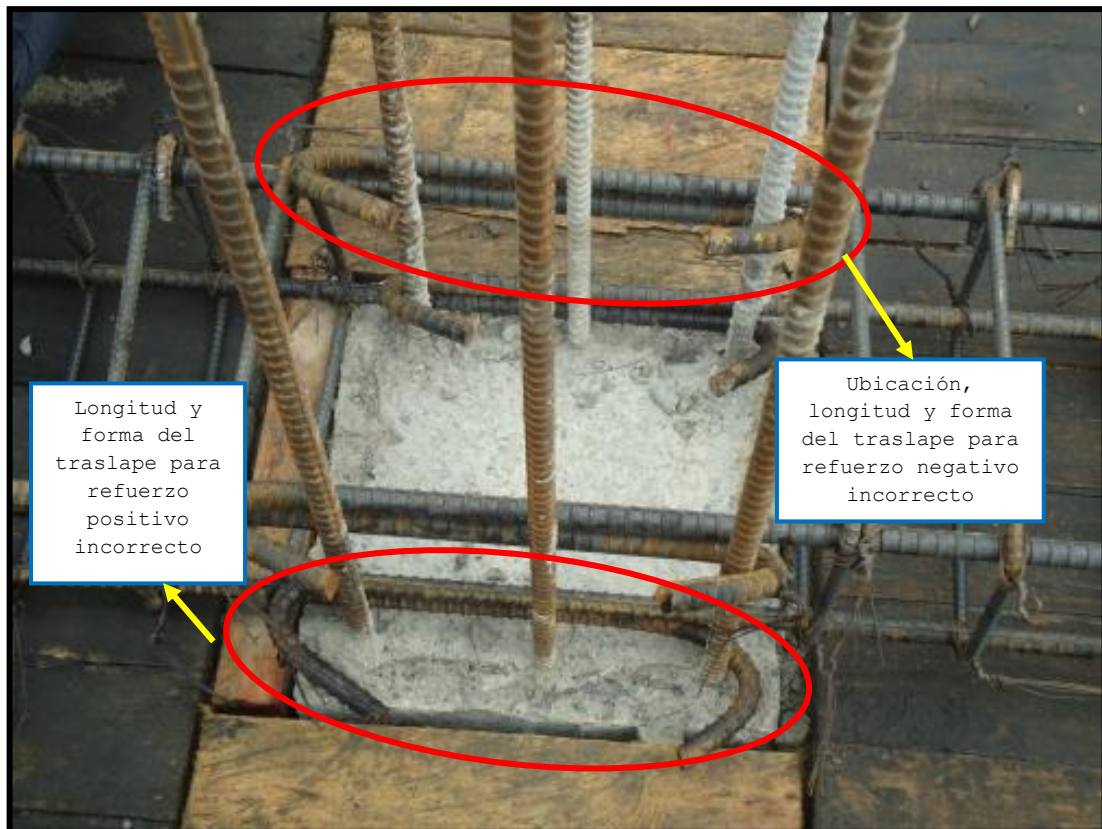
Fot. 3.28 Anclaje de viga en columna erróneo, tubería modifica la forma del acero y desplaza estribos, diámetro de estribos incorrecto, incumplimiento de: (Numeral 7.13.2.2, 21.3.42, 12.5.1, 6.3.12 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 27/01/2011

➡ **FOTOGRAFÍA 3.29**

En el caso que se presenta en la fotografía existen varias falencias en el detallamiento del refuerzo, una de ellas es que los empalmes tanto del refuerzo positivo como negativo se encuentran en el mismo lugar, además el empalme del refuerzo negativo no debe realizarse dentro de los nudos, sino a una distancia de dos veces la altura del elemento, medida desde la cara del nudo (numeral 21.5.2.3, ACI 318-08). Es importante también hacer énfasis en la forma en que se hicieron los empalmes no es correcta, lo



adecuado es en forma recta de tal manera que las barras queden en contacto, y que se amarren ligeramente con alambre, con el fin de que permanezcan en su posición a medida de que se vacía el concreto, y sobretodo que la longitud de empalme no sea menor a 300 mm (numeral 12.15.1, ACI318-08).



Fot. 3.29 No cumple longitud, forma de empalme por traslape y ubicación del traslape del refuerzo negativo de la viga (Numeral 21.5.2.3 literal (b) y 12.15.1 del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 30/11/2010

➡ **FOTOGRAFÍA 3.30**

La fotografía indica la forma en que se están realizando los ganchos de estribos, éstos han sido colocados de manera inadecuada con un ángulo de 90°, lo



correcto es que el gancho sea de 135° (numeral 7.1.3 literal (c), ACI 318-08), debido a la función que realiza, que es evitar el deslizamiento de la varillas longitudinales en caso de que se produzca un sismo, proporcionando un correcto anclaje y resistencia al corte.

También se observa que los estribos tienen un diámetro de 8 mm, por lo tanto no cumplen con el numeral 7.10.5.1 del código, ya que éste recomienda que como mínimo deben colocarse estribos de 10 mm.



Fot. 3.30 Gancho de estribos a 90° con diámetro de 8 mm, incumplimiento de: (Numeral 7.1.3 literal (c) y 7.10.5.1 del código ACI 318-08)

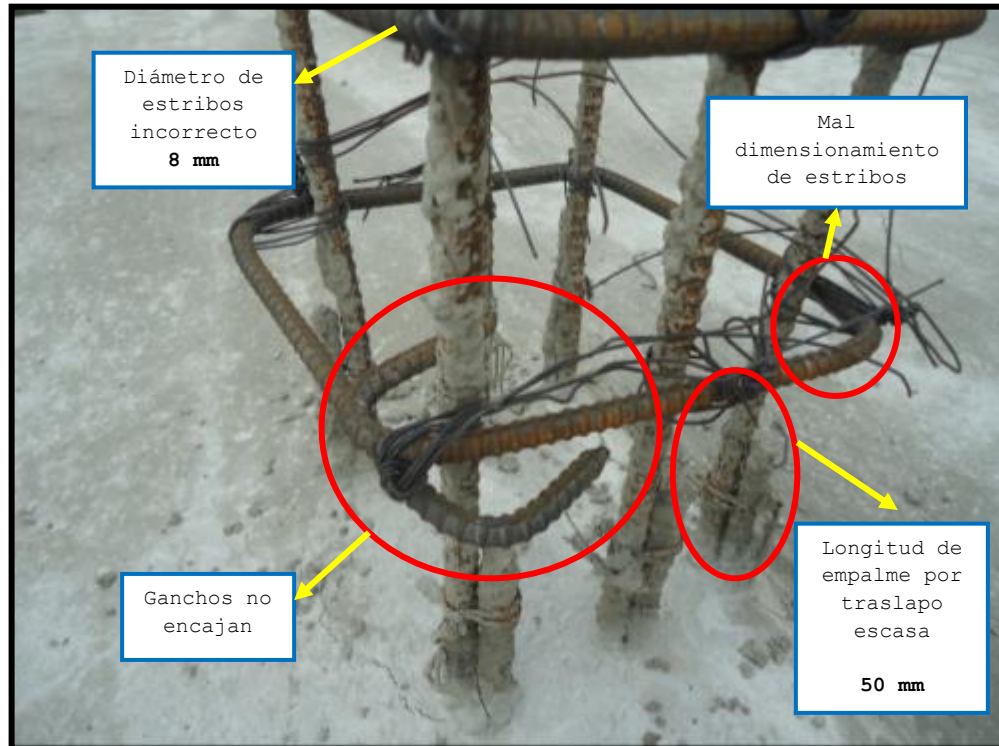
Fecha de captura: 12/12/2010



➡ **FOTOGRAFÍA 3.31**

La columna que se presenta en la fotografía tiene falencias en el detallamiento del refuerzo, la longitud de traslape de las varillas de acero longitudinal no es suficiente, solo cuentan con 50 mm, por lo tanto no cumple con el numeral 12.16.1 del código ACI 318-08, que establece que los empalmes por traslape no deben ser menores a 300 mm. Es importante realizar los empalmes en forma, longitud y ubicación adecuada, la eficiencia de un empalme por traslape radica básicamente de que se pueda desarrollar eficazmente la adherencia entre la barra y el concreto, sin que éste se desintegre o se induzcan excesivas deformaciones.

Otro problema en el detallamiento del refuerzo es el caso de los estribos, se observa en la fotografía la falla en su dimensionamiento, lo que han tratado es de ajustar lo más que se pueda al estribo para que rodee al refuerzo longitudinal, es por ello que su gancho ha quedado de esa manera y fuera de lugar, además el diámetro de 8 mm que presentan, no es el apropiado, deberían ser mínimo de 10 mm, como lo especifica el numeral 7.10.5.1 del código.



Fot.3.31 Longitud de empalme por traslapeo escasa, mal dimensionamiento de estribos, incumplimiento de: (Numeral 12.16.1 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 15/12/2010

➡ **FOTOGRAFÍA 3.32**

En esta fotografía se presenta la colocación del refuerzo positivo de losas en dos direcciones, y se puede observar que el colocado en la dirección corta descansa sobre el refuerzo en la otra dirección, cumpliendo con el recubrimiento mínimo; el problema es la falta de recubrimiento de las barras de refuerzo que se extienden hacia el fondo, debido a que éstas están colocadas directamente sobre el encofrado, sin dejar espacio para que el concreto recubra las barras por la parte inferior, incumpliendo la especificación 7.7.1 del código ACI318-08, donde se menciona que el recubrimiento mínimo debe ser 20



mm. Este problema no solo se presentó en esta edificación, sino en todas las estudiadas.



Fot. 3.32 Refuerzo de la losa sin recubrimiento, incumplimiento de: (Numeral 7.7.1 del código ACI 318-08
Fecha de captura: 13/12/2010

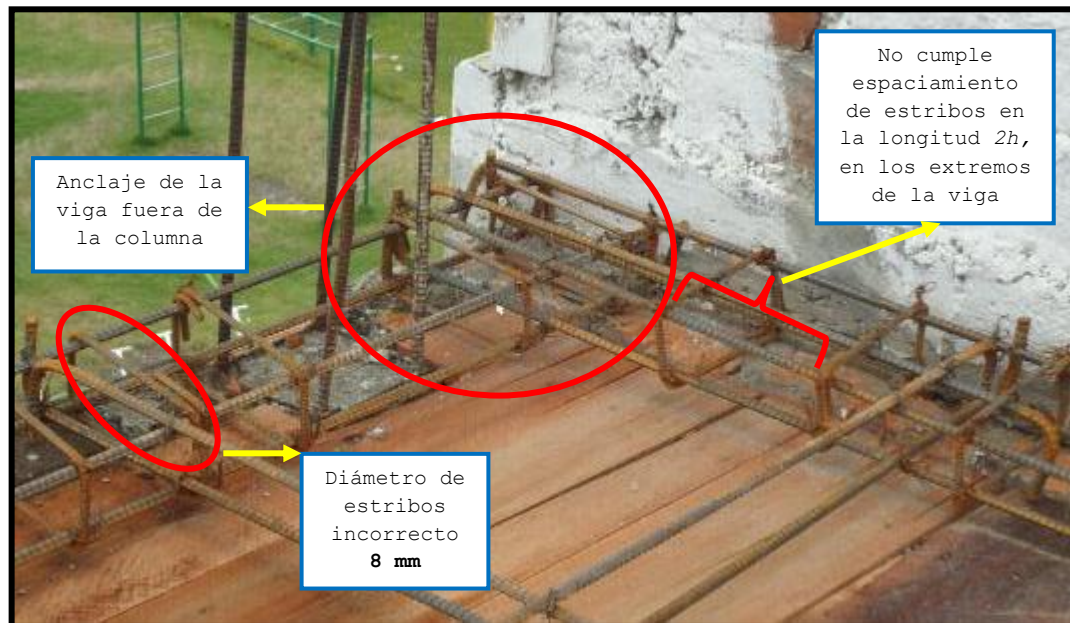
➔ **FOTOGRAFÍA 3.33**

La mala configuración del edificio ha conducido a un detallamiento inadecuado del anclaje de vigas, como se observa en la fotografía ésta no se ancla a la columna, incumpliendo la especificación 12.12.1 del código ACI 318-08; un anclaje correcto tiene como objetivo transferir los esfuerzos de la viga a la columna, en este caso la viga no podrá hacerlo y tendrá que soportar grandes esfuerzos que podrían ocasionar que el elemento falle.

En las dos vigas se evidencia que los estribos no están colocados adecuadamente, éstos se disponen a



espaciamientos muy grandes, lo que es incorrecto, debido a que el código en el numeral 21.3.4.2 recomienda que se dé mayor confinamiento en los extremos de la viga, por longitudes iguales a $2h$, medidas desde la cara de elemento de apoyo hacia el centro de la luz. Otro problema que se observa en la foto es que el diámetro de los estribos es de 8 mm, siendo el mínimo especificado en el numeral 21.3.4.2 del código 10 mm.



Fot. 3.33 Viga no se ancla en la columna, diámetro del estribo insuficiente, espaciamiento de estribos incorrecto, incumplimiento de: (Numeral 12.12.1, 7.10.5.1 y 21.3.4.2 del código ACI 318-08)

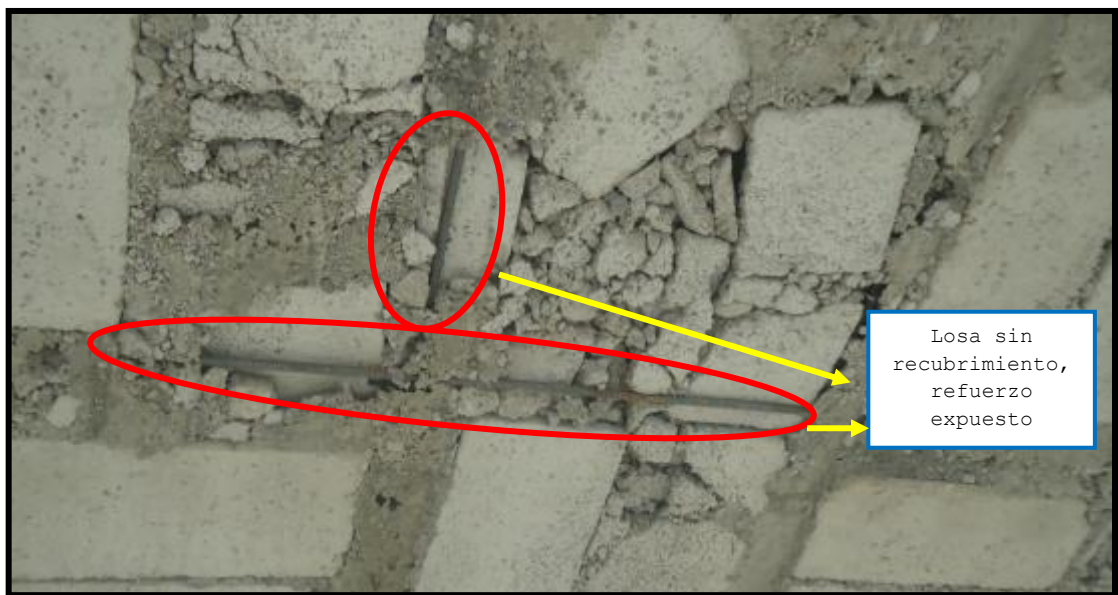
Fecha de captura: 12/12/2010

➡ **FOTOGRAFÍA 3.34**

En la fotografía se aprecia la falta de recubrimiento en una losa, donde se ve cómo el acero en las dos direcciones queda expuesto sin el confinamiento adecuado que le debe proporcionar el concreto, el código ACI 318-08 en el numeral 7.7.1 literal (c) recomienda que como mínimo



debe recubrirse 20 mm, por lo tanto no se cumple con ésta disposición. Lo curioso también es que los bloques están partidos y no se colocan de manera adecuada, por ello el refuerzo se aprecia debajo de ellos, no se encuentran en el eje de los nervios. Este caso no solo se presentó en la edificación donde fue tomada la foto, sino en muchas de las estudiadas.



