



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y
PUERTOS Y DE INGENIERÍA DE MINAS
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA**

**INFLUENCIA DEL
COMPORTAMIENTO POR
DUCTILIDAD EN EL COSTE
ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS
SOMETIDOS A LA ACCIÓN SÍSMICA**

Titulación: Máster Universitario en Ingeniería de
Caminos, Canales y Puertos

Alumna: S. María Fernández Betances

Director: Dr. Antonio Tomás Espín

Cartagena, septiembre de 2017

AGRADECIMIENTOS

A Dios, el artífice de todas las oportunidades que me han llevado a donde estoy.

Al Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología de mi país, por brindarme los recursos necesarios para estudiar en esta excelente Universidad.

A España y a la Universidad Politécnica de Cartagena, por quienes siempre me sentí acogida.

A mi asesor de tesis y profesor, D. Antonio Tomás Espín, quien me brindó no solo la oportunidad de trabajar en esta idea, si no que me ayudó a desarrollarla.

A mi familia, a quienes esto también les pertenece.

ÍNDICE

LISTA DE TABLAS	xi
LISTA DE FIGURAS	xiv
LISTA DE SÍMBOLOS	xx
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	
1.1 INTRODUCCIÓN	23
1.2 OBJETIVOS	24
1.3 ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO.....	25
1.4 MEDIOS UTILIZADOS	25
CAPÍTULO 2 ASPECTOS FUNDAMENTALES DE INGENIERÍA SÍSMICA	
2.1 INTRODUCCIÓN	26
2.3 CARACTERIZACIÓN DE LA ACCIÓN SÍSMICA Y MÉTODOS DE CÁLCULO	30
2.3.1 Acción sísmica	30
2.3.2 Métodos de cálculo	31
2.3.2.1 Estudio dinámico.....	31
2.3.2.2 El análisis mediante espectros de respuesta	31
2.3.2.3 El método simplificado de cálculo para los casos más usuales de edificación	31
2.4 DUCTILIDAD	33
CAPÍTULO 3 DUCTILIDAD EN EL DISEÑO SISMORRESISTENTE DE ESTRUCTURAS	
3.1 INTRODUCCIÓN	36
3.2 PRINCIPIOS PARA LA CONCEPCIÓN DE UN PROYECTO SISMORRESISTENTE	37
3.3 DISEÑO SÍSMICO BASADO EN CAPACIDAD.....	39
3.4 GRADOS DE DUCTILIDAD SEGÚN LA NORMATIVA SISMORRESISTENTE	40

CAPÍTULO 4 ELEMENTOS DÚCTILES SISMORRESISTENTES

4.1 INTRODUCCIÓN43

4.2 COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE ELEMENTOS PRIMARIOS DÚCTILES ...43

4.2.1 Vigas.....43

 4.2.2 Pilares43

 4.2.3 Nudos.....44

4.3 PRECEPTOS DE DETALLE Y DIMENSIONAMIENTO SEGÚN LA NCSE-0244

 4.3.1 Vigas de hormigón armado44

 4.3.2 Soportes de hormigón armado46

 4.3.3 Forjados47

4.4 PRECEPTOS DE DETALLE Y DIMENSIONAMIENTO SEGÚN LA EHE-08.....47

 4.4.1 Consideraciones relativas al Estado Límite de Agotamiento por Cortante47

 4.4.2 Detalles estructurales48

 4.4.2.1 Vigas48

 4.4.2.2 Soportes.....48

 4.4.2.3 Nudos48

CAPÍTULO 5 TIPOLOGÍA EDIFICATORIA

5.1 INTRODUCCIÓN49

5.2 PARÁMETROS DE DISEÑO.....52

 5.2.1 Normativa utilizada52

 5.2.2 Materiales y Durabilidad52

 5.2.2.1 Vida útil.....52

 5.2.2.2 Exposición ambiental53

 5.2.2.3 Tipo de hormigón adoptado53

 5.2.2.4 Acero de la armadura pasiva53

 5.2.2.5 Recubrimientos53

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL COMPORTAMIENTO POR DUCTILIDAD...

5.2.3 Estados límite, coeficientes de seguridad y combinación de acciones	54
5.2.3.1 Estados límite.....	54
5.2.3.2 Coeficientes de combinación de acciones	55
5.2.3.3 Coeficientes de seguridad de las acciones	55
5.2.4 Acciones.....	55
5.2.4.1 Acciones permanentes	55
5.2.4.2 Acciones variables.....	56
5.2.4.3 Acciones accidentales.....	57
5.3 MODELOS ESTRUCTURALES DEL EDIFICIO DE 4 NIVELES	57
5.3.1 Características geométricas.....	57
5.3.1.1 Geometría y dimensiones del edificio.....	57
5.3.1.2 Geometría y dimensiones de los elementos estructurales y de cimentación	59
5.3.2 Métodos de análisis sísmico.....	65
5.3.2.1 Método de las fuerzas estáticas equivalentes.....	65
5.3.2.2 Análisis modal espectral	69
5.4 MODELOS ESTRUCTURALES DEL EDIFICIO DE 8 NIVELES	71
5.4.1 Características geométricas.....	71
5.4.1.1 Geometría y dimensiones del edificio.....	71
5.4.1.2 Geometría y dimensiones de los elementos estructurales y de cimentación	72
5.3.2 Métodos de análisis sísmico.....	78
5.3.2.1 Método de las fuerzas estáticas equivalentes.....	78
5.4.2.2 Análisis modal espectral	80
CAPÍTULO 6 PRESUPUESTO	
6.1 INTRODUCCIÓN	80
6.2 PRESUPUESTO DE MODELO TIPO 1, EDIFICIO DE 4 NIVELES	83
6.2.1 Mediciones	83
6.2.2 Aplicación de Precios	85

