



UNIVERSIDAD
**SAN IGNACIO
DE LOYOLA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

**REFORZAMIENTO SISMICO DE EDIFICIOS DE
CONCRETO ARMADO UTILIZANDO PLANCHAS
DE ACERO ESTRUCTURAL ASTM A.-36**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

JOSE LUIS RENDON TOHALINO

Asesor:

Mg. Ing. José Acero Martínez

Lima - Perú

2016

FL
624
001
2016



UNIVERSIDAD
**SAN IGNACIO
DE LOYOLA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

**REFORZAMIENTO SISMICO DE EDIFICIOS DE
CONCRETO ARMADO UTILIZANDO PLANCHAS
DE ACERO ESTRUCTURAL ASTM A-36**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

JOSE LUIS RENDON TOHALINO

Asesor de Tesis: Mg. Ing. José Acero Martínez

**Lima-Perú
2016**



051293

Dedicatoria

A **mi Madre**, Miriam Tohalino, por ser la persona más importante en mi vida, por haberme educado, ya que sin ella no hubiese sido posible realizarme como profesional, además por ser un ejemplo de lucha, sacrificio, trabajo y justicia en la vida.

A la memoria de mi abuela **María Jesús**, en la que siento tanto orgullo por haber sido una persona tan admirable, noble y luchadora en la vida.

Agradecimientos

A **Dios**, que cariñosamente llamo **Señor De Los Milagros de Nazarenas**, por ser mi fortaleza en los momentos más difíciles, por darme tantas alegrías, por bendecirme cada día y darme la oportunidad de poder culminar mi carrera profesional y la presente tesis.

A mi **Madre**, no alcanzaría el papel para agradecerle todo lo que ha hecho por mí.

A mi **Asesor** de tesis, Mg. Ing. José Acero Martínez por aceptarme para realizar esta tesis bajo su dirección, su confianza y su capacidad para guiar mis ideas, ha sido un apoyo invaluable en la presente tesis, además de haberme dejado un gran legado ingenieril durante mi vida universitaria.

A la **Facultad de Ingeniería Civil**, a cada uno de los ingenieros profesionales del más alto nivel, quienes me educaron y han sabido transmitir sus conocimientos y experiencias para la formación de nuevos profesionales.

A mis **Compañeros**, con quienes he compartido gratos momentos dentro y fuera de las aulas.

Índice de Contenidos

Capítulo I: Introducción	1
1.1 Problema de Investigación	1
1.1.1 Planteamiento del Problema.	1
1.1.2 Formulación del Problema	2
1.1.3 Justificación de la Investigación	2
1.1.4 Objetivos.....	4
1.1.4.1 Objetivo General.....	4
1.1.4.2 Objetivos Específicos.	4
1.1.5 Hipótesis	4
Capítulo II. Marco referencial	5
2.1 Antecedentes	5
2.1.1 Investigaciones Realizadas a Elementos Estructurales.	11
2.2 Marco Teórico.	13
2.2.1 Introducción.....	13
2.2.2 Compresión Pura.....	14
2.2.3 Flexo - Compresión	16
2.2.4 Confinamiento Impuesto por el Refuerzo.....	19
2.2.5 Columna Corta o Esbelta.....	20
2.2.6 Relación de Esfuerzo – Deformación para el Concreto Enchaquetado con Acero.....	22
2.2.7 Resistencia a Flexión en Vigas.....	25
2.2.8 Resistencia a Cortante en Vigas.....	26
2.2.8 Resistencia a Cortante en Muros de corte	27
Capítulo III. Análisis y Reforzamiento de un Edificio de Concreto Armado de 8 pisos	28
3.1 Antecedentes	28
3.2 Descripción	29
3.3 Levantamiento de Campo del Edificio a Reforzar	29
3.4 Factor de Compresión del Concreto en Columnas y Vigas	30
3.5 Modelo Matemático Estructural del Edificio	33
3.5.1 Cargas.....	33
3.5.1 .1 Cargas de Gravedad	34
3.5.1 .1 Cargas Sísmicas.....	35