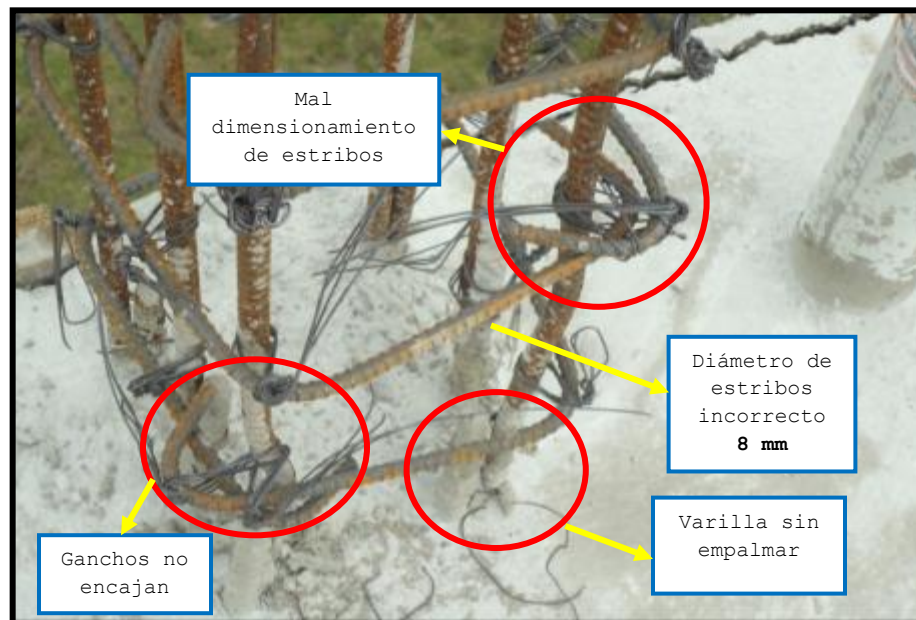
Fot. 3.34 Falta de recubrimiento en losas (Numeral 7.7.1 literal (c) del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 13/12/2010

➡ **FOTOGRAFÍA 3.35**

En esta fotografía se observa que los empalmes por traslapo no tienen una longitud suficiente, deberían por lo menos tener 300 mm (numeral 12.15.1 del código ACI 318-08), además existe otro problema, una varilla de refuerzo longitudinal no está empalmada y queda suelta, lo que más adelante traerá un grave problema en el elemento columna, tras grandes esfuerzos en esta zona fallará.



Existe también el problema en los estribos, los cuales no rodean y sirven de apoyo a las varillas longitudinales, ya que sus dimensiones no son las correctas, se observa en la foto como quedan flojos y los ganchos no son los adecuados, además no cumplen el diámetro mínimo de 10 mm especificado en el numeral 7.10.5.1 del código ACI 318-08.



Fot. 3.35 Longitud de empalme por traslapeo escasa, mal dimensionamiento de estribos, incumplimiento de: (Numeral 12.16.1 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 15/12/2010

➔ **FOTOGRAFÍA 3.36 Y 3.37**

Se puede apreciar en las fotografías 3.36 y 3.37 el inadecuado detallamiento del refuerzo longitudinal de la viga transversal que atraviesa el nudo viga-columna, debido a que éstas se han doblado con el fin de que pasen por dentro del refuerzo longitudinal de la columna, anulando por completo la función del elemento viga y formando una articulación, que impide transmitir las cargas al elemento



de apoyo, por este motivo la viga será propensa a soportar grandes esfuerzos, que provocarán deformaciones excesivas por flexión y sobretodo daños por torsión. Es importante recalcar que las vigas en el otro sentido si atraviesan de forma correcta al nudo.

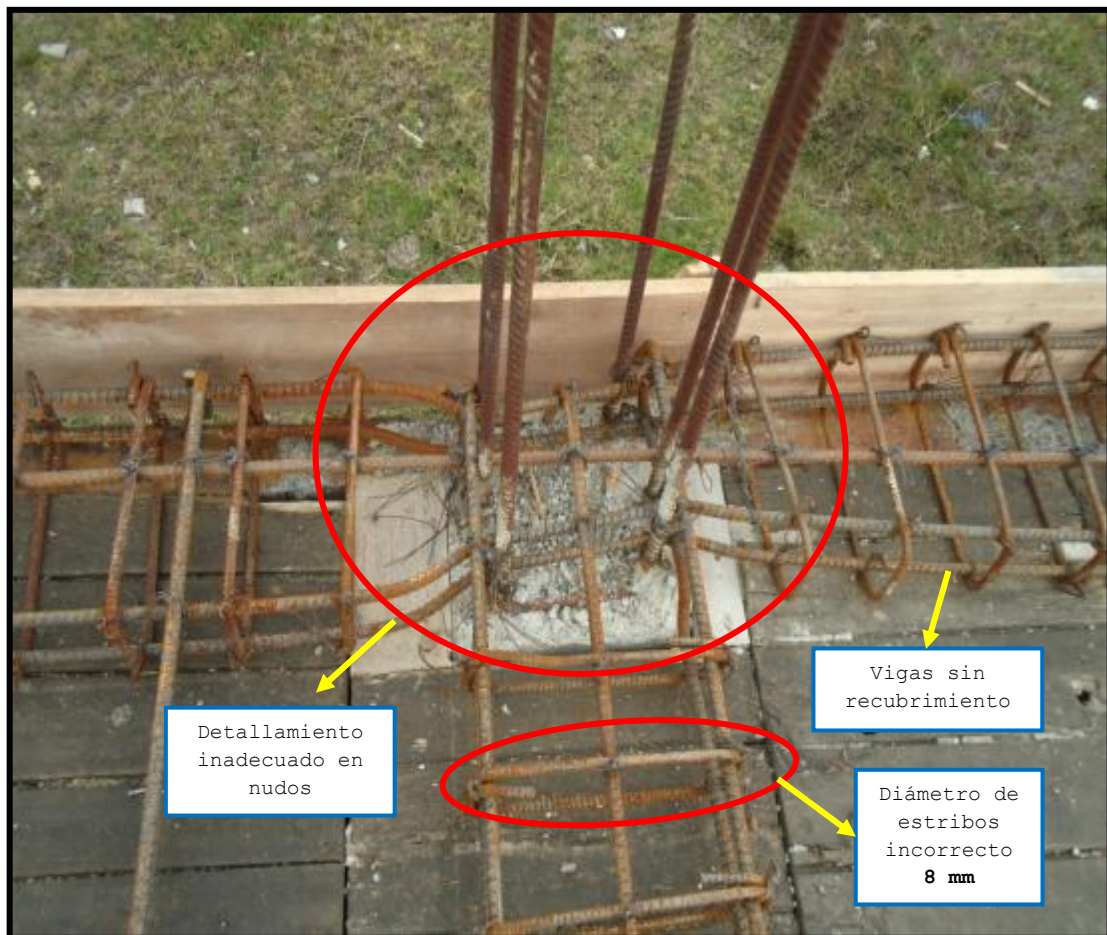
El código ACI 318-08 no especifica la forma en que deben pasar las varillas longitudinales de la viga por un nudo, pero según el numeral 21.5.1.4 si permite que el ancho de la viga (b_w) exceda al de la columna c_2 (ancho de la columna en el sentido transversal al de la viga) una distancia a cada lado que sea igual a la menor de entre: (a) ancho del elemento de apoyo, c_2 y (b) 0.75 veces la dimensión total del elemento de apoyo c_1 (ancho de la columna en el mismo sentido de la viga). Por lo tanto, al ser más anchas pueden pasar por fuera del nudo. Algunos autores recomiendan lo siguiente:

- La Norma Argentina para Construcciones Sismorresistentes INPRES-CIRSOC 103 (1991), establece que "si el ancho de la viga excede al de la columna, al menos el 75% de la armadura deberá atravesar el núcleo de la columna".
- Según la Norma Sismorresistente Colombiana NRS (2009), "al menos el 60% del refuerzo longitudinal de la viga debe atravesar el núcleo confinado de la columna".

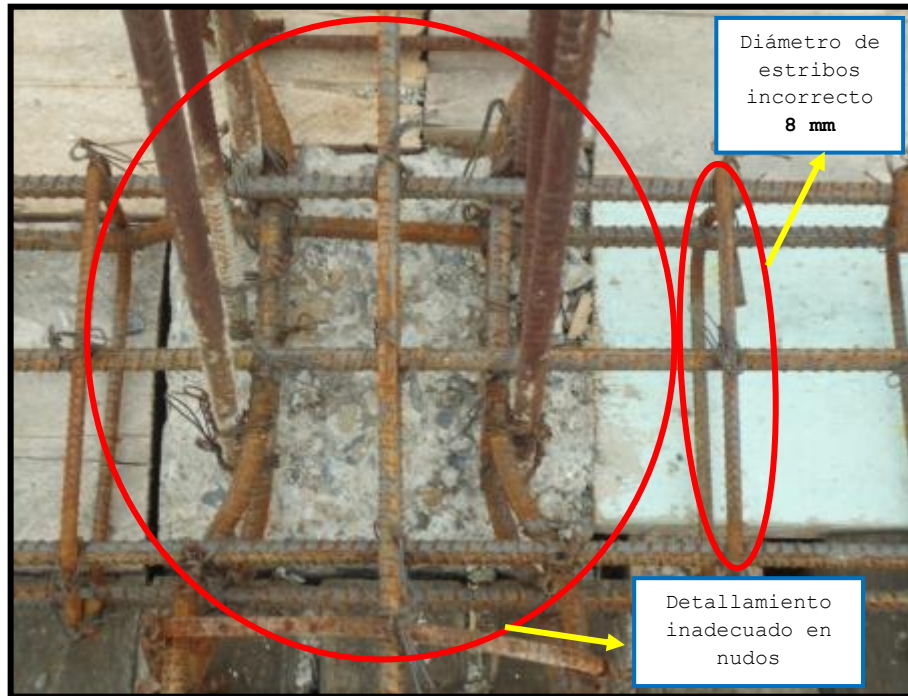
Por lo tanto el detalle de la fotografía 3.44 y 3.45 es completamente erróneo porque todo el refuerzo de la viga pasa doblado por el centro del nudo.



En la viga es también fácil observar otros errores en el detallamiento, los estribos tienen un diámetro de 8 mm, siendo el mínimo recomendado 10 mm, según lo dispuesto en el numeral 7.10.5.1 del código; la viga carece de recubrimiento, lo correcto es proporcionar 40 mm como mínimo (numeral 7.7.1 literal (c) del código).



Fot. 3.36 No cumple la forma del refuerzo longitudinal de la viga en nudos, diámetro del estribo insuficiente, viga sin recubrimiento (Numeral 7.10.5.1 y 7.7.1 literal (c) del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 05/01/2011



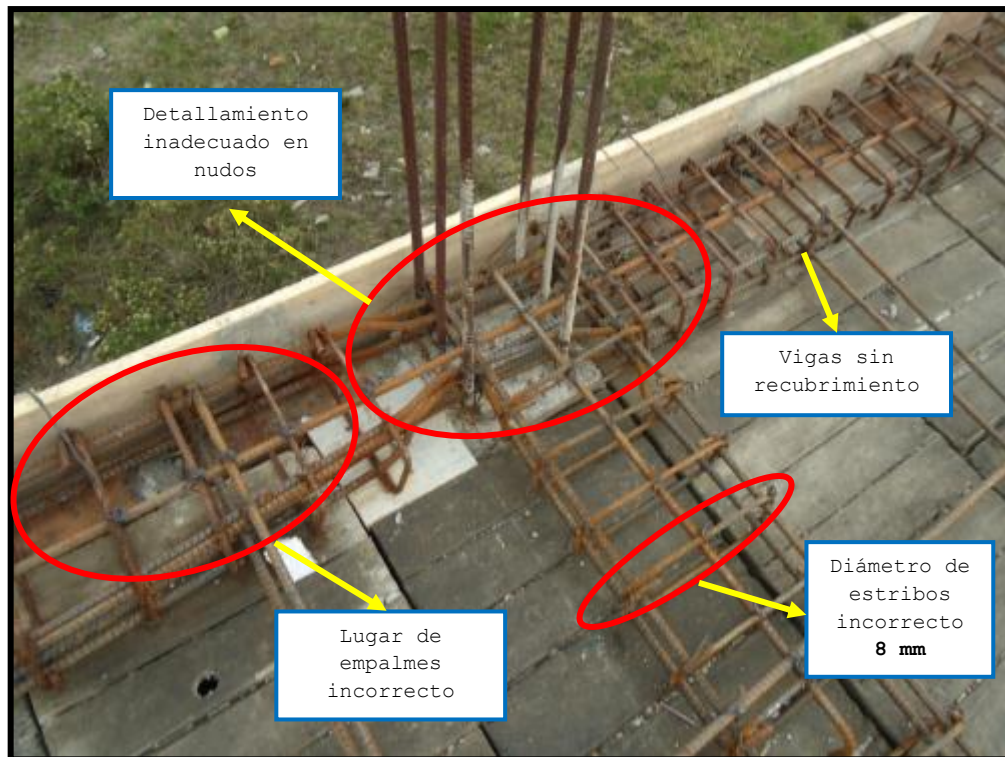
Fot. 3.37 No cumple la forma del refuerzo longitudinal de la viga transversal en nudos, diámetro del estribo insuficiente (Numeral 7.10.5.1 del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 05/01/2011