6.3 PRESUPUESTO DE MODELO TIPO 2, EDIFICIO DE 4 NIVELES	87
6.3.1 Mediciones	87
6.3.2 Aplicación de Precios	89
6.4 PRESUPUESTO DE MODELO TIPO 3, EDIFICIO DE 4 NIVELES	91
6.4.1 Mediciones	91
6.4.2 Aplicación de Precios	93
6.5 PRESUPUESTO DE MODELO TIPO 4, EDIFICIO DE 4 NIVELES	95
6.5.1 Mediciones	95
6.5.2 Aplicación de Precios	97
6.6 PRESUPUESTO DE MODELO TIPO 1, EDIFICIO DE 8 NIVELES	99
6.6.1 Mediciones	99
6.6.2 Aplicación de Precios	101
6.7 PRESUPUESTO DE MODELO TIPO 2, EDIFICIO DE 8 NIVELES	103
6.7.1 Mediciones	103
6.7.2 Aplicación de Precios	105
6.8 PRESUPUESTO DE MODELO TIPO 3, EDIFICIO DE 8 NIVELES	107
6.8.1 Mediciones	107
6.8.2 Aplicación de Precios	109
6.9 PRESUPUESTO DE MODELO TIPO 4, EDIFICIO DE 8 NIVELES	111
6.9.1 Mediciones	111
6.9.2 Aplicación de Precios	113
CAPÍTULO 7 ANÁLISIS COMPARATIVO	
7.1 INTRODUCCIÓN	115
7.2 EDIFICIO DE 4 NIVELES	115
7.3 EDIFICIO DE 8 NIVELES	139

CAPÍTULO 8 CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

8.1 INTRODUCCIÓN161

8.2 RESUMEN DEL TRABAJO REALIZADO.....161

8.3 CONCLUSIONES162

8.4 TRABAJOS FUTUROS.....163

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estimación de la ocurrencia media de terremotos en la Península Ibérica	27
Tabla 2. Listado de terremotos más importantes en España	29
Tabla 3. Valores del coeficiente de respuesta β	33
Tabla 4. Características del Hormigón.....	53
Tabla 5. Características del Acero de la armadura pasiva.....	54
Tabla 6. Recubrimientos mínimos	54
Tabla 7. Coeficientes de simultaneidad.....	55
Tabla 8. Coeficientes de seguridad de acciones en ELU para situación accidental	55
Tabla 9. Valores de la carga muerta.....	56
Tabla 10. Valores de la sobrecarga de uso	57
Tabla 11. Sección de vigas para el edificio de 4 niveles.....	60
Tabla 12. Armadura de vigas del modelo M1E4 para el edificio de 4 niveles.....	60
Tabla 13. Armadura de vigas del modelo M2E4 para el edificio de 4 niveles.....	61
Tabla 14. Armadura de vigas del modelo M3E4 para el edificio de 4 niveles.....	61
Tabla 15. Armadura de vigas del modelo M4E4 para el edificio de 4 niveles.....	62
Tabla 16. Sección de pilares para el edificio de 4 niveles.....	63
Tabla 17. Armadura de pilares del modelo M1E4 para el edificio de 4 niveles.....	63
Tabla 18. Armadura de pilares del modelo M2E4 para el edificio de 4 niveles.....	64
Tabla 19. Armadura de pilares del modelo M3E4 para el edificio de 4 niveles.....	64
Tabla 20. Armadura de pilares del modelo M4E4 para el edificio de 4 niveles.....	64
Tabla 21. Dimensiones del forjado unidireccional del edificio de 4 niveles.....	65
Tabla 22. Coeficiente C según tipo de terreno	67
Tabla 23. Fuerza sísmica estática F_k por planta para el coeficiente de respuesta por ductilidad β asociado a $\mu=1$. Modelo E1E4.....	68
Tabla 24. Fuerza sísmica estática F_k por planta para el coeficiente de respuesta por ductilidad β asociado a $\mu=2$. Modelo E2E4.....	68
Tabla 25. Fuerza sísmica estática F_k por planta para el coeficiente de respuesta por ductilidad β asociado a $\mu=3$. Modelo E3E4.....	68

Tabla 26. Fuerza sísmica estática F_k por planta para el coeficiente de respuesta por ductilidad β asociado a $\mu=4$. Modelo E4E4.....	68
Tabla 27. Sección de vigas para el edificio de 8 niveles.....	73
Tabla 28. Armadura de vigas del modelo M1E8 para el edificio de 8 niveles.....	73
Tabla 29. Armadura de vigas del modelo M2E8 para el edificio de 8 niveles.....	74
Tabla 30. Armadura de vigas del modelo M3E8 para el edificio de 8 niveles.....	74
Tabla 31. Armadura de vigas del modelo M4E8 para el edificio de 8 niveles.....	75
Tabla 32. Sección de pilares para el edificio de 8 niveles.....	76
Tabla 33. Armadura de pilares del modelo M1E8 para el edificio de 8 niveles.....	76
Tabla 34. Armadura de pilares del modelo M2E8 para el edificio de 8 niveles.....	76
Tabla 35. Armadura de pilares del modelo M3E8 para el edificio de 8 niveles.....	77
Tabla 36. Armadura de pilares del modelo M4E8 para el edificio de 8 niveles.....	77
Tabla 37. Fuerza sísmica estática F_k por planta para el coeficiente de respuesta por ductilidad β asociado a $\mu=1$. Modelo E1E8.....	78
Tabla 38. Fuerza sísmica estática F_k por planta para el coeficiente de respuesta por ductilidad β asociado a $\mu=2$. Modelo E2E8.....	78
Tabla 39. Fuerza sísmica estática F_k por planta para el coeficiente de respuesta por ductilidad β asociado a $\mu=3$. Modelo E3E8.....	79
Tabla 40. Fuerza sísmica estática F_k por planta para el coeficiente de respuesta por ductilidad β asociado a $\mu=4$. Modelo E4E8.....	79
Tabla 41. Resumen de presupuesto para el edificio de 4 niveles	80
Tabla 42. Resumen de presupuesto para el edificio de 8 niveles	81
Tabla 43. Cuadro de Precios I, Vigas.....	81
Tabla 44. Cuadro de Precios I, Pilares	82
Tabla 45. Resumen de presupuesto por partida para el edificio de 4 niveles.....	117
Tabla 46. Resumen de presupuesto por partida para el edificio de 8 niveles.....	141