3.5.2 Análisis Estático de la Edificación	36
3.5.3 Análisis Dinámico	37
3.5.3.1 Modos de Vibración más Significativos	37
3.5.3.2 Fuerza Cortante Mínima en la Base	38
3.5.4 Distorsiones Laterales de Entrepiso del Edificio	38
3.5.5 Desplazamientos Reales del Edificio	39
3.6 Verificación de la Cimentación	40
3.6.1 Consideraciones Particulares de Verificación de Diseño	41
3.6.2 Dimensionamiento por Cargas Combinadas	42
3.6.2 Verificación de Diseño	42
3.6.2.1 Resistencia al Punzonamiento	42
3.6.2.2 Resistencia al Corte	43
3.6.2.3 Resistencia a Flexión	43
3.7 Verificación de Diseño de Vigas Existentes	44
3.7.1 Verificación de Diseño de Viga en Eje X	44
3.7.1 .1 Comprobación de Diseño a Flexión de la Viga VT-8	45
3.7.1 .2 Comprobación de Diseño a Corte de la Viga VT-8	46
3.7.1 Verificación de Diseño de Viga en Eje Y	47
3.7.2.1 Comprobación de Diseño a Flexión de la Viga VT-17	48
3.7.2 .2 Comprobación de Diseño a Corte de la Viga VT-17	49
3.8 Verificación de Diseño de Muros de Corte	50
3.8.1 Verificación por Flexo-Compresión	51
3.8.2 Verificación de Diseño por Cortante	52
3.9 Verificación de Diseño de Columna	52
3.10 Elaboración de Diagrama de Interacción para la Columna C-4 Reforzada con Planchas de Acero ASTM A-36	55
Capítulo IV. Planteamiento de Tres Modelos	
Estructurales para el Reforzamiento	61
4.1 Propuesta Estructural 1	61
4.1.1 Modos de Vibración más Significativos	63
4.1.2 Distorsiones Laterales de Entrepiso de la Propuesta 1	64
4.2 Propuesta Estructural 2	64
4.2.1 Modos de Vibración más Significativos	67

Índice de Tablas

Tabla 1. Resistencia de las columnas con y sin capitel.....	6
Tabla 2. Resistencias de las columnas (Araki y Tokugana 2007).....	9
Tabla 3. Cargas últimas en las columnas enchaquetadas.	11
Tabla 4. Resultados de compresión de muestras diamantinas.	31
Tabla 5. Peso por piso del edificio	35
Tabla 6. Análisis estático del edificio.	36
Tabla 7. Modos de vibración predominantes.....	37
Tabla 8. Cortante Estático.....	38
Tabla 9. Cortante Dinámico.	38
Tabla 10. Distorsiones laterales del edificio.	39
Tabla 11. Desplazamientos elásticos del centro de masa de cada piso en (cm).	39
Tabla 12. Cargas que llegan a la zapata.....	41
Tabla 13. Cargas del muro de corte 1.	51
Tabla 14. Parámetros de diseño de la Placa.	52
Tabla 15. Cargas que llegan a la columna C-4.	54
Tabla 16. Modos de vibración del modelo 1.	64
Tabla 17. Distorsiones de la propuesta 1.....	64
Tabla 18. Modos de vibración de la propuesta 2.	67
Tabla 19. Distorsiones de la propuesta 2.	67
Tabla 20. Modos de vibración de la propuesta 3.	70
Tabla 21. Distorsiones de la propuesta 3.	71
Tabla 22. Resumen de periodos de vibración de las propuestas planteadas	71
Tabla 23. Resumen de las distorsiones en el eje "Y" de las propuestas planteadas ...	72
Tabla 24. Factor económico de las 3 propuestas de reforzamiento en el edificio (los montos incluyen IGV)	73

Índice de Figuras

Figura 1. Edificio Multifamiliar “María Jesús” de 5 pisos (antes de la ampliación)	2
Figura 2. Edificio Multifamiliar María Jesús” en plena ampliación a 8 pisos.	3
Figura 3. Transferencia de Carga Tipo A y B (Giménez, 2007).....	5
Figura 4. Configuración del refuerzo	6
Figura 5. Ejemplo de muestras ensayadas por Gonzales (2000).	7
Figura 6. Columna normal.....	8
Figura 7. Configuración de columna con acero y FRP	8
Figura 8. Muestras luego del ensayo de Araki y Tokunaga (2007)	9
Figura 9. Configuraciones del reforzamiento de las columnas a ensayar (Mahmoud F. y Hatem M. 2013)	10
Figura 10. Modelo en elementos finitos	11
Figura 11. Elementos antes del ensayo	11
Figura 12. Número de estudios publicados de 1945 a 2006 según la página Web of Science. (Giménez 2007)	12
Figura 13. Porcentaje de publicaciones científicas entre los años 1990 y 2006 sobre cada una de las técnicas de refuerzos de columnas de concreto armado. (a) Según datos de Elsevier; (b) Según datos de ASCE (Adam 2007)	12
Figura 14. Referencias e investigaciones alrededor del mundo utilizadas en la presente tesis (Fuente propia)	13
Figura 15. Columna con estribos y columna zunchada (Fuente propia)	16
Figura 16. Variación de la distribución de deformaciones en la sección transversal de acuerdo a la excentricidad de a carga axial. (Harmsen 2002)	16
Figura 17. Tipos de fallas de columnas sometidas a flexo-compresión (Harmsen 2002)	17
Figura 18. Diagrama de interaccion típico de una sección rectangular con refuerzo simétrico (McGregor)	18
Figura 19. Compresión uniaxial y compresión triaxial (Adam 2007)	19
Figura 20. Forma cualitativa la curva tensión-deformación para un concreto sometido a diferentes estados tensionales. (Adam 2007)	20
Figura 21. Momento de Segundo orden producido por efecto de esbeltez.(Harmsen 2002)	21
Figura 22. Tipos de falla de columnas; cortas, esbeltas por falla del material y esbelta por falla de inestabilidad. (Park and Paulay 1978)	22
Figura 23. Gráfica del modelo de curva de esfuerzo-deformación para concreto confinado con acero y sin confinamiento. (Sakino y Sun 2000)	22