➔ **FOTOGRAFÍA 3.38**

El caso que se presenta en ésta fotografía es el mismo que el de la 3.36 y 3.37, pero adicionalmente existe otro incumpliendo de la normativa ACI 318-08, que es el problema de los traslapes, debido a que éstos no se encuentran en el lugar adecuado, tanto el perteneciente al refuerzo negativo como al positivo, el numeral 21.5.2.3 literal (a) del código recomienda que los empalmes por traslapo para el refuerzo positivo se deben realizar dentro de los nudos; y, el literal (b) menciona que para el refuerzo negativo a una distancia de dos veces la altura del elemento medida desde la cara del elemento de apoyo, por lo tanto no se cumple con estas disposiciones; se puede notar también que los empalmes son doblados al entrar al nudo, por lo tanto



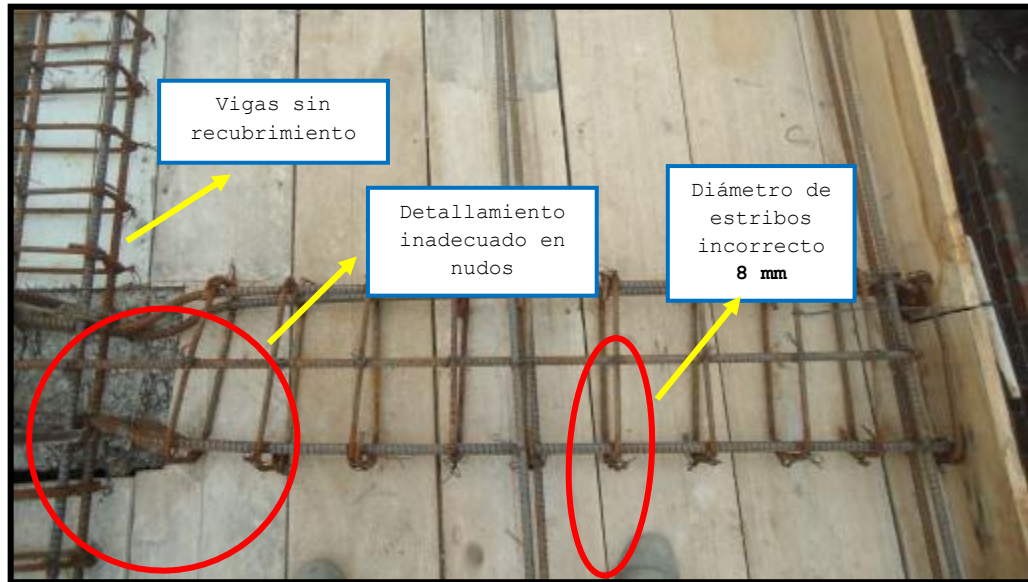
existe mayor probabilidad de que falle la zona al comportarse como una articulación.



Fot.3.38 No cumple la forma del refuerzo longitudinal de la viga en nudos, lugar de empalmes, diámetro del estribo insuficiente, viga sin recubrimiento (Numeral 21.5.2.3 literal (a y b), 7.10.5.1 y 7.7.1 literal (c) del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 05/01/2011

➡ **FOTOGRAFÍA 3.39**

En la fotografía se presenta una viga de volado que posee los mismos errores de detallamiento que las fotografías 3.44 y 3.45, pero en este caso existe mayor posibilidad de falla ya que al ser un volado solo tiene un apoyo, por lo tanto como la viga se va a comportar como una articulación, el peso se concentrará en gran medida en ésta, y tenderá a doblarse bajo efectos de grandes cargas.



Fot. 3.39 No cumple la forma del refuerzo longitudinal de la viga en nudos, diámetro del estribo insuficiente, viga sin recubrimiento (Numeral 7.10.5.1 y 7.7.1 literal (c) del código ACI 318-08)

Fecha de captura: 05/01/2011

➔ **FOTOGRAFÍA 3.40**

En este caso el recubrimiento no es uniforme en todos los lados de la columna, se ve en la fotografía que dos de ellos presentan menos recubrimiento que el mínimo especificado en el numeral 7.7.1 del código ACI 318-08, donde se menciona que debe ser 40 mm. Además de colocar estribos con ganchos a 90° que no funcionan como un anclaje correcto en las barras longitudinales en caso de sismos, incumpliendo la especificación 7.1.3 literal (c) del código, la cual menciona que el gancho debe estar a 135°.

También se puede evidenciar que los estribos no cumplen con el diámetro mínimo de 10 mm establecido en el numeral 7.10.5.1 del código.



Fot.3.40 No cumple recubrimiento mínimo, gancho y diámetro de estribos (Numeral 7.7.1, 7.1.3 literal (c) y 7.10.5.1 del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 12/12/2010

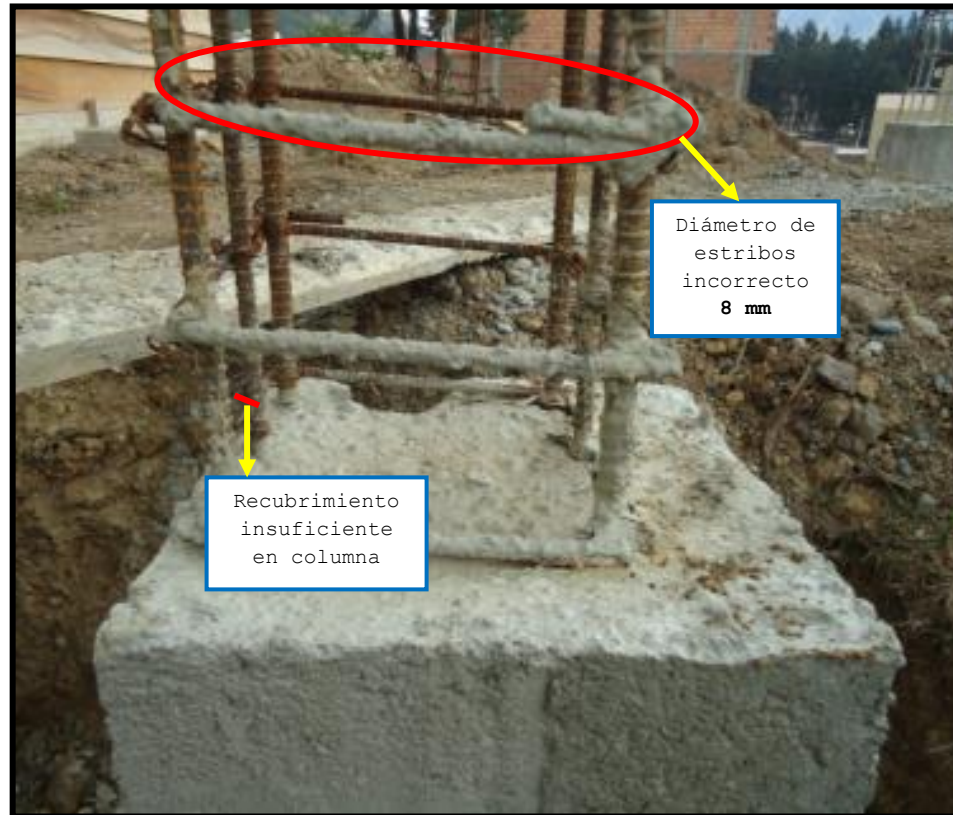
➡ **FOTOGRAFÍA 3.41**

En este caso existen dos problemas en el detallamiento del refuerzo:

1. La columna no tiene un recubrimiento uniforme en todos sus lados, dejando a dos de ellos con solo 10 mm, incumpliendo el numeral 7.7.1 literal (c) del código ACI 318-08, donde se menciona que el recubrimiento mínimo de la armadura principal en columnas debe ser de 40 mm.



2. El diámetro del estribo es de 8 mm, siendo correcto que sean de 10 mm como mínimo, tal como lo menciona el numeral 7.10.5.1 del código.



Fot. 3.41 No cumple recubrimiento mínimo, y diámetro del estribo (Numeral 7.7.1 literal (c) y 7.10.5.1 del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 12/12/2010

➔ **FOTOGRAFÍA 3.42**

En la fotografía se evidencia el grave error que constituye pasar las tuberías por los elementos estructurales, y más aún si éstas modifican la colocación apropiada del acero de refuerzo como se ve en la fotografía. La tubería ha provocado doblar el refuerzo longitudinal y ha desplazado a los estribos a espaciamientos mayores en las dos vigas, pero también



afectando a la losa porque varios puentes están doblados por el mismo motivo, por lo tanto, no se cumple con el numeral 6.3.12, que establece que "las tuberías y ductos deben fabricarse e instalarse de tal forma que no requiera cortar, doblar o desplazar el refuerzo de su posición apropiada", y el numeral 21.4.2 que hace referencia al espaciamiento del refuerzo transversal.



Fot. 3.42 Colocación errónea de tuberías que modifican la colocación y forma del acero de refuerzo y desplazan a los estribos a espaciamientos mayores, incumplimiento de: (Numerales 6.3.12, y 21.3.4.2 del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 31/01/2011

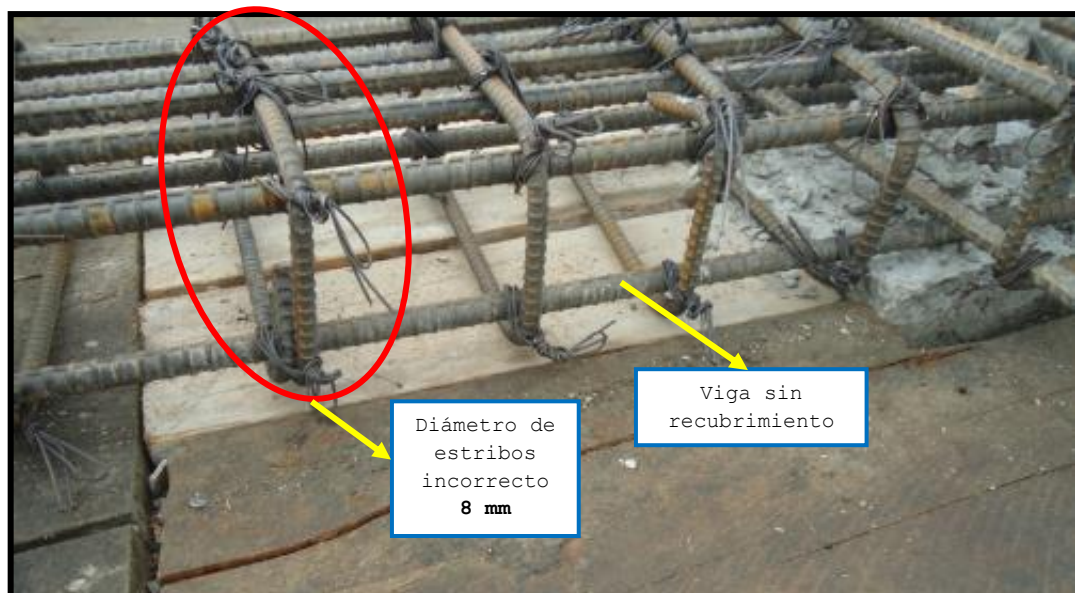
➔ **FOTOGRAFÍA 3.43**

La fotografía presenta el caso de la falta de recubrimiento en vigas. En la misma se observa cómo los estribos descansan directamente sobre el encofrado, por lo



tanto en el momento que se funda, el concreto no va a rodear a los estribos por la parte inferior, dejándolos sin recubrimiento y expuestos, el recubrimiento que debería tener es 40 mm para garantizar un buen confinamiento proporcionado por el concreto al refuerzo, como lo especifica el numeral 7.7.1 literal (c) del código ACI 318-08.

También se observa que los estribos no cumplen con el diámetro mínimo de 10 mm, se han colocado de 8 mm (numeral 7.10.5.1 del código).



Fot. 3.43 No cumple recubrimiento en vigas y diámetro de estribos, incumplimiento de: (Numeral 7.7.1 literal (c) y 7.10.5.1 del código ACI 318-08
Fecha de captura: 12/01/2011

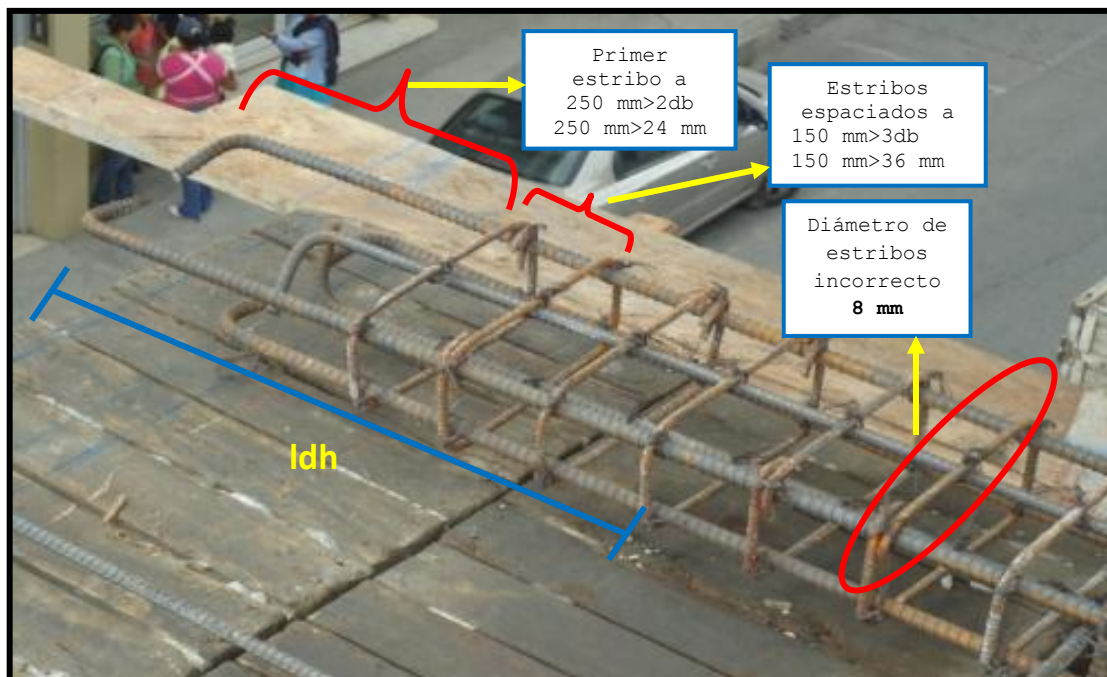
➔ **FOTOGRAFÍA 3.44**

En la fotografía se presenta una viga de volado que no cumple lo dispuesto en el literal 12.5.3 del código ACI 318-08, debido a que todas la barras longitudinales en el borde discontinuo no terminan en forma de gancho y a una



misma distancia; además el primer estribo está ubicado a una distancia mayor a $2d_b$ medida desde el borde externo del gancho, éste se ha colocado a 250 mm siendo lo correcto 24 mm, por lo tanto no existe confinamiento en la parte doblada del gancho. En la longitud l_{dh} los estribos tienen una separación de 10 mm, lo correcto es que se ubiquen a una distancia menor a $3d_b$ como lo establece el numeral 12.5.4 del código, en este caso lo adecuado hubiera sido colocarlos a 36 mm, ya que el diámetro de las varillas longitudinales es de 12 mm.