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Peligrosidad Sísmica en España	28
Figura 2. Espectro de respuesta elástica	30
Figura 3. Diagrama Tensión-Deformación del hormigón en masa y del hormigón armado	35
Figura 4. Disposición con geometría geométrica y mecánica de una edificación de vigas de canto.	38
Figura 5. Organización estructural que permite un valor del coeficiente de comportamiento por ductilidad $\mu=4$	41
Figura 6. Organización estructural que permite un valor del coeficiente de comportamiento por ductilidad $\mu=3$	41
Figura 7. Organización estructural que permite un valor del coeficiente de comportamiento por ductilidad $\mu=2$	42
Figura 8. Organización estructural que permite un valor del coeficiente de comportamiento por ductilidad $\mu=1$	42
Figura 9. Mecanismo de fallo por la formación de rótulas plásticas en parte superior y base de un pilar	43
Figura 10. Requisitos de vigas para ductilidad alta $\mu=3$	45
Figura 11. Requisitos de vigas para ductilidad muy alta $\mu=4$	45
Figura 12. Armado de soportes de hormigón	46
Figura 13. Requisitos de forjados para $ac \geq 0.16g$	47
Figura 14. Localización genérica de edificios en estudio	49
Figura 15. Planta genérica de los edificios en estudio	50
Figura 16. Vista 3D de los edificios de 4 niveles	51
Figura 17. Vista 3D de los edificios de 8 niveles	51
Figura 18. Edificio de 4 niveles (a) Planta (b) 3D	58
Figura 19. Edificio de 4 niveles (a) Alzado (b) Perfil.....	58
Figura 20. Planta de primeros 3 niveles del edificio de 4 niveles	59
Figura 21. Detalle de armado de la VIGA S del modelo M4E4	62
Figura 22. Detalle de armado del pilar (a) C1 y (b) C2 del modelo M4E4.....	65
Figura 23. Espectro de respuesta elástica normalizado.....	70
Figura 24. Espectro de respuesta elástica en aceleraciones. Componente horizontal	70

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL COMPORTAMIENTO POR DUCTILIDAD...

Figura 25. Edificio de 8 niveles (a) Planta (b) 3D	71
Figura 26. Edificio de 8 niveles (a) Alzado (b) Perfil.....	71
Figura 27. Planta de primeros 6 niveles del edificio de 8 niveles	72
Figura 28. Detalle de armado de la VIGA S del modelo M4E8.....	75
Figura 29. Detalle de armado del pilar (a) C1 y (b) C2 del modelo M4E8.....	78
Figura 30. Costo total de los modelos M1E4, M2E4, M3E4 y M4E4	115
Figura 31. Costo total de vigas de los modelos M1E4, M2E4, M3E4 y M4E4	116
Figura 32. Costo total de pilares de los modelos M1E4, M2E4, M3E4 y M4E4	116
Figura 33. Proporción de costo de partidas del modelo M1E4	117
Figura 34. Proporción de costo de partidas del modelo M2E4	118
Figura 35. Proporción de costo de partidas del modelo M3E4	118
Figura 36. Proporción de costo de partidas del modelo M4E4	119
Figura 37. Costo de encofrado y hormigón de vigas en los modelos M1E4, M2E4, M3E4 y M4E4	120
Figura 38. Costo de encofrado y hormigón de pilares en los modelos M1E4, M2E4, M3E4 y M4E4.....	120
Figura 39. Costo de acero de vigas de los modelos M1E4, M2E4, M3E4 y M4E4.....	121
Figura 40. (a) Acero longitudinal y (b) transversal de vigas de los modelos M1E4, M2E4, M3E4 y M4E4.....	122
Figura 41. Diagramas de momentos flectores en vigas de los modelos (a) M1E4, (b) M2E4, (c) M3E4 y (d) M4E4.....	124
Figura 42. Acero longitudinal de vigas de los modelos M1E4 y M2E4.....	125
Figura 43. Espectro de respuesta de los modelos con coeficiente de ductilidad $\mu=1$, $\mu=2$, $\mu=3$ y $\mu=4$	126
Figura 44. Acero longitudinal de vigas de los modelos (a) M3E4 y (b) M4E4	127
Figura 45. Acero longitudinal y transversal de vigas de los modelos M1E4, M2E4, M3E4 y M4E4.....	128
Figura 46. Diagramas de esfuerzos cortantes en vigas de los modelos (a) M1E4, (b) M2E4, (c) M3E4 y (d) M4E4.....	130
Figura 47. Diagramas de momentos flectores en pilares en modelos (a) M1E4, (b) M2E4, (c) M3E4 y (d) M4E4.....	134
Figura 48. Diagramas de fuerzas axiales en pilares en modelos (a) M1E4, (b) M2E4, (c) M3E4 y (d) M4E4	138

Figura 49. Comparación del costo de partidas en (a) vigas y (b) pilares de los modelos .. 138