Figura 24. Idealización del bloque de esfuerzos (Sakino y Sun 2000)	24
Figura 25. Bloque de esfuerzos equivalentes de Whitney	25
Figura 26. Vista Frontal del edificio antes de la ampliación	28
Figura 27. Vista frontal el edificio después de la ampliación	28
Figura 28. Planta típica del edificio	29
Figura 29. En las nubes se observan las vigas que no son peraltadas, si no, son vigas chatas desde el 1er nivel hasta el 5to nivel.....	30
Figura 30. Ubicación de las extracciones diamantinas.....	30
Figura 31. Extracción de diamantina en columna "C-3"	31
Figura 32. Extracción de diamantina en la viga "V-5"	32
Figura 33. Extracción de diamantina en la viga "V-5"	32
Figura 34. Probetas diamantinas antes del ensayo.....	32
Figura 35. Vista en 3D del Modelo Estructural	33
Figura 36. Espectro de respuesta del modelo.....	36
Figura 37. Modo fundamental de vibración del edificio con periodo 0.747 segundos ..	37
Figura 38. Ubicación de la zapata analizada en la presente tesis	40
Figura 39. Excavación de calicata.....	40
Figura 40. Calicata de zapata verificada	40
Figura 41. Vigas más cargadas en el eje X.....	44
Figura 42. Envolvente de momentos de viga más cargada en el eje X	44
Figura 43. Detalle de Viga VT-8.....	45
Figura 44. Fuerza cortante última actuante en la viga VT-8	46
Figura 45. Detalle de separación de estribos de confinamiento de la viga VT-8.....	47
Figura 46. Vigas más cargadas en el eje Y	47
Figura 47. Envolvente de momentos de la viga más cargada en el eje Y.....	48
Figura 48. Detalle de Viga VT-17	48
Figura 49. Fuerza cortante última actuante en la viga VT-17	49
Figura 50. Detalle estructural del muro de corte 1.....	50
Figura 51. Diagrama de interacción del muro de corte 1	51
Figura 52. Ubicación de la columna más cargada C-4.....	53
Figura 53. Columna C-4.....	53
Figura 54. Diagrama de interacción de columna C-4 en PCA column.....	54
Figura 55. Modelo de la columna C-4 reforzada con planchas de acero estructural A-36	55
Figura 56. Diagrama de interacción de la columna reforzada con planchas de acero estructural.....	60
Figura 57. Columnas más cargadas del primer piso	61

Figura 58. Columna 25x25 transformada.....	61
Figura 59. Vista 3D de columna C1 Transformada	61
Figura 60. Vista frontal en 3D de la propuesta 1 con algunas columnas del primer piso reforzadas.....	62
Figura 61. Planta de la ubicación de los arriostres metálicos	63
Figura 62. Elevación de los ejes B-5/7	63
Figura 63. Elevación de los ejes A -3/5.....	63
Figura 64. Vista en planta del primer piso de todas las columnas reforzadas	65
Figura 65. Vista frontal en 3D de la propuesta 2 con todas las columnas del primer piso reforzadas.....	65
Figura 66. Planta de la ubicación de los arriostres metálicos de la propuesta 2.....	66
Figura 67. Elevación de los ejes A-5/7	66
Figura 68. Elevación de los ejes B -3/5.....	66
Figura 69. Columnas reforzadas del 1er Piso	68
Figura 70. Columnas reforzadas del 2do Piso.....	68
Figura 71. Vista frontal de la propuesta 3 con las columnas del primer y segundo piso reforzadas.....	69
Figura 72. Planta de la ubicación de los arriostres	69
Figura 73. Elevación de los ejes B-5/7	70
Figura 74 .Elevación de los ejes A - 3/5.....	70
Figura 75. Como muestra la imagen el elemento más cargado es de 12.37 Tn.....	74
Figura 76. Plano Típico de refuerzo de los arriostres	75
Figura 77. Arriostre metálico colocado en el edificio entre los ejes A-3/5 (5to piso) ...	76
Figura 78. Arriostre metálico colocado en el edificio entre los ejes A-3/5 (2do piso) ..	76
Figura 79. Detalle de refuerzo de la columna C-4 con planchas de acero estructural A-36	77
Figura 80. Columna C1 reforzada del 1er piso.....	78
Figura 81. Columna C4 reforzada del 1er piso.....	78
Figura 82. Ubicación de columnas reforzadas del 1er Piso.....	78
Figura 83. Ubicación de columnas reforzadas del 2do Piso.....	79
Figura 84. Encuentro entre columna y viga.....	79