Otro error en el detallamiento es que el diámetro del estribo es de 8 mm, siendo el recomendado como mínimo por numeral 7.10.5.1 del código, 10 mm.



Fot. 3.44 No cumple con colocación del primer estribo medido desde el borde discontinuo de la viga, espaciamiento de estribos en longitud l_{dh} y diámetro del estribo (Numeral 12.5.3, 12.5.4 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 23/12/2010



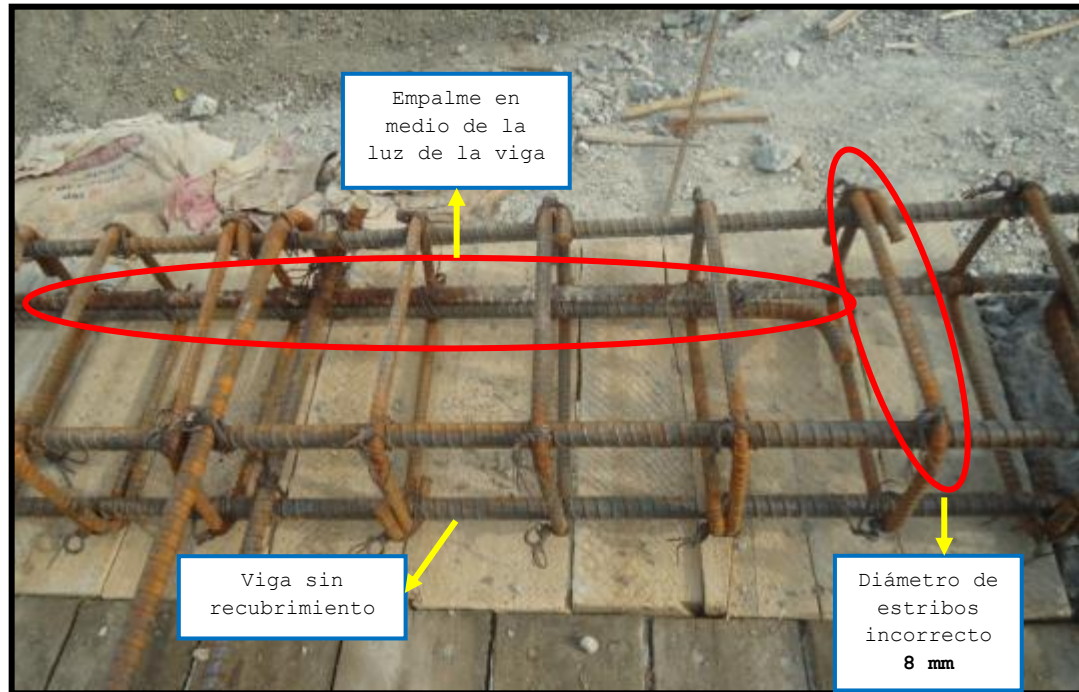
➡ **FOTOGRAFÍA 3.45**

Existen problemas bastante comunes que se evidencian en la mayoría de las edificaciones estudiadas, los cuales se aprecian en la fotografía y son:

1. El caso de los empalmes que se realizan en el lugar incorrecto, como se observa en la foto el empalme del refuerzo positivo ha sido colocado en la luz de la viga, donde existen grandes esfuerzos, incumpliendo el numeral 21.5.2.3 de código ACI 318-08, que establece que deben ser dentro de los nudos.

2. El problema del recubrimiento en vigas, debido a que no se deja el espacio suficiente entre el estribo y el encofrado, ya que el refuerzo transversal de la viga descansa directamente sobre el encofrado, dejando un recubrimiento nulo, por lo tanto no cumple con el numeral 7.7.1 literal (c) del código.

3. Los estribos no cumplen con el diámetro mínimo, los que han colocado son de 8 mm, pero el código en el numeral 7.10.5.1, establece que como mínimo debe ser 10 mm.



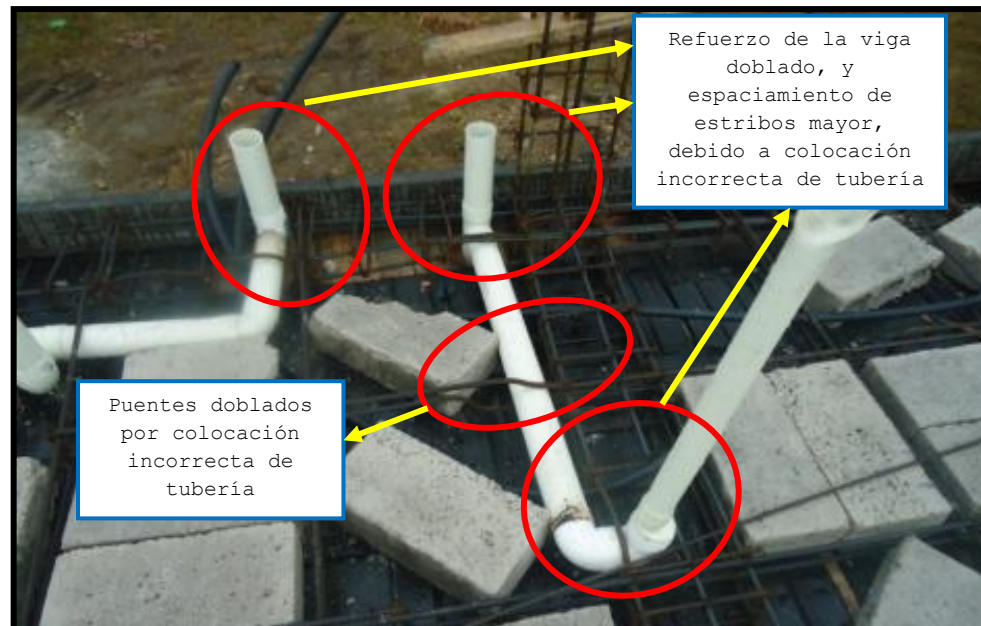
Fot. 3.45 Ubicación incorrecta de traslape, recubrimiento de la viga nulo, diámetro de estribos incorrecto, incumplimiento de: (Numeral 21.5.2.3, 7.7.1 literal (c) y 7.10.5.1 del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 27/01/2011

➔ **FOTOGRAFÍA 3.46**

El caso que se presenta en la fotografía está relacionado con la colocación de tuberías, y ha provocado que la viga sea dañada por completo en dos de sus partes y la otra en una, debido a que se ha doblado el refuerzo longitudinal y desplazado los estribos a espaciamientos mayores, dejando estas zonas propensas a fallar, por lo tanto no se cumple con el numeral 6.3.12 que establece que "las tuberías y ductos deben fabricarse e instalarse de tal forma que no requiera cortar, doblar o desplazar el refuerzo de su posición apropiada", y el numeral 21.4.2 que hace referencia al espaciamiento del refuerzo transversal en la parte donde se necesita más confinamiento, que es en



una longitud de $2h$ medida desde la cara de la columna, en los dos extremos del elemento viga.



Fot. 3.46 Colocación errónea de tuberías que modifican la colocación y forma del acero de refuerzo y desplazan a los estribos a espaciamientos mayores, incumplimiento de: (Numeral 6.3.12, y 21.3.4.2 del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 01/02/2011

➔ **FOTOGRAFÍA 3.47 Y 3.48**

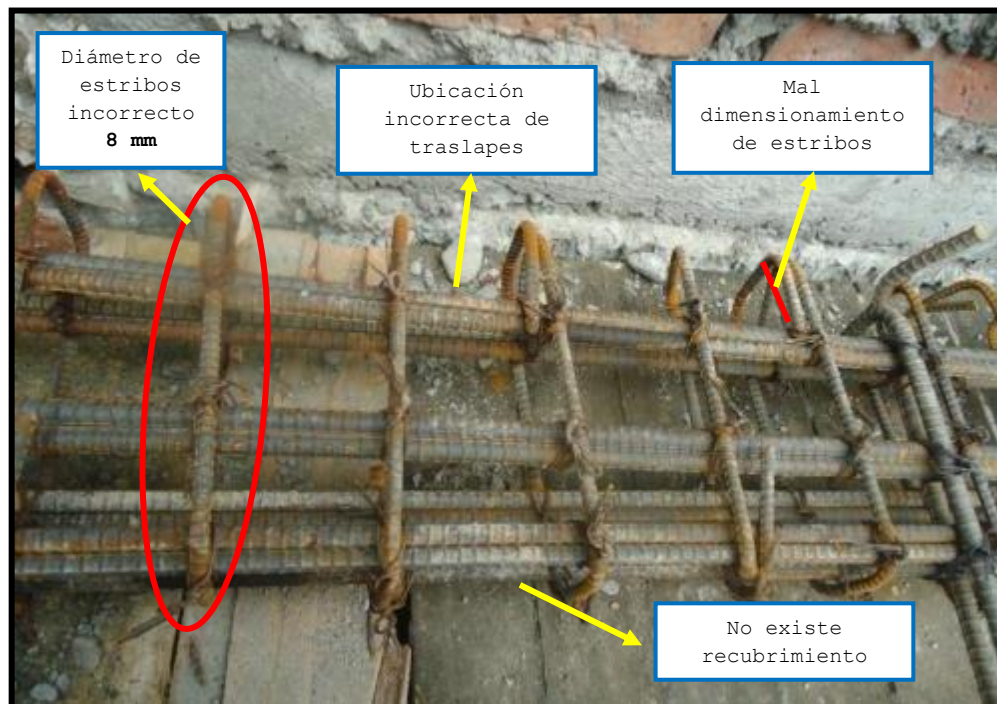
La fotografía 3.47 y 3.48 pertenecen al segundo nivel de una edificación, los problemas que se aprecian son los siguientes:

1. Los traslapes se encuentran concentrados en un solo lugar y en una zona incorrecta. El código establece que para el refuerzo positivo el empalme debe ser en los nudos y para el negativo a una distancia de dos veces la altura del elemento medida desde la cara del nudo, por lo tanto no se cumple la especificación 21.5.2.3, ACI 318-08.



2. El problema de los estribos es que no tienen las dimensiones adecuadas para constituir un soporte a las barras longitudinales y proporcionar el confinamiento apropiado, debido a que se observan más grandes y curvos, por lo tanto solo trabaja una rama del estribo; a más de ello se suma que no cumplen con el diámetro mínimo de 10 mm, ya que se han colocado de 8 mm, incumpliendo la especificación 7.10.5.1 del código.

3. Existe falta de recubrimiento en la viga, debido a que los estribos están colocados directamente sobre el encofrado, sin respetar el recubrimiento mínimo de 20 mm recomendado en el numeral 7.7.1 literal (c) del código.



Fot. 3.47 Empalmes en el mismo lugar y ubicación incorrecta, mal dimensionamiento del estribo, viga sin recubrimiento incumplimiento de: (Numeral 21.5.2.3, 7.10.5.1 y 7.7.1 literal (c) del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 04/02/2011



Fot. 3.48 Empalmes mismo lugar y ubicación incorrecta, mal dimensionamiento del estribo, diámetro del estribo insuficiente, incumplimiento de: (Numeral 21.5.2.3 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 04/02/2011

➔ **FOTOGRAFÍA 3.49**

El caso que se presenta en la fotografía se repetía en varias columnas de la edificación, donde algunos estribos estaban abiertos sin amarre en el gancho, por lo que quedaban flojos y tendían a bajarse de su posición apropiada, ocasionando un problema grave de confinamiento a la columna; a más de ello, la extensión del gancho del estribo es 10 mm, incumpliendo el numeral 7.1.3 literal (c) del código ACI 318-08, que establece que debe ser de $6db \geq 75\text{mm}$. Otro problema que se aprecia es que los estribos



tienen un diámetro de 8 mm, siendo el mínimo recomendado 10 mm (numeral 7.10.5.1, ACI 318-08).



Fot.3.49 Extensión del gancho del estribo y diámetro insuficiente, incumplimiento de: (Numeral 7.1.3 literal (c) y 7.10.5.1 del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 01/02/2011

➡ **FOTOGRAFÍA 3.50**

En la columna que se presenta en la fotografía hay varios errores en el detallamiento del refuerzo, uno de ellos es que los estribos no tienen las dimensiones adecuadas, se ven flojos y no están aptos para cumplir su función que es confinar el acero longitudinal; sumado a ello, que no cumplen el diámetro mínimo de 10 mm establecido en el numeral 7.10.5.1. Otro problema es la distribución de estribos a los largo de la longitud de la columna, debido a que todos están a un mismo espaciamiento y no presentan mayor confinamiento en la longitud l_0 , por



lo tanto no se cumple lo especificado en el numeral 21.3.5.2 del código.