Figura 50. Costo total de los modelos M1E8, M2E8, M3E8 y M4E8 139

Figura 51. Costo total de vigas de los modelos M1E8, M2E8, M3E8 y M4E8 140

Figura 52. Costo total de pilares de los modelos M1E8, M2E8, M3E8 y M4E8 140

Figura 53. Proporción de costo de partidas del modelo M1E8 141

Figura 54. Proporción de costo de partidas del modelo M2E8 142

Figura 55. Proporción de costo de partidas del modelo M3E8 142

Figura 56. Proporción de costo de partidas del modelo M4E8 143

Figura 57. Costo de encofrado y hormigón de vigas en los modelos M1E8, M2E8, M3E8 y M4E8
..... 144

Figura 58. Costo de encofrado y hormigón de pilares en los modelos M1E8, M2E8, M3E8 y
M4E8..... 144

Figura 59. Costo de acero de vigas de los modelos M1E8, M2E8, M3E8 y M4E8..... 145

Figura 60. (a) Acero longitudinal y (b) transversal de vigas de los modelos M1E8, M2E8, M3E8
y M4E8..... 146

Figura 61. Diagramas de esfuerzos flectores en modelos (a) M1E8, (b) M2E8, (c) M3E8 y (d)
M4E8..... 148

Figura 62. Diagramas de esfuerzos cortantes en modelos (a) M1E8, (b) M2E8, (c) M3E8 y (d)
M4E8..... 151

Figura 63. Diagramas de esfuerzos flectores en modelos (a) M1E8, (b) M2E8, (c) M3E8 y (d)
M4E8..... 155

Figura 64. Diagramas de esfuerzos axiales en modelos (a) M1E8, (b) M2E8, (c) M3E8 y (d) M4E8
..... 159

Figura 65. Comparación del costo de partidas en (a) vigas y (b) pilares de los modelos .. 160

LISTA DE SÍMBOLOS

MAYÚSCULAS ROMANAS

- $A_{E,k}$ Valor característico de la acción sísmica
- B** Dimensión de las pantallas rigidizadoras, o de los planos triangulados, en el sentido de la oscilación.
- C** Coeficiente del terreno
- F_k Fuerza sísmica equivalente
- F_{ik} Fuerza sísmica estática equivalente de cada planta
- $G_{k,j}$ Valor característico de las acciones permanentes
- $G_{k,j}^*$ Valor característico de acciones permanentes de valor no constante
- H** Altura de la edificación sobre rasante.
- K** Coeficiente de contribución
- P_k Peso correspondiente a la masa m_k de la planta k
- S** Coeficiente de amplificación del terreno
- T** Período propio del oscilador en segundos.
- T_A, T_B Periodos característicos del espectro de respuesta de valores
- T_F Periodo fundamental
- X, Y, Z** Eje de coordenadas. Variables coordenadas.

MINÚSCULAS ROMANAS

- a_b Aceleración sísmica básica
- a_c Aceleración sísmica de cálculo
- f_c Resistencia a compresión del hormigón al instante de aplicación de la carga.
- g Aceleración de la gravedad en la superficie terrestre, valor $9,81 \text{ m/s}^2$

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL COMPORTAMIENTO POR DUCTILIDAD...

s_{ik} Coeficiente sísmico adimensional correspondiente a la planta k en el modo i
 x, y, z Ejes globales de un elemento. Variables coordenadas.

MAYÚSCULAS GRIEGAS

Σ Suma
 Ω Amortiguamiento

MINÚSCULAS GRIEGAS

α Coeficiente de dilatación térmica
 $\alpha(T)$: Valor del espectro normalizado de respuesta elástica.
 β Coeficiente de respuesta. Coeficiente correspondiente al umbral inferior del espectro de cálculo horizontal.
 γ_G Coeficiente parcial de seguridad para las acciones permanentes
 γ_{G^*} Coeficiente parcial de seguridad para las acciones permanentes de valor no constantes
 γ_A Coeficiente parcial de seguridad para las acciones accidentales
 γ_Q Coeficiente parcial de seguridad para las acciones variables.
 ε_c Deformación máxima de compresión del hormigón
 ε_{cu} Deformación última del hormigón armado
 η_k El factor de distribución correspondiente a la planta k
 μ Coeficiente de comportamiento por ductilidad
 ρ Coeficiente adimensional de riesgo
 Φ_{ik} Coeficiente de forma correspondiente a la planta k en el modo i
 Ψ_0, Ψ_1, Ψ_2 Coeficientes de simultaneidad

SIGLAS/ ACRÓNIMOS

EHE-08 Instrucción de Hormigón Estructural.

NCSE-02 Norma de Construcción Sismorresistente Española

EC-08 Proyecto de Estructuras Sismorresistentes, Parte 1

CTE DB SE Código Técnico de la Edificación, Documento Básico de Seguridad Estructural.

CTE DB SE-AE Código Técnico de la Edificación, Documento Básico de Seguridad Estructural-
Acciones en la Edificación.

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 INTRODUCCIÓN

El 34 % del territorio peninsular posee una peligrosidad sísmica tal que debe considerarse el diseño sismorresistente para el proyecto y construcción de estructuras.

De acuerdo a la norma NCSE-02, la finalidad última de un diseño sismorresistente es la de evitar la pérdida de vidas humanas y reducir el daño y el coste económico que puedan ocasionar los terremotos. Para ello deben aplicarse ciertos criterios normativos que aseguren una adecuada configuración de la estructura con elementos con la resistencia suficiente para soportar la acción de las fuerzas causadas por sismos.

La mayoría de las normas sismorresistentes permiten la incursión de los elementos estructurales en el rango de respuesta plástica. Esto se debe a los altos costos asociados a diseñar una estructura que mantenga un comportamiento elástico. Las grandes dimensiones que se requerirían harían inviable la realización del proyecto.

Entonces, un buen proyecto debe tener como finalidad edificios cuyo comportamiento bajo la acción de cargas sísmicas sea dúctil, es decir, que permita que alcancen niveles de daño que no pongan en peligro la vida de los usuarios y, en último término, que no colapsen después de un terremoto bajo el peso propio de la estructura.

Al diseñar una estructura, es el proyectista quien elige el coeficiente de comportamiento por ductilidad según desee que la estructura sea de ductilidad muy alta, alta, baja o sin ductilidad.

La acción sísmica es distinta según sea el valor considerado, por lo que la estructura diseñada tendrá un coste de ejecución que será función de la ductilidad inicialmente escogida.

Con la realización de este estudio se espera conocer la influencia que tiene la elección del valor del coeficiente de comportamiento por ductilidad en el coste estructural de edificios.

La metodología utilizada para la realización del estudio consiste en el diseño de dos edificios con igual planta y distinta altura, analizados mediante el uso del programa de análisis estructural ETABS.

Para realizar el análisis se ha empleado el método de las fuerzas estáticas equivalentes y el análisis modal espectral, generando 4 modelos de cada uno de los edificios en estudio, uno por

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL COMPORTAMIENTO POR DUCTILIDAD...

cada uno de los coeficientes de ductilidad de la norma NCSE-02. La denominación y características de los modelos es la siguiente:

- Edificio M1E4: Edificio de 4 niveles diseñado con el coeficiente de comportamiento por ductilidad $\mu = 1$.
- Edificio M2E4: Edificio de 4 niveles diseñado con el coeficiente de comportamiento por ductilidad $\mu = 2$.
- Edificio M3E4: Edificio de 4 niveles diseñado con el coeficiente de comportamiento por ductilidad $\mu = 3$.
- Edificio M4E4: Edificio de 4 niveles diseñado con el coeficiente de comportamiento por ductilidad $\mu = 4$.
- Edificio M1E8: Edificio de 8 niveles diseñado con el coeficiente de comportamiento por ductilidad $\mu = 1$.
- Edificio M2E8: Edificio de 8 niveles diseñado con el coeficiente de comportamiento por ductilidad $\mu = 2$.
- Edificio M3E8: Edificio de 8 niveles diseñado con el coeficiente de comportamiento por ductilidad $\mu = 3$.
- Edificio M4E8: Edificio de 8 niveles diseñado con el coeficiente de comportamiento por ductilidad $\mu = 4$.

Para el diseño de los modelos se utiliza lo descrito en la normativa española relativo a la construcción sismorresistente de estructuras.

Luego de obtenidos los resultados de diseño, se procede a presupuestar el costo de ejecución de los distintos modelos, tomando en cuenta los costos de ejecución del acero, hormigón y encofrado de las vigas y pilares.

Por último se analiza la relación entre el costo de ejecución de los distintos modelos con el coeficiente de ductilidad adoptado al momento de diseñar.

1.2 OBJETIVOS

El objetivo general del estudio es conocer la influencia que tiene la elección del valor del coeficiente de comportamiento por ductilidad en el coste estructural de edificios.

Objetivos específicos:

- Analizar la influencia que tiene la altura del modelo con relación al costo de ejecución y el coeficiente de ductilidad de diseño.
- Analizar la influencia que tiene el valor del coeficiente de ductilidad en el costo de ejecución de las vigas.
- Analizar la influencia que tiene el valor del coeficiente de ductilidad en el costo de ejecución de los pilares.

1.3 ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se ha distribuido en los capítulos descritos a continuación:

En el *Capítulo 2* se describen aspectos fundamentales de ingeniería sísmica, donde se abarca la actividad sísmica en España, la caracterización de las acciones y los métodos de cálculo para el análisis de una estructura sometida a la acción sísmica de acuerdo a la normativa Española. Además se introduce el concepto de ductilidad

En el *Capítulo 3* se exponen los principios para la concepción de un proyecto sismorresistente, la descripción de un proyecto basado en capacidad de acuerdo a la EHE-08 y la descripción de acuerdo a la NCSE-02 de las características de las estructuras diseñadas con los distintos coeficientes de ductilidad.

En el *Capítulo 4* se presentan el comportamiento estructural de los elementos resistentes primarios y consideraciones relativas al detalle y dimensionamiento de estos elementos según la NCSE-02 y la EHE-08.

En *Capítulo 5* se describen la razón de la elección de la tipología edificatoria de los modelos, los parámetros de diseño utilizados, las características geométricas de los elementos resistentes y los métodos de análisis sísmico utilizados.

En el *Capítulo 6* se exhiben el resumen de los costos de ejecución de los 8 modelos, el cuadro de precio de las diferentes partidas y las mediciones y aplicación de precios de cada uno de los modelos.

En el *Capítulo 7* se presenta un análisis de los resultados obtenidos en los capítulos anteriores.

Por último, en el *Capítulo 8* se exponen las conclusiones que responden a los objetivos planteados en el presente capítulo además de ciertas ideas para posibles trabajos futuros.

1.4 MEDIOS UTILIZADOS

Los medios utilizados para la realización de este trabajo han sido los siguientes:

- Ordenador: Procesador Intel Celeron a 2.20GHz, 3.00 GB de RAM y disco duro de 110 GB
- Sistema operativo: Microsoft Windows 7 x32 Ultimate. Software: Microsoft Office 2013, ETABS 2015 y Autocad 2015.

Capítulo 2

ASPECTOS FUNDAMENTALES DE INGENIERÍA SÍSMICA

2.1 INTRODUCCIÓN

Las acciones accidentales son aquellas cuya probabilidad de ocurrencia es pequeña pero de gran importancia (CTE DB SE, 2006); entre ellas se encuentra el sismo.

En promedio, 10.000 personas fallecen al año debido a los terremotos, cifrándose el número de víctimas entre los años 1755 y 1990 en más de 14 millones de personas (Bozzo & Barbat, 2004). Debido a la magnitud de sus efectos, en la actualidad se realizan investigaciones dedicadas a encontrar medidas para reducir el impacto de estos eventos sobre las edificaciones.