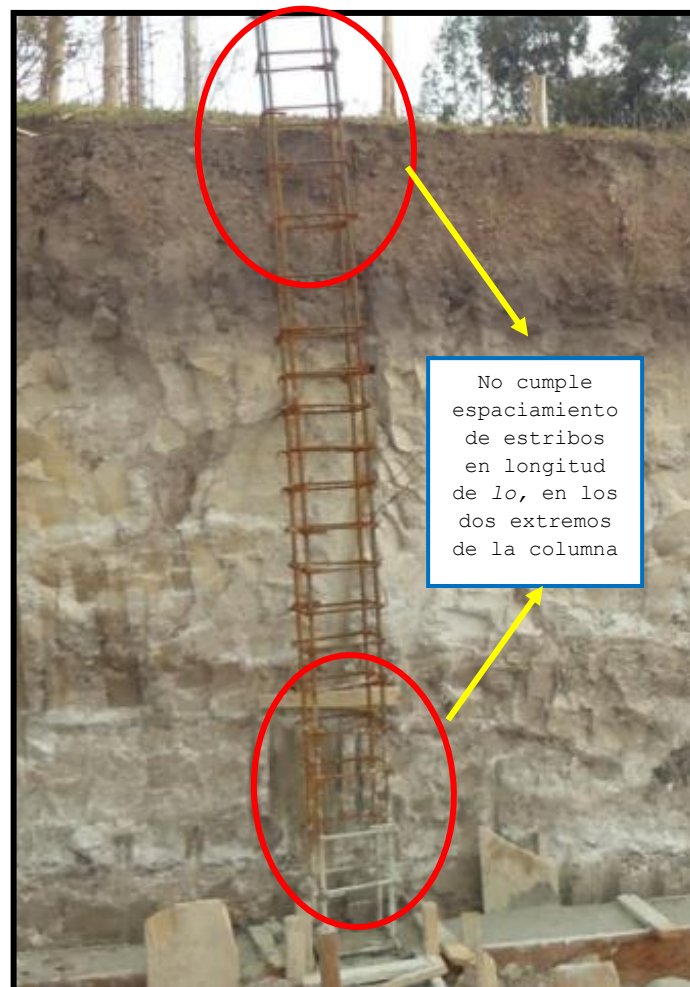
Fot. 3.50 No cumple espaciamiento y diámetro del refuerzo transversal en columnas (Numeral 21.3.5.2 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 29/12/2010

➡ **FOTOGRAFÍA 3.51**

Algo muy particular encontrado en el estudio fue el caso que se presenta en esta fotografía, la distribución del refuerzo transversal en la columna es diferente a lo especificado en el código ACI 318-08 numeral 21.3.5.2, debido a que existe mayor confinamiento en la parte central



de la columna dejando la longitud l_0 (longitud, medida desde la cara del nudo a lo largo del eje del elemento estructural, dentro de la cual debe colocarse refuerzo transversal especial) con escaso refuerzo transversal, ya que se han colocado estribos a mayor separación, en el código se especifica lo contrario, en la longitud l_0 se debe colocar mayor confinamiento para asegurar un comportamiento dúctil del elemento y resistencia al corte.



Fot. 3.51 No cumple espaciado del refuerzo transversal en columnas (Numeral 21.3.5.2, ACI 318-08)
Fecha de captura: 12/12/2010



➡ **FOTOGRAFÍA 3.52**

En ésta fotografía se ilustra un problema de anclaje de la viga en la columna, se observa que lo que se intentó hacer es empatar la viga con una columna de una construcción anterior, destruyendo la columna por completo debido a que se picó el concreto, sin embargo, la viga no se ancla, lo único que introduce es una de sus varillas y queda sostenida por un estribo de la columna, siendo ésta una consecuencia muy grave que afectará a las dos vigas, ya que tendrán que soportar esfuerzos elevados y no podrán transmitirlos a la columna, por lo tanto, no se cumple con la especificación 12.5.1 del código ACI 318-08, que hace referencia a la longitud de anclaje o longitud de desarrollo (l_{dh}) para barras en tracción, la cual no debe ser menor que el mayor entre $8d_b$ y 150 mm, y va dentro de la columna.

Otro problema que se aprecia es que los estribos no poseen el diámetro adecuado que es 10 mm (numeral 7.10.5.1, ACI 318-08).



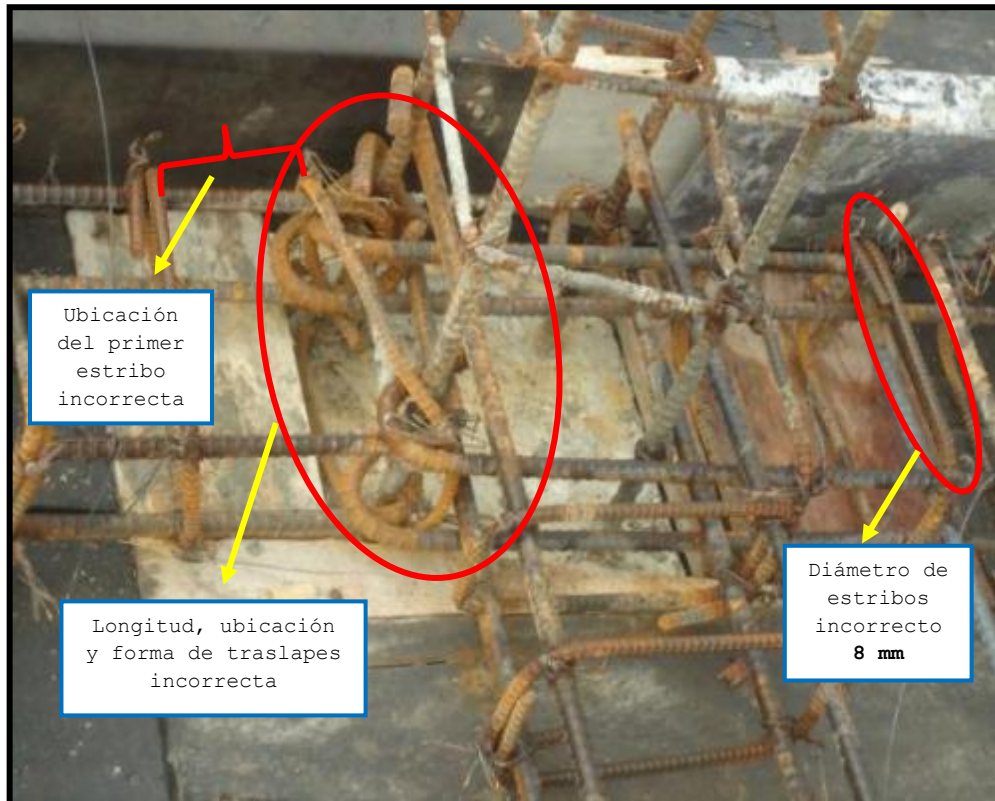
Fot. 3.52 Anclaje de viga en columna erróneo, diámetro de estribos incorrecto, incumplimiento de: (Numeral 12.5.1 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 27/01/2011

➡ **FOTOGRAFÍA 3.53**

En la fotografía se presenta un error muy grave, que es la manera como se ha realizado el empalme por traslapo, su forma es totalmente incorrecta debería extenderse una longitud de por lo menos 300 mm y en forma recta como lo especifica el numeral 12.15.1 del código ACI 318-08; el lugar donde están ubicados tampoco es el correcto, para el refuerzo positivo debe realizarse dentro de los nudos y el negativo a una distancia de dos veces la altura del elemento medido desde la cara del nudo, como lo especifica el numeral 21.5.2.3 del código.



Otro problema que se suma es la ubicación del primer estribo, que está dispuesto a una distancia mayor a 50 mm (numeral 21.3.4.2, ACI 318-08); también se puede observar que los estribos no cumplen con el diámetro mínimo de 10 mm establecido en el numeral 7.10.5.1 del código.



Fot.3.53 No cumple ubicación, longitud y forma del empalme por traslape, diámetro del estribo y ubicación del primer estribo incorrecta (Numeral 21.5.2.3, 7.10.5.1 y 21.3.4.2 del código ACI 318-08)

Fecha de captura: 01/02/2011

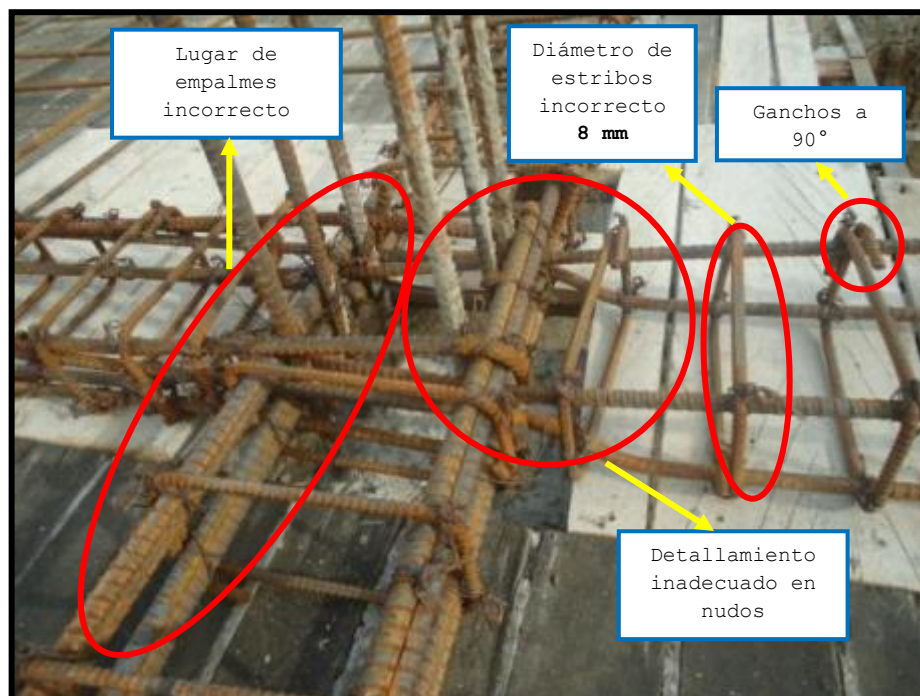
➡ **FOTOGRAFÍA 3.54**

El caso que se presenta en la fotografía pertenece a una viga que se encuentra en el volado, donde se ve que su refuerzo longitudinal es doblado al ingresar en el nudo, dejándola que actúe como una articulación.



Los empalmes tanto del refuerzo negativo como del positivo no están ubicados en el lugar correcto, el numeral 21.5.2.3 del código ACI 318-08 en el literal (a) menciona que los empalmes por traslapo para el refuerzo positivo se deben realizar dentro de los nudos y el literal (b) recomienda que el empalme del refuerzo negativo se realice a una distancia de dos veces la altura del elemento medida desde la cara del apoyo, por lo tanto no se cumple con estas disposiciones.

El detallamiento de los estribos es erróneo, debido a que poseen un diámetro de 8 mm y su gancho está a 90°, incumpliendo los numerales 7.10.5.1 y 7.1.3 literal (c) del código.



Fot. 3.54 No cumple detallamiento en nudos, lugar de empalmes, diámetro y gancho de estribos, viga sin recubrimiento (Numeral 21.5.2.3 literal (a y b), 7.10.5.1, 7.7.1 literal (c) y 7.1.3 literal (c) del código ACI 318-08)

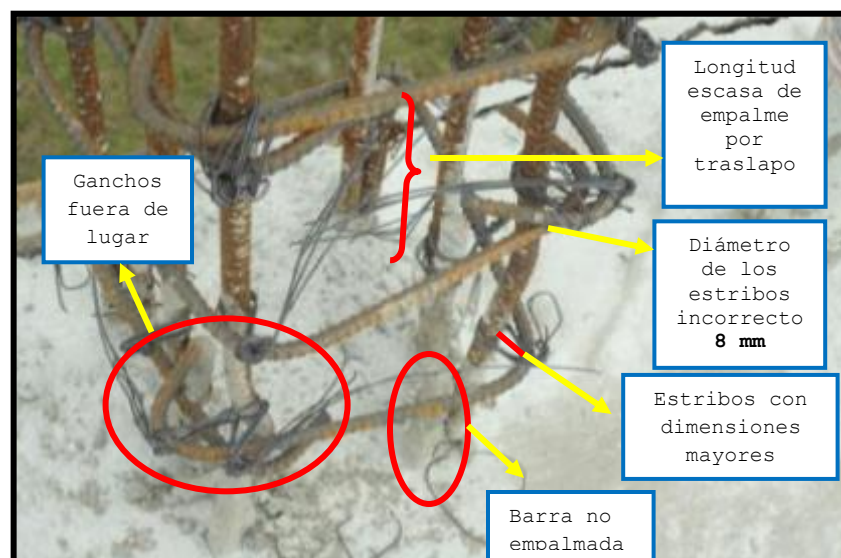
Fecha de captura: 25/01/2011



➔ **FOTOGRAFÍA 3.55**

En la fotografía se presenta una columna con varios errores en su detallamiento, el empalme por traslapo en las varillas longitudinales es escaso, tiene una longitud de 50 mm, el código establece en el numeral 12.16.1 que el empalme por traslapo no debe tener una longitud menor a 300 mm, por lo tanto, no cumple con ésta especificación, a más de ello uno de los empalmes no está traslapado, quedando completamente suelto.

Los estribos no rodean por completo las barras longitudinales, su dimensión es mayor, por ello quedan flojos y el gancho de una rama no calza con el de la otra, confinando de manera inadecuadamente a la columna; además su diámetro es de 8 mm, incumpliendo lo especificado en el numeral 7.10.5.1 del código, donde se menciona que como mínimo debe ser 10 mm.

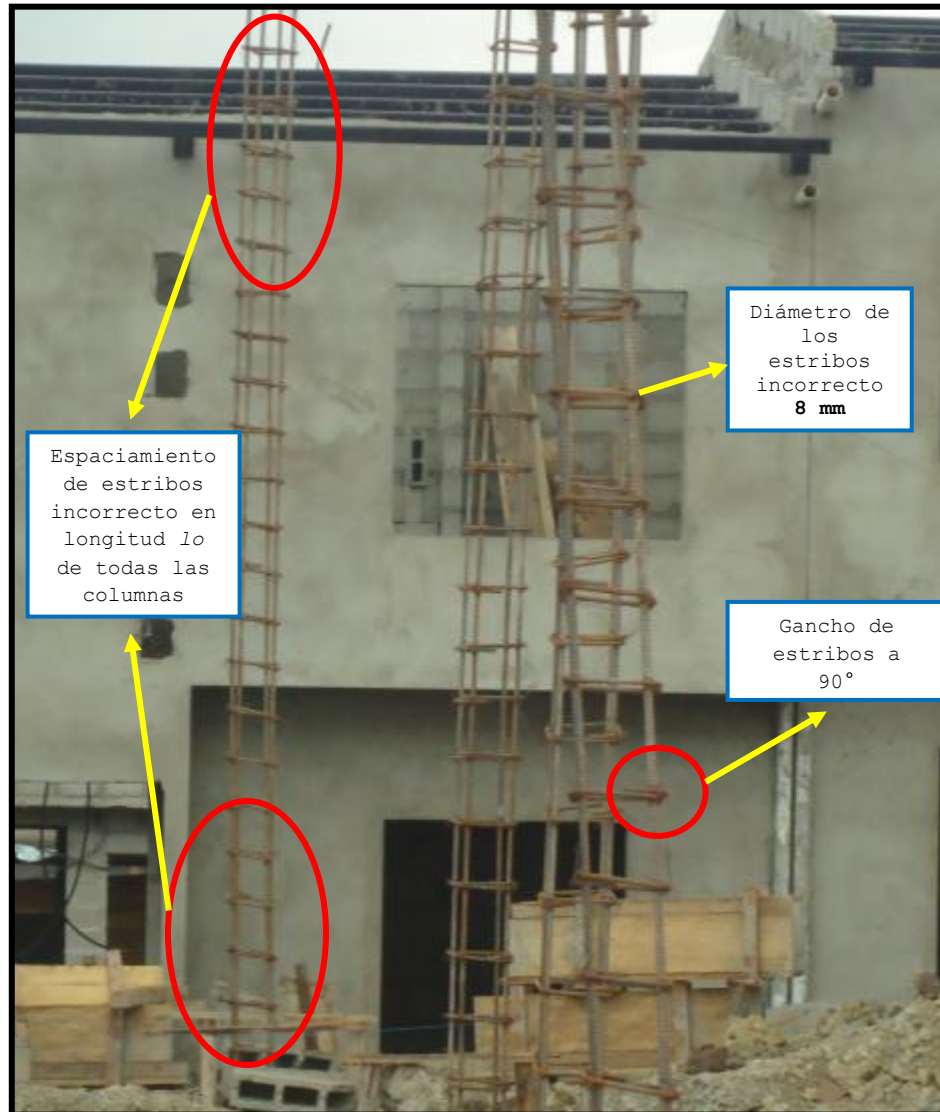


Fot. 3.55 Longitud de empalme por traslapo escasa, mal dimensionamiento de estribos, incumplimiento de: (Numeral 12.16.1 y 7.10.5.1 del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 15/12/2010



➡ **FOTOGRAFÍA 3.56**

Es posible observar en la fotografía que el espaciamiento de estribos es el mismo a lo largo de toda la longitud del elemento columna. No se respeta el espaciamiento exigido en la longitud l_0 en los extremos del elemento, donde los estribos deben estar a un espaciamiento (S_0) más pequeño que los del centro, por lo tanto no cumple la especificación 21.3.5.2 del código ACI 318-08; además se puede notar que el refuerzo transversal tiene un diámetro de 8 mm siendo como requisito de la especificación 7.10.5.1 del código, que sea por lo menos un diámetro No. 10 que corresponde a 10 mm, constituyendo éste otro incumplimiento más; al mismo tiempo el gancho del estribo esta doblado a 90° siendo lo correcto a 135° como lo menciona el código en el numeral 7.1.3 literal (c).