La ingeniería sísmica se encarga del estudio de los efectos locales de los terremotos que producen daños estructurales (Martínez, 2014), tomando en cuenta la peligrosidad sísmica de una zona.

La peligrosidad sísmica es la descripción de los efectos provocados por terremotos en el suelo. Constituye la probabilidad de ocurrencia, en un periodo dado de tiempo y para cierto lugar, de un terremoto de una intensidad determinada (Bozzo & Barbat, 2004).

Estudiando los mapas de sismicidad histórica puede observarse que la probabilidad de ocurrencia de terremotos severos no está distribuida por igual en todo el planeta, sino que se concentra en zonas determinadas, que suelen estar cerca de los contornos de placas tectónicas y de los volcanes activos del planeta (Martínez, 2014).

Concentraciones densas de epicentros de terremotos coinciden con la dorsal Pacífica y la Medio-Atlántica (IGN, 2016).

En Europa, la actividad sísmica está muy extendida, siendo los países al Sur (Turquía, Grecia, la antigua Yugoslavia, Italia, España y Portugal) donde se concentra la mayor actividad y donde aparece la mayoría de víctimas fallecidas (Naeim, 2001).

A su vez, la península Ibérica se halla situada en el borde Sudoeste de la placa Euroasiática en su colisión con la placa Africana (IGN, 2016). El desplazamiento tectónico entre ambos continentes es responsable de la actividad sísmica de los países mediterráneos como España.

Como se muestra en la Tabla 1, en España han ocurrido terremotos que han liberado una gran cantidad de energía, es decir, terremotos de gran magnitud.

Según el Instituto Nacional de Estadística, en la Península pueden ocurrir sismos de gran magnitud cada 150 o 175 años y de elevada magnitud cada 25 o 30 años.

Tabla 1. Estimación de la ocurrencia media de terremotos en la Península Ibérica (IGN, 2016)

Magnitud	Ocurrencia
> 7,0	Uno cada 150 - 175 años
6,1 - 7,0	Uno cada 25 - 30 años
5,1 - 6,0*	Uno cada 10 meses
4,1 - 5,0*	Uno cada 22 días
3,1 - 4,0*	Uno cada 40 horas
2,1 - 3,0*	Uno cada 15 horas

*A partir de 1985

En la Fig.1 se exhibe el Mapa de España, marcadas de rojo oscuro las zonas de mayor probabilidad de ocurrencia de un evento sísmico. La zona de mayor coloración se encuentra al Sur de España, donde se concentran la mayor parte de terremotos descritos en la Tabla 2.

El último evento sísmico de gran envergadura ocurrido en España, el terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011 (magnitud 5,1), ocasionó la muerte de nueve personas y afectó directamente a más de 90.000 (Rodríguez, 2011). A pesar de que sólo aproximadamente un 34 % del territorio peninsular posee una peligrosidad sísmica superior al 0,04g (IGN, 2016), valor umbral para la aplicación de la Norma de Construcción Sismorresistente, es importante el estudio y aplicación de la normativa para evitar la pérdida de vidas humanas por causa de estos eventos.

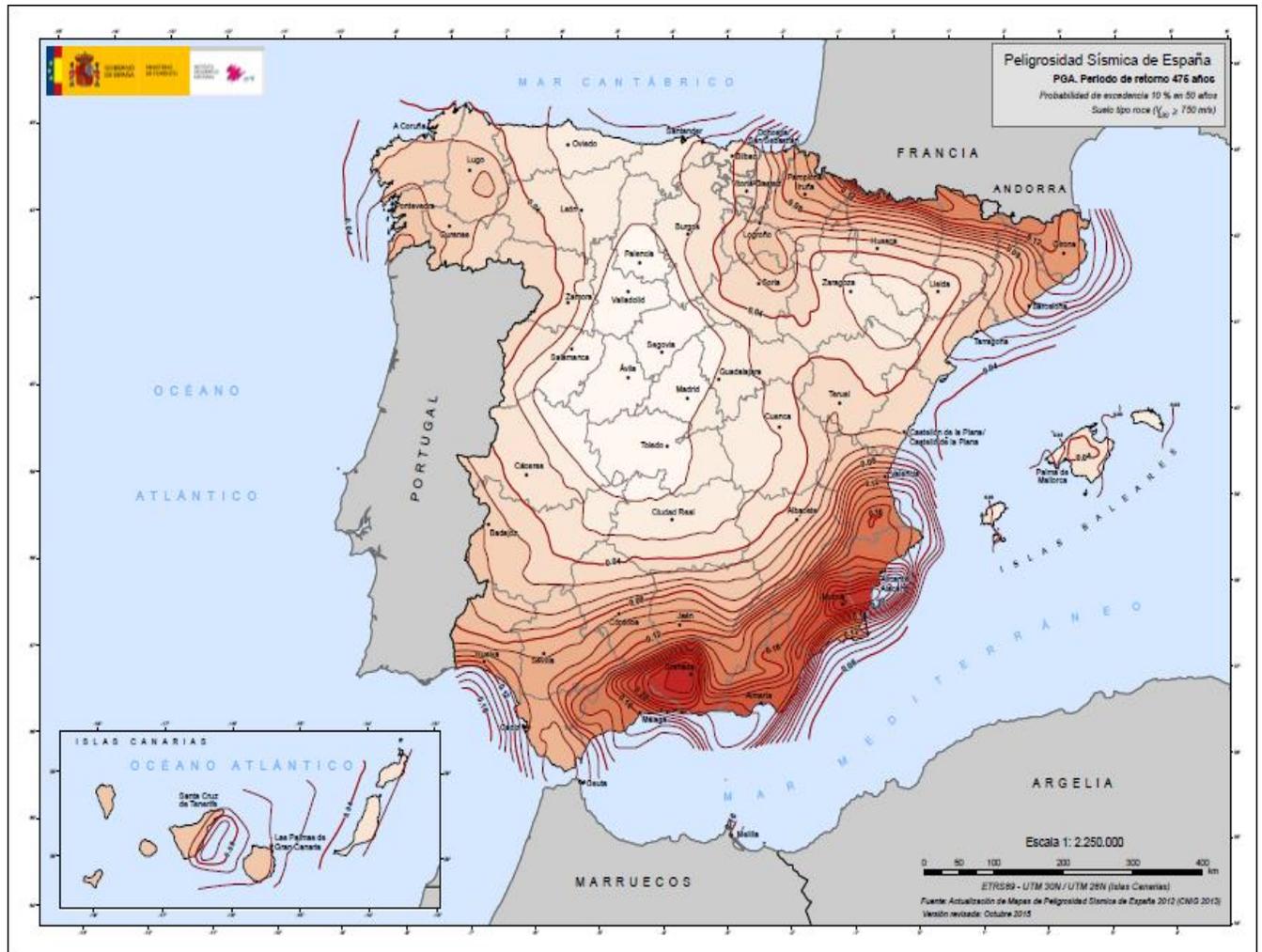


Figura 1. Mapa de peligrosidad sísmica en España (IGN, 2016)

Tabla 2. Listado de terremotos importantes en España (IGN, 2016)

Fecha	Longitud	Latitud	Fallecidos	Magnitud	Localización
1048	0°55'W	38°5'N			Orihuela (Alicante)
1169	4°0'W	38°0'N			Andújar (Jaén)
24/08/1356	10°0'W	36°30'N			SW. Cabo San Vicente
02/03/1373	0°45'E	42°30'N			Condado de Ribagorça (Huesca-Lleida)
18/12/1396	0°13'W	39°5'N		6,5	Tavernes de la Vallidigna (Valencia)
15/05/1427	2°30'E	42°12'N			Olot (Girona)
02/02/1428	2°10'E	42°21'N	800		Queralbs (Girona)
24/04/1431	3°38'W	37°8'N		6,7	Sur de Granada
26/01/1494	4°20'W	36°35'N			Sur de Málaga
05/04/1504	5°28'W	37°23'N	32	6,8	Carmona (Sevilla)
09/11/1518	1°52'W	37°14'N	165		Vera (Almería)
22/09/1522	2°40'W	36°58'N	1000	6,5	Mar de Alborán
30/09/1531	2°44'W	37°32'N	400		Baza (Granada)
19/06/1644	0°25'W	38°48'N	22		Muro de Alcoy (Alicante)
31/12/1658	2°28'W	36°50'N			Almería
09/10/1680	4°36'W	36°48'N	70	6,8	Alhaurín el Grande (Málaga)
23/03/1748	0°38'W	39°2'N	38	6,2	Estubeny (Valencia)
01/11/1755	10°0'W	36°30'N	15	8,5	SW. Cabo San Vicente
13/01/1804	3°35'W	36°5'N	2	6,7	Mar de Alborán
25/08/1804	2°50'W	36°46'N	407	6,4	Dalias (Almería)
27/10/1806	3°44'W	37°14'N	13	5,3	Pinos Puente (Granada)
21/03/1829	0°41'W	38°5'N	389	6,6	Torre Vieja (Alicante)
25/12/1884	3°59'W	37°0'N	839	6,5	Arenas del Rey (Granada)
29/03/1954	3°36'W	37°0'N		7,0	Dúrcal (Granada)
19/04/1956	3°41'W	37°11'N	11	5,0	Albolote (Granada)
28/02/1969	10°49'W	35°59'N	19	7,8	SW. Cabo San Vicente
11/05/2011	1°41'W	37°42'N	9	5,1	Lorca (Murcia)

2.3 CARACTERIZACIÓN DE LA ACCIÓN SÍSMICA Y MÉTODOS DE CÁLCULO

2.3.1 Acción sísmica

Las administraciones nacionales son las encargadas de dividir sus territorios en regiones sísmicas en función de la peligrosidad local (CEN, 2011). En España, la peligrosidad sísmica del territorio nacional se define por medio del mapa de peligrosidad sísmica de la Fig. 1. Dicho mapa suministra, expresada en relación al valor de la gravedad g , la aceleración sísmica básica a_b — que es un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno. (NCSE-02, 2002)

Los espectros de respuesta elástica representan parámetros de respuesta máxima para un movimiento sísmico determinado. Se utilizan fundamentalmente para estudiar el efecto de los terremotos sobre las estructuras.

La Norma Española de Construcción Sismorresistente, NCSE-02, establece un espectro normalizado de respuesta elástica en la superficie libre del terreno para aceleraciones horizontales, como se muestra en la Fig. 2, correspondiente a un oscilador lineal simple con un amortiguamiento de referencia del 5 % respecto al crítico.