Fot. 3.56 No cumple espaciamiento del refuerzo transversal en longitud l_o , diámetro y gancho de estribo (Numeral 21.3.5.2, 7.10.5.1 y 7.1.3 literal (c) del código ACI 318-08)
Fecha de captura: 30/11/2010

3.2.2 ¿En qué norma se basaron?

Las fotografías que se presentan a continuación, no tienen relación con los detalles descritos en el código ACI 318-08, por ello surge la pregunta ¿en qué norma se



basaron. A continuación se realiza una descripción de cada una de ellas:

➔ **FOTOGRAFÍA 3.57**

La fotografía presenta una viga de volado de gran altura, con unas varillas en forma de S en toda su longitud, que vienen a ser como apoyos. Pero en ninguna parte del código ACI 318-08 existe éste detallamiento, por ello no se conoce en que norma se basaron para realizarlo.



Fot.3.57 Viga de volado, con varillas en forma de S en toda su longitud

Fecha de captura: 08/12/2010

➔ **FOTOGRAFÍA 3.58 Y 3.59**

El caso que se muestra en las fotografías 3.58 y 3.59, es un nervio con doble refuerzo, que tiene unas binchas en toda su longitud que funcionan como refuerzo transversal, no se conoce con qué fin lo hicieron y en que norma se basaron para realizarlo.



Fot. 3.58 Nervio con doble refuerzo y binchas en toda su longitud
Fecha de captura: 06/01/2011



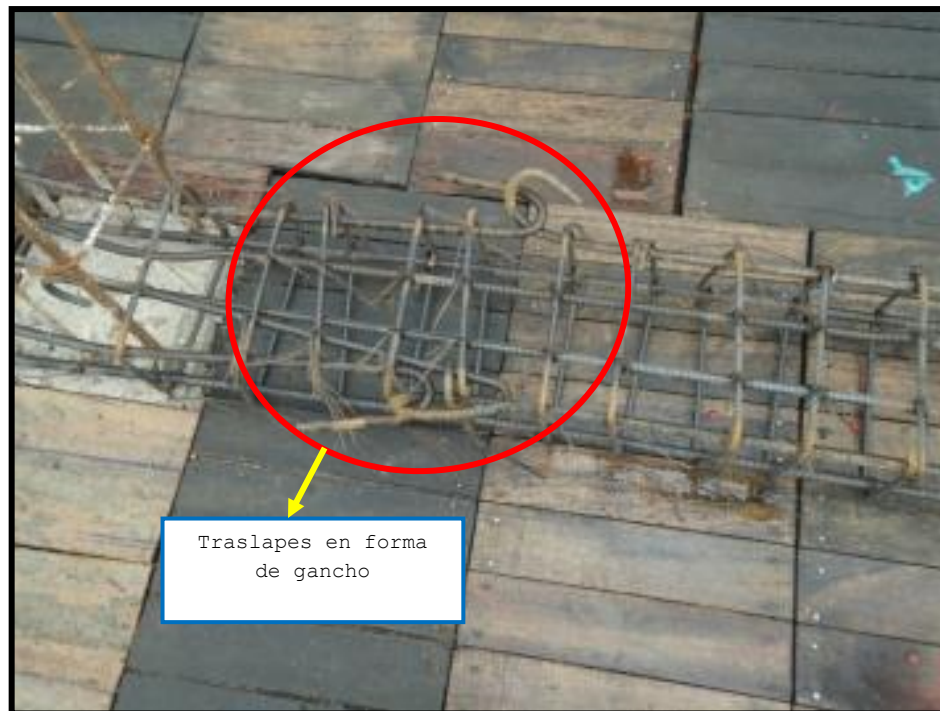
Fot. 3.59 Nervio con doble refuerzo y binchas en toda su longitud
Fecha de captura: 06/01/2011

➡ **FOTOGRAFÍA 3.60**

La pregunta que surge al ver ésta fotografía, es ¿en qué norma se basaron para considerar a los empalmes en forma de gancho?, en la norma ACI 318-08 numeral 12.15.1



menciona que debe ser en forma recta con una longitud no menor a 300 mm.



Fot. 3.60 Empalmes en forma de ganchos
Fecha de captura: 06/01/2011



CONCLUSIONES 4



4. CONCLUSIONES

- ↪ Las edificaciones estudiadas presentan un 53.20% de cumplimiento de las especificaciones de la norma ACI 318-08 descritas en la encuesta (anexo 1) y un 46.80% de incumplimiento, este resultado permite concluir que en la ciudad no existe un detallamiento adecuado del refuerzo y por lo tanto las edificaciones no están aptas para soportar los efectos de un sismo.
 - ↪ Todas las edificaciones verificadas presentan insuficiente diámetro de los estribos (8 mm), siendo el mínimo recomendado en el código ACI 318-08, 10 mm, esto permite concluir que las edificaciones de la ciudad de Loja presentan escaso refuerzo transversal destinado a resistir esfuerzos cortantes. El problema afectará a todas las edificaciones estudiadas, las cuales tras un sismo fallarán por cortante en las columnas, principalmente en las plantas bajas donde se necesita mayor refuerzo cortante. Este tipo de falla es una de las más desfavorables, ya que afecta a las columnas consecutivas y termina con el colapso de la estructura.
 - ↪ Ninguna de las edificaciones verificadas cumple en un 100% con las especificaciones de la normativa ACI 318-08 planteadas en la encuesta, todas presentan detalles erróneos.
 - ↪ En todas las cimentaciones verificadas, la orientación del gancho del refuerzo longitudinal en el extremo de la columna se encontraba hacia afuera de la misma, pero el código ACI 318-08 recomienda que la orientación sea
-



hacia el eje de la columna con el fin de resistir la flexión en el nudo, provocada en un movimiento sísmico. El código hace mención a este detalle como indispensable para el diseño sismorresistente, pero según lo evidenciado en la ciudad de Loja no se lo conoce.

↪ El recubrimiento de los elementos estructurales es otro de los problemas con mayores casos de incumplimiento, no se respecta lo establecido como mínimo en el código ACI 318-08. En el caso de las vigas todas las verificadas no poseían recubrimiento en su parte inferior, debido a que el acero es colocado directamente sobre el encofrado dejando expuesto al refuerzo transversal; en las losas ocurría el mismo problema con el refuerzo positivo. Pero los casos no solo son por nulo recubrimiento, en el detalle de columnas muchas estaban descentradas dejando un lado con recubrimiento suficiente y otros con escaso. Éste problema ocasionaría que los elementos fallen por adherencia, ya que no existe el recubrimiento adecuado que permita que el concreto transmita los esfuerzos al acero; además, al quedar expuesto a la intemperie o en contacto con el suelo se producirá la corrosión del mismo.

↪ Según lo verificado, los procesos constructivos aplicados en las edificaciones estudiadas no son adecuados. Fue evidente la descoordinación que existe entre los trabajos de armado de los elementos estructurales y la colocación de instalaciones sanitarias, en donde las tuberías atraviesan los elementos estructurales con diámetros mayores a lo



permitido, afectando tanto la resistencia del elemento, como provocando que se doble el refuerzo longitudinal y se desplacen los estribos de su posición apropiada.

↪ 48 edificaciones de las 58 estudiadas están construidas por maestros de obra, dejando en evidencia que las obras no cuentan con el control de un especialista como lo son el ingeniero civil y el arquitecto en el proceso constructivo.

↪ El estudio dio como resultado que la mayoría de edificaciones no consideran a la cadena como elemento estructural, ya que diseñan el acero de refuerzo de manera diferente al de una viga, pero es equivocado considerarlo, ya que actúa como ella.



RECOMENDACIONES 5



5. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que se hacen a continuación están encaminadas a erradicar las falencias en el detallamiento del refuerzo encontradas en la ciudad de Loja y sobretodo garantizar estructuras seguras para los habitantes que harán uso de ellas:

- ↪ Se recomienda que las instalaciones sanitarias con diámetros mayores a 25 mm sean colocadas debajo de la losa de entrepiso y las bajantes en canales verticales, con el objetivo de no afectar a los elementos estructurales. El arquitecto debe considerar en su diseño la colocación de los canales verticales.
- ↪ Contar con un ingeniero que se desempeñe como residente de obra, con el fin de que controle y supervise a tiempo completo el proceso constructivo, haciendo cumplir lo especificado en los planos estructurales y respetando las normas sismorresistentes vigentes.
- ↪ Realizar un estudio más profundo sobre el detallamiento del refuerzo que abarque por lo menos 30 muestras (edificaciones) por cada uno de los profesionales que construyen las obras (ingenieros, arquitectos y maestro de obra), a fin de encontrar la influencia de cada uno de ellos en el detallamiento del refuerzo, poder emitir las respectivas conclusiones y dar soluciones más reales a los problemas encontrados.
- ↪ Realizar campañas por medio de conferencias, enfocadas a concienciar a los profesionales y maestros de obra,



sobre el riesgo sísmico de la ciudad de Loja, los efectos que causarían los mismos en las edificaciones y cuáles son las soluciones más adecuadas para construir estructuras sismorresistentes y garantizar la seguridad de los habitantes.

- ↳ Efectuar un estudio sobre las causas que provocan el mal detallamiento del refuerzo, a fin de poder dar soluciones más efectivas a los problemas encontrados.



BIBLIOGRAFÍA 6



6. BIBLIOGRAFÍA

- American Concrete Institute ACI 318S (2008). *Requisitos de Reglamento para concreto estructural (ACI 318S-08) y comentario*. American Concrete Institute. Farmington Hills, Michigan, EEUU.
 - Arancibia Carvallo F. (2011). *Diseño Sísmico. Historia del Diseño Sísmico*. Recuperado el 22 de Junio de: <http://ingenieriasismicaylaconstruccioncivil.blogspot.com/2011/05/disenio-sismico.html>
 - Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (2009). *Chequeo de Nudos. Norma Sismo Resistente Colombiana (NRS-09)*. Recuperado el 25 de mayo de <http://lcano.files.wordpress.com/2010/03/chequeo-de-nudos-nsr-09.pdf>
 - Bazan E., y Meli R. (1998). Criterios de estructuración. En *Diseño Sísmico de Edificios* (pp. 175-198). México DF: Editorial Limusa Wiley.
 - Capa, V. (07 de abril de 2010). *Riesgo sísmico en la Provincia de Loja*. Recuperado el 20 de abril de 2011, de La Crónica: http://www.cronica.com.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=9565%3Ariesgo-sismico-en-la-provincia-de-loja&catid=44%3Aopinion&Itemid=63
 - CEC 2002, *Código Ecuatoriano de la Construcción*. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Quito. Ecuador. Recuperado de http://www.disaster-info.net/PED-Sudamerica/leyes/leyes/suramerica/ecuador/otranorm/Codigo_Ecuatoriano_Construccion.pdf
-



- Celi Claudia. (16 de mayo de 2011). Directora del Departamento de Planificación del Ilustre Municipio de Loja. Comunicación personal.
 - Correa, C., Hinojosa, D., y Taipe, M. (2004). *Sismicidad histórica del Ecuador*. Quito.
 - Fernández Cruz, O. (...). *Aspectos a considerar en el Peritaje de Estructuras afectadas por Sismos*. Centro de Peritaje, Consejo Departamental de Lima, Colegio de Ingenieros del Perú, Lima. Recuperado el 24 de Abril de 2011, de: <http://www.cdlima.org.pe/images/stories/2011/marzo/estructuras.pdf>
 - Holcim (...). *Acero de refuerzo*. Recuperado el 25 de mayo de 2011, de: <http://www.holcim.com.mx/holcimcms/uploads/MX/Acero.pdf>
 - Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (2010). *Sismicidad Histórica del Ecuador*. Recuperado de <http://www.igepn.edu.ec/index.php/sismos/sismicidad/historica.html>
 - INTI-CIRSOC y ERREPAR S.A (1991). *Normas Argentinas para la Construcción Sismorresistente (INPRES - CIRSOC 103)*. Sección 5.6. Recuperado el 25 de mayo de 2011, de <http://www.inpres.gov.ar/INPRES-CIRSOC%20103%20y%20201/Descargas/103-%20-%20Cap.%205%20-%20Parte%20II.pdf>
 - Nakano, Y. (1995). *Ductilidad y diseño estructural de los edificios de concreto reforzado* (pp. 154-161). México DF. Recuperado el 20 de abril de 2011 de <http://www.eird.org/cd/building-codes/pdf/spa/doc6513/doc6513-1.pdf>
-



- Nilson, A. (12a Ed). (1999). *Diseño de Estructuras de Concreto*. Santafé de Bogotá: MCGRAW-HILL INTERAMERICANA, S.A.
 - Ottazi Pasino, G. (2011, Enero). *Construcciones en Concreto Armado*. Seguridad para Construir Edificaciones. Pontífica Universidad Católica del Perú, Lima. Recuperado el 21 de Abril de 2011, de <http://www.slideshare.net/jirrivar/a-arequipa-construcciones-concretoarmado-nov010-todo>
 - Organización Panamericana de la Salud OPS (2da Ed). (2004). *Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud*. Washington, D.C. Recuperado el 20 de junio de 2011 de <http://www.disaster-info.net/viento/books/FundamentosNew1.pdf>
 - Ottazi Pasino, G. (2009, Enero). *Principales Cambios Norma Peruana de Concreto Armado NTE E0.60*. Departamento de Ingeniería, Sección Ingeniería Civil, Pontífica Universidad Católica del Perú, Lima. Recuperado el 21 de Abril de 2011, de <http://es.scribd.com/doc/50473900/2/Capitulo-7-Detalles-del-Refuerzo>.
 - Profesores Investigadores (16 de abril de 2011). *Bases para la Formulaciòn de Decisiones de Diseño Sísmico*. Facultad de Ingeniería, UNAM, México. Recuperado el 24 de Abril de 2011, de http://www.4shared.com/get/tU9WFGte/182_BASES_PARA_DECISIONES_DISE.html
 - Ramírez, P. (2010, Abril). *Estudio de edificio de Penta revela falla que se repite en modernas torres afectadas por el terremoto*. Recuperado el 25 de Abril de 2011, de
-



<http://ciperchile.cl/2010/04/07/estudio-de-edificio-de-penta-revela-la-falla-estructural-que-se-repite-en-las-modernas-torres-afectadas-por-el-terremoto/>

- Revista Noticreto No. 36. (1995, Julio-septiembre). *Reflexiones acerca de... Daños causados por Sismos*. Recuperado el 23 de Abril del 2011 de http://www.construdata.com/BancoConocimiento/d/danos_de_los_sismos/sismo1.htm
- Sánchez, S. L. (2004). *Calidad de los hormigones usados en edificaciones nuevas de la ciudad de Loja y su influencia en el desempeño sísmico* (Tesis de Ingeniería). Universidad Técnica Particular de Loja. Loja.
- Serrano Lizaola, R. (2001). Descripción de Fallas más Comunes en Estructuras de Concreto Reforzado y de Mampostería. *Computamiento Estructural en Obra Civil (49-76)*. Recuperado el 21 de Abril de 2011, de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/murillo_j_cg/capitulo4.pdf
- Serrano Lizaola, R. (2001). Análisis de Tipo de Fallas Estructurales Debidas al Sismo del 15 de junio de 1999. *Computamiento Estructural en Obra Civil (77-153)*. Recuperado el 21 de Abril de 2011, de: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/murillo_j_cg/capitulo5.pdf
- Universidad José Cecilio del Valle (Septiembre, 2009). *El Hormigón o Concreto*. Recuperado el 20 de mayo de 2011, de:



<http://matdeconstruccion.wordpress.com/category/hormigon-o-concreto/>

- Universidad de León (...). *Etapas del Proceso Investigador: Población y Muestra*. España. Recuperado el 26 de Mayo de 2011, de www3.unileon.es/dp/ado/ENRIQUE/.../poblacionmuestra.doc



ANEXOS 7

**ANEXO 1: FORMATO DE ENCUESTA**

TIPO DE EDIFICACIÓN:.....N° DE PLANTAS:.....

FECHAS DE MEDICIÓN:.....

CONSTRUIDA

POR:.....

CIMENTACIONES				DATOS	¿CUMPLE?
Nro.	CÓDIGO ACI 318-08	CONDICIÓN			
1	21.12.3.1 (Pág 379)	Las vigas sobre el terreno diseñadas para actuar como amarres horizontales entre las zapatas o cabezales de pilotes deben tener refuerzo longitudinal continuo que debe desarrollarse dentro o más allá de la columna, o anclarse dentro de la zapata o el cabezal de pilotes en todas las discontinuidades.			
2	15.4.3 (Pág.274)	En zapatas en una dirección y en zapatas cuadradas en dos direcciones, el refuerzo debe distribuirse uniformemente a lo largo del ancho total de la zapata.			
3	15.4.4.1 (Pág.274)	En zapatas rectangulares en dos direcciones, el refuerzo en la dirección larga debe distribuirse uniformemente en el ancho total de la zapata.			
4	15.4.4.2 (Pág.274)	En zapatas rectangulares en dos direcciones, el refuerzo debe distribuirse como se indica en 15.4.4.1 y 15.4.4.2: Para el refuerzo en la dirección corta, una porción del refuerzo total, γs As' debe distribuirse en forma uniforme sobre una franja (centrada con respecto al eje de la columna o pedestal) cuyo ancho sea igual a la longitud del lado corto de la zapata. El resto del refuerzo requerido en la dirección corta, $(1-\gamma s)$ As, debe distribuirse uniformemente en las zonas que queden fuera de la franja central de la zapata. β es la relación del lado largo al lado corto de la zapata. $\gamma s = 2/(\beta + 1)$			
5	21.12.3.2 (Pág.379)	En vigas de acople o enlace en zapatas se deben proporcionar estribos cerrados con un espaciamiento que no exceda al menor entre la mitad de la menor dimensión transversal o 300 mm.			
6	7.2.2 (a) (Pág. 91)	Diámetros mínimos de doblado	El diámetro interior de doblado para estribos no debe ser menor que 4db para barras No. 16 y menores.		
7	7.2.2 (b) (Pág. 91)	Los diámetros mínimos de doblado se deben cumplir acorde a la tabla 7.2:	No. 10 a No. 25.....6db		
8	21.12.2.2 (Pág.378)	Si se requiere de ganchos el refuerzo longitudinal que resiste la flexión debe tener ganchos de 90 grados cerca del fondo de la cimentación, con el extremo libre de las barras orientado hacia el centro de la columna.			



MUROS SOMETIDOS A CARGA AXIAL CON O SIN FLEXIÓN				DATOS	¿CUMPLE?
Nro.	CÓDIGO ACI 318-08	CONDICIÓN			
9	11.9.9.3 (Pág. 199)	El espaciamiento del refuerzo horizontal para cortante no debe exceder el menor de $lw/5$, $3h$, ó 450 mm , donde lw es la longitud total del muro.			
10	11.9.9.5 (Pág. 199)	El espaciamiento del refuerzo vertical para cortante no debe exceder el menor de $lw/3$, $3h$, ó 450 mm , donde lw es la longitud total del muro.			
11	14.3.4 (a) (Pág. 266)	Los muros con un espesor mayor que 250 mm, excepto los muros de sótanos, deben tener el Refuerzo en cada dirección colocada en dos capas paralelas a las caras del muro de acuerdo con:	(a) Una capa consistente en no menos de $1/2$, y no más de $2/3$ de el refuerzo total requerido para cada dirección debe colocarse a no menos de 50 mm ni a más de $1/3$ del espesor del muro a partir de la superficie exterior, por ejemplo: $<1/3(250\text{mm})=83.3\text{mm}$		
12	14.3.4 (b) (Pág. 266)		(b) La otra capa, consistente en el resto del refuerzo requerido en esa dirección, debe colocarse a no menos de 20 mm ni a más de $1/3$ del espesor del muro a partir de la superficie interior, por ejemplo: $<1/3(250\text{mm})=83.3\text{mm}$		
13	14.3.5 (Pág. 266)	El refuerzo vertical y horizontal debe espaciarse a no más de tres veces el espesor del muro, ni de 450 mm.			
14	7.7.1 (a) (pag 96)	Protección del concreto para el refuerzo, en Concreto construido en sitio (no preesforzado), no debe ser menor que:	Concreto expuesto a suelo o a la intemperie: Barras No. 16, alambre MW200 Ó MD200 y menores 40 mm		
15	7.7.1 (b) (pag 96)	Protección del concreto para el refuerzo, en Concreto construido en sitio (no preesforzado), no debe ser menor que:	(c) Concreto no expuesto a la intemperie ni en contacto con el suelo: Losas, muros, viguetas: Barras No. 36 y menores20mm		
16	6.3.12 (Pág. 89)	Embebidos en el Concreto	Las tuberías y ductos deben fabricarse e instalarse de tal forma que no requiera cortar, doblar o desplazar el refuerzo de su posición apropiada.		



COLUMNAS				DATOS	¿CUMPLE?
Nro.	CÓDIGO ACI 318-08	CONDICIÓN			
17	21.3.5.2 (a) (Pág. 344-345)	ESTRIBOS CERRADOS DE CONFINAMIENTO (So en lo): No debe exceder la menor de (a), (b), y c) y (d):	(a) 8 veces el diámetro de la barra longitudinal más pequeña		
			(b) 24 veces el diámetro de la barra del estribo		
			(c) la mitad de la menor dimensión de la sección transversal de la columna		
			(d) 300 mm		
18	21.3.5.2 (b) (Pág. 344-345)	LONGITU (lo) No debe ser menor que la mayor entre (e), (f), y (g):	(e) 1/6 de la luz libre de la columna		
			(f) la mitad de la menor dimensión de la sección transversal de la columna		
			(g) 450 mm		
19	7.10.5.1 (Pág. 102)	Diámetro de Estribos	Por lo menos No. 10 para barra long. No.32 o menores		
20	7.10.5.2 (Pág. 102)	El espaciamiento vertical de los estribos no debe exceder 16 diámetros de barra longitudinal, 48 diámetros de barra o alambre de los estribos, o la menor dimensión del elemento sometido a compresión.			
21	7.10.5.3 (Pág. 102)	<p>Cuando se requieran estribos cerrados de confinamiento, las barras longitudinales del perímetro deben tener soporte lateral conforme a 7.10.5.3 :</p>			
22	21.3.5.3 (Pág. 345)	El primer estribo cerrado de confinamiento debe estar situado a no más de $S_o/2$ de la cara del nudo.			



COLUMNAS			DATOS	¿CUMPLE?
Nro.	CÓDIGO ACI 318-08	CONDICIÓN		
23	21.10.5.4 (Pág. 345)	La distancia vertical entre los estribos de los extremos del elemento y la parte superior de la zapata o losa de entrepiso, o el refuerzo horizontal más bajo de la losa, ábaco superior o descolgado para cortante, debe ser menor a la mitad del espaciamiento entre estribos.		
24	21.10.5.5 (Pág. 346)	Cuando vigas o ménsulas concurren a una columna desde cuatro direcciones, se permite colocar el último estribo a no más de 75 mm debajo del refuerzo más bajo de la viga o ménsula de menor altura.		
25	10.9.2 (Pág. 148)	El número mínimo de barras longitudinales en elementos sometidos a compresión debe ser de 4 para barras dentro de estribos circulares o rectangulares, 3 para barras dentro de estribos triangulares y 6 para barras rodeadas por espirales.		
26	7.2.2 (a) (Pág. 91)	Diámetros mínimos de doblado	El diámetro interior de doblado para estribos no debe ser menor que 4db para barras No. 16 y menores.	
27	7.6.3 (Pág. 94)	Límites de espaciamiento de refuerzo	En elementos a compresión reforzados con espirales o estribos, la distancia libre entre barras longitudinales no debe ser menor de 1.5db , ni de 40 mm .	
28	7.6.6.1 (Pág. 95)	Límites del espaciamiento del refuerzo en Paquete de barras.	Los grupos de barras paralelas dispuestas en un paquete para trabajar como una unidad, deben limitarse a 4 barras para cada paquete.	
29	7.6.6.2 (Pág. 95)		Los paquetes de barras deben estar colocados dentro de estribos.	
30	7.7.1 (c) (Pág. 96)	Protección del concreto para el refuerzo, en Concreto construido en sitio (no preesforzado), no debe ser menor que:	Vigas, Armadura principal, espirales.....40mm columnas: estribos	
31	7.7.4 (Pág. 98)	Protección del concreto para el refuerzo, para paquetes de barras.	El recubrimiento de concreto mínimo especificado para los paquetes de barras no debe ser menor que el diámetro equivalente del paquete, pero no necesita ser mayor de 50 mm .	



COLUMNAS				DATOS	¿CUMPLE?
Nro.	CÓDIGO ACI 318-08	CONDICIÓN			
32	7.1.3 (a) (Pág. 91)	Gancho de estribo	(c) Barra No. 25 y menor, dobléz de 135° más extensión de 6db en el extremo libre de la barra.		
33	7.1.3 (b) (Pág. 91)	Extensión de la barra del estribo	(c) Barra No. 25 y menor, dobléz de 135° más extensión de 6db en el extremo libre de la barra.		
34	6.3.12 (Pág. 89)	Embebidos en el Concreto	Las tuberías y ductos deben fabricarse e instalarse de tal forma que no requiera cortar, doblar o desplazar el refuerzo de su posición apropiada.		
VIGAS				DATOS	¿CUMPLE?
35	7.11.2 (Pág. 103)	Refuerzo transversal para elementos a flexión	El refuerzo transversal para elementos de pórticos sometidos a esfuerzos reversibles de flexión o a torsión en los apoyos debe consistir en estribos cerrados o espirales colocados alrededor del refuerzo de flexión.		
36	7.13.2.2 (a) (Pág. 106)	Extensión de barra con gancho a 90°	En apoyos no continuos, el refuerzo debe ser anclado para desarrollar fy en la cara del apoyo usando un gancho estándar que cumpla con 12.5 o una barra corrugada con cabeza, que cumpla:		
37	7.13.2.2 (b) (Pág. 106)	Diámetro de la barra doblada a 180°			
38	7.13.2.2 (c) (Pág. 106)	Extensión de la barra con gancho a 180°			
39	21.3.4.2 (a) (Pág. 344)	1er estribo	≤ 50 mm		
40	21.3.4.2 (b) (Pág. 344)	El espaciamiento de los ESTRIBOS CERRADOS DE CONFINAMIENTO no debe exceder la menor de (a), (b), (c) y (d)	(a) $d/4$		
			(b) 8 veces el diámetro de la barra longitudinal más pequeña		
			(c) 24 veces el diámetro de la barra del estribo		
			(d) 300 mm		
41	21.3.4.3 (Pág. 344)	Deben colocarse estribos espaciados a no más de $d/2$ en toda la longitud del elemento.			

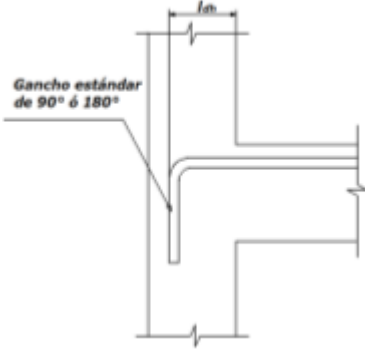


VIGAS				DATOS	¿CUMPLE?
Nro.	CÓDIGO ACI 318-08	CONDICIÓN			
42	21.5.2.3 (a) (Pág.349)	El espaciamiento del refuerzo transversal que confina las barras traslapadas no debe exceder al menor entre:	d/4		
			100 mm		
43	21.5.2.3 (b) (Pág.349)	No deben usarse empalmes por traslapo:	(a) Dentro de los nudos en el refuerzo superior.		
44	21.5.2.3 (c) (Pág.349)		(b) En una distancia de dos veces la altura del elemento medida desde la cara del nudo, en el refuerzo inferior.		
45	21.3.4.2 (c) (Pág. 344)	En ambos extremos del elemento, deben disponerse estribos cerrados de confinamiento por longitudes iguales a 2h, medidas desde la cara de elemento de apoyo hacia el centro de la luz.			
46	7.6.1 (Pág. 94)	Límites del espaciamiento del refuerzo	La distancia libre mínima entre barras paralelas de una capa debe ser db , pero no menor de 25 mm.		
47	7.10.5.1 (Pág. 102)	Diámetro de Estribos	Por lo menos No. 10 para barra long. No.32 o menores		
48	21.6.1.2 (Pág. 354)	La relación entre la dimensión menor de la sección transversal y la dimensión perpendicular no debe ser menor que 0.4			
49	21.5.1.2 (Pág. 347)	La luz libre del elemento, ln , no debe ser menor que cuatro veces su altura útil.			
50	21.5.1.3 (Pág. 348)	El ancho del elemento, bw , no debe ser menor que el más pequeño de 0.3h y 250 mm.			
51	7.2.2 (a) (Pág. 91)	Diámetros mínimos de doblado	El diámetro interior de doblado para estribos no debe ser menor que 4db para barras No. 16 y menores.		
52	21.5.1.4 (Pág.348)	EN VIGAS EN EL AIRE: El ancho del elemento, bw ' no debe exceder el ancho del elemento de apoyo c2 más una distancia a cada lado del elemento de apoyo que sea igual al menor de entre (a) y (b):	(a) Ancho del elemento de apoyo, c2		
			(b) 0.75 veces la dimensión total del elemento de apoyo c1		
53	7.2.2 (b) (Pág. 91)	Los diámetros mínimos de doblado se deben cumplir acorde a la tabla 7.2:	No. 10 a No. 25.....6db		
54	7.7.1 (d) (Pág. 96)	Protección del concreto para el refuerzo, en Concreto construido en sitio (no preesforzado), no debe ser menor que:	Vigas, Armadura principal, espirales.....40mm	columnas: estribos	



VIGAS			DATOS	¿CUMPLE?
Nro.	CÓDIGO ACI 318-08	CONDICIÓN		
55	12.2.1 (Pág. 214)	La longitud de desarrollo para barras corrugadas y alambre corrugado en tracción, l_d , no debe ser menor que 300 mm.		
56	12.5.1 (Pág. 218)	<p>La longitud de desarrollo l_{dh} para barras corrugadas en tracción que terminen en un gancho estándar no debe ser menor que el mayor de $8d_b$ y 150 mm.</p>		
57	12.5.4 (Pág. 220)	<p>Separación de estribos en l_{dh} de viga del volado. Para barras que son desarrolladas mediante un gancho estándar en extremos discontinuos de elementos con recubrimiento sobre el gancho de menos de 65 mm en ambos lados y en el borde superior (o inferior), la barra con el gancho se debe confinar con estribos, perpendicular a la barra en desarrollo, espaciados en no más de $3d_b$ a lo largo de l_{dh}. El primer estribo debe confinar la parte doblada del gancho dentro de $2d_b$ del exterior del doblez, donde d_b es el diámetro de la barra con gancho.</p>		
58	12.5.3 (Pág. 219)	<p>El primer estribo debe confinar la parte doblada del gancho, a una distancia menor a $2d_b$ del borde externo del gancho.</p>		



VIGAS				DATOS	¿CUMPLE?
Nro.	CÓDIGO ACI 318- 08	CONDICIÓN			
59	12.12.1 (Pág. 231)	Desarrollo del refuerzo para momento negativo	<p>El refuerzo para momento negativo en un elemento continuo, restringido, o en voladizo, o en cualquier elemento de un pórtico rígido, debe anclarse en o a través de los elementos de apoyo mediante una longitud embebida, ganchos o anclajes mecánicos.</p>  <p>Gancho estándar de 90° ó 180°</p>		
60	12.11.1 - 21.7.2.2 (Pág. 229- 359)	Desarrollo del refuerzo para momento positivo	<p>Por lo menos 1/3 del refuerzo para momento positivo en elementos simplemente apoyados y 1/4 del refuerzo para momento positivo en elementos continuos, se debe prolongar a lo largo de la misma cara del elemento hasta el apoyo. En las vigas, dicho refuerzo se debe prolongar, por lo menos 150 mm dentro del apoyo. Además se debe tomar en cuenta lo mencionado en el numeral 21.7.2.2 y que establecen lo siguiente: "El refuerzo longitudinal de una viga que termine en una columna, debe prolongarse hasta la cara más distante del núcleo confinado de la columna y anclarse, en tracción, de acuerdo con 21.7.5, y en compresión de acuerdo con el Capítulo 12"</p>		
61	12.13.1 (Pág. 231)	Desarrollo del refuerzo del alma	<p>El refuerzo del alma debe colocarse tan cerca de las superficies de tracción y compresión del elemento como lo permitan los requisitos de recubrimiento y la proximidad de otros refuerzos.</p>		
62	7.1.3 (a) (Pág. 202)	Gancho de estribo	<p>(c) Barra No. 25 y menor, doblé de 135° más extensión de 6db en el extremo libre de la barra.</p>		



VIGAS				DATOS	¿CUMPLE?
Nro.	CÓDIGO ACI 318- 08	CONDICIÓN			
63	7.1.3 (b) (Pág. 202)	Extensión de la barra del estribo	(c) Barra No. 25 y menor, doblez de 135° más extensión de 6db en el extremo libre de la barra.		
64	6.3.12 (Pág. 89)	Embebidos en el Concreto	Las tuberías y ductos deben fabricarse e instalarse de tal forma que no requiera cortar, doblar o desplazar el refuerzo de su posición apropiada.		
LOSAS				DATOS	¿CUMPLE?
65	7.12.2.2 (Pág. 104)	El refuerzo de la losa localizado sobre los espacios celulares debe colocarse como se requiere en 7.12.	El refuerzo de retracción y temperatura no debe colocarse con una separación mayor de 5 veces el espesor de la losa ni de 450 mm.		
66	8.13.5.3 (Pág. 119)	Viguetas en losas nervadas	En losas nervadas en una dirección, se debe disponer en la losa refuerzo normal a las nervaduras.		
67	13.3.3 (Pág. 247)	El refuerzo para momento positivo perpendicular a un borde discontinuo debe prolongarse hasta el borde de la losa y tener una longitud embebida recta o en gancho, de por lo menos 150 mm en las vigas, muros o columnas perimetrales.			
68	13.3.5 (Pág. 247)	Cuando la losa no esté apoyada en una viga perimetral o muro en un borde discontinuo, o cuando la losa se proyecte en voladizo más allá del apoyo, se permite el anclaje del refuerzo dentro de la losa.			
69	13.3.6.3 (Pág. 247)	El refuerzo de esquina debe colocarse a partir de la esquina a una distancia en cada dirección igual a 1/5 de la longitud de la luz más grande.			
70	13.3.6.4 (Pág. 247)	El refuerzo de esquina debe colocarse paralelamente a la diagonal en la parte superior de la losa, y perpendicularmente a la diagonal en la parte inferior de la losa. Alternativamente, el refuerzo debe colocarse en dos capas paralelas a los bordes de la losa tanto en la parte superior como en la parte inferior de la losa.			
71	7.2.2 (b) (Pág. 91)	Los diámetros mínimos de doblado se deben cumplir acorde a la tabla 7.2:	No. 10 a No. 25.....6db		
72	7.7.1 (e) (Pág. 96)	Protección del concreto para el refuerzo, en Concreto construido en sitio (no preesforzado), no debe ser menor que:	(c) Concreto no expuesto a la intemperie ni en contacto con el suelo: Losas, muros, viguetas: Barras No. 36 y menores20mm		
73	6.3.12 (Pág. 89)	Embebidos en el Concreto	Las tuberías y ductos deben fabricarse e instalarse de tal forma que no requiera cortar, doblar o desplazar el refuerzo de su posición apropiada.		



ANEXO 2: CLASIFICACIÓN DE LAS EDIFICACIONES SEGÚN SU USO Y NÚMERO DE PLANTAS

Las siguientes figuras contienen la clasificación de las edificaciones estudiadas según su uso y el número de plantas, ésta información fue recopilada en el encabezado de la encuesta y se presenta con más detalle en la tabla 3.1 de este documento.

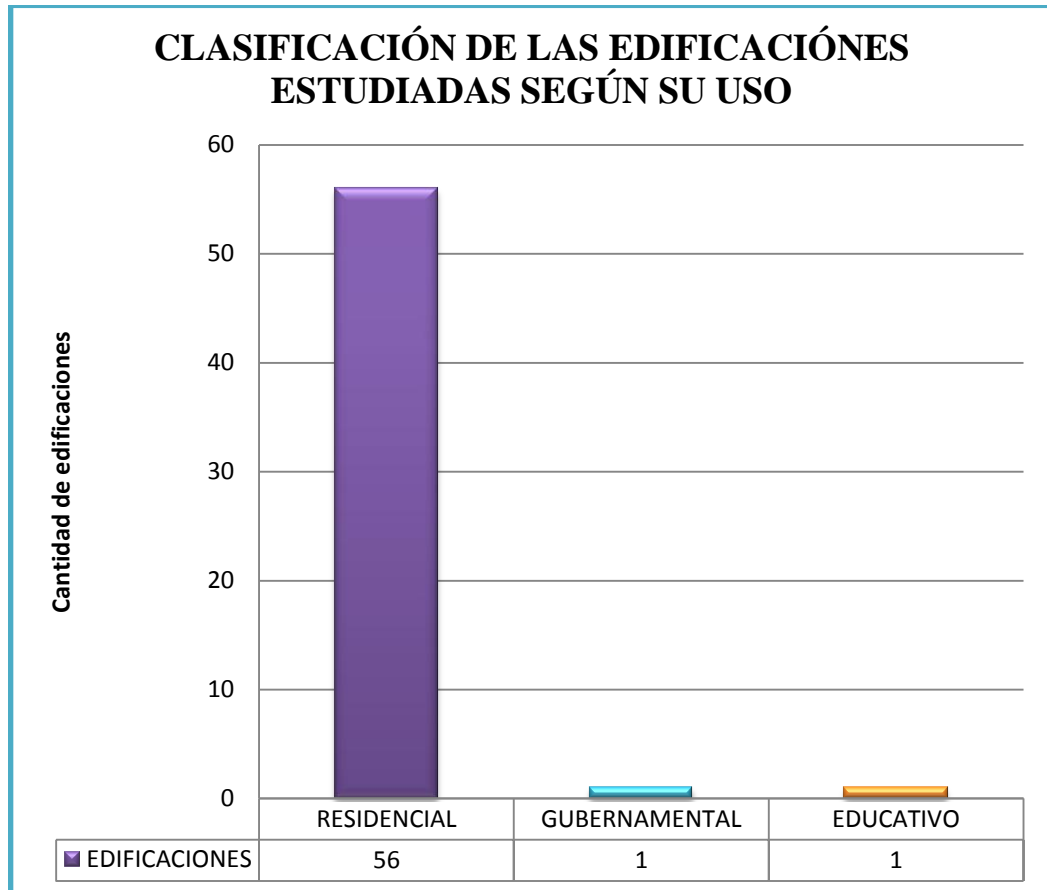


Figura 7.1 Clasificación de las edificaciones estudiadas según su uso

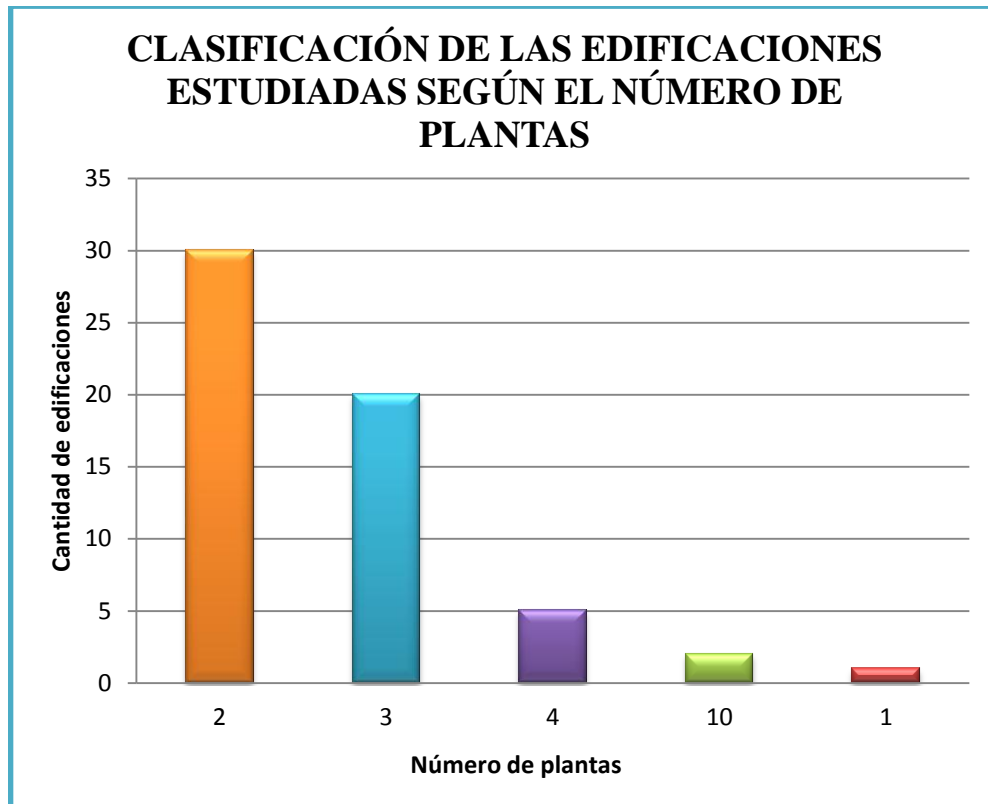


Figura 7.2 Clasificación de las edificaciones estudiadas según el número de plantas