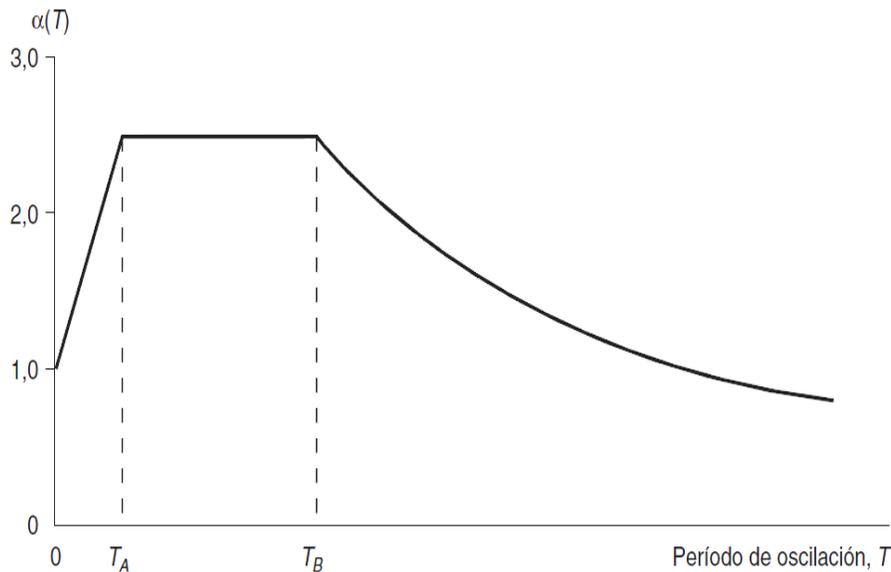


Figura 2. Espectro de respuesta elástica (NCSE-02, 2002)

El espectro de respuesta elástica para aceleraciones horizontales depende de:

- $\alpha(T)$: Valor del espectro normalizado de respuesta elástica.
- T : Período propio del oscilador en segundos.
- K : Coeficiente de contribución, referido en el mapa de peligrosidad sísmica Fig. 1.
- C : Coeficiente del terreno, que tiene en cuenta las características geotécnicas del terreno de cimentación.

El valor del espectro normalizado de respuesta elástica $\alpha(T)$ se modifica para coeficientes de amortiguamiento diferentes del 5 %.

Para considerar movimientos verticales, se debe adoptar un espectro de respuesta elástica cuyas ordenadas espectrales sean el 70 % de los valores correspondientes a las del espectro para movimientos horizontales.

2.3.2 Métodos de cálculo

La NCSE-02 considera tres procedimientos generales para el análisis de una estructura sometida a la acción sísmica:

1. Estudio dinámico
2. Análisis mediante espectros de respuesta
3. Método simplificado

2.3.2.1 Estudio dinámico

Se realiza en el dominio de la frecuencia y se basa en la combinación ponderada de las sollicitaciones provenientes de cada modo de vibración del modelo estructural. El modelo estructural deberá ser, en general, tridimensional, esto es, 6 grados de libertad (g.d.l.) por cada nudo del modelo.

2.3.2.2 El análisis mediante espectros de respuesta

Los espectros de respuesta elástica se utilizan fundamentalmente para estudiar las características del terremoto y su efecto sobre las estructuras, representando parámetros de respuesta máxima para un terremoto determinado e incluyendo varias curvas que consideran distintos factores de amortiguamiento.

En el análisis se utiliza el espectro de respuesta propuesto por la norma, el cual corresponde a un oscilador lineal simple con un amortiguamiento de referencia del 5 % respecto al crítico, y requiere la combinación ponderada de las sollicitaciones provenientes de cada modo de vibración de la estructura.

2.3.2.3 El método simplificado de cálculo para los casos más usuales de edificación

Se usa para los casos más habituales en edificación. Su análisis se realiza a partir de un sistema de fuerzas horizontales equivalente al de los terremotos, pudiendo aplicarse sólo en los edificios que cumplan las siguientes condiciones:

1. El número de plantas sobre rasante sea inferior a 20.
2. La altura del edificio sobre rasante sea inferior a 60 m.
3. Exista regularidad geométrica en planta y en alzado, sin entrantes ni salientes importantes.
4. Disponga de soportes continuos hasta cimentación, uniformemente distribuidos en planta y sin cambios bruscos en su rigidez.

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL COMPORTAMIENTO POR DUCTILIDAD...

5. Disponga de regularidad mecánica en la distribución de rigideces, resistencias y masas, de modo que los centros de gravedad y de torsión de todas las plantas estén situados, aproximadamente, en la misma vertical.
6. La excentricidad del centro de las masas que intervienen en el cálculo sísmico respecto al de torsión sea inferior al 10 % de la dimensión en planta del edificio en cada una de las direcciones principales.

Las construcciones que se analizan por el método simplificado de cálculo se deben modelar como un oscilador múltiple con un sólo g.d.l. de desplazamiento por planta.

Para el análisis deben considerarse los siguientes tres aspectos: (i) los modos de vibración; (ii) el cálculo de las fuerzas sísmicas; y (iii) el sistema de fuerzas estáticas equivalentes.

Respecto a los **modos de vibración**, el número de modos a considerar depende del período fundamental de la edificación estudiada, T_F .

El valor de esta variable se estima dependiendo del esquema estructural del edificio considerado.

Para el **cálculo de las fuerzas sísmicas**, la fuerza sísmica equivalente depende del peso correspondiente a la masa de una planta específica, de un coeficiente sísmico adimensional correspondiente a la planta en estudio y del modo de vibración estudiado en el apartado anterior.

Este coeficiente sísmico adimensional es un valor que depende de cuatro variables a calcular:

1. La aceleración sísmica de cálculo a_c : Valor de la aceleración que depende de la aceleración básica presente en el mapa de peligrosidad sísmica.
2. El factor de distribución η : Corresponde a una distribución geométrica de masas de la planta en estudio.
3. El coeficiente α : Depende del período del modo considerado en el apartado anterior y del período característico del espectro de respuesta utilizado.
4. Coeficiente de respuesta β : Relación entre el factor que modifica el espectro de respuesta según el amortiguamiento considerado y el coeficiente μ de comportamiento por ductilidad.

El proyectista es quien debe elegir el coeficiente de comportamiento por ductilidad para cada modelo de cálculo según desee que la estructura sea de ductilidad muy alta, alta, baja o sin ductilidad. Los valores del coeficiente β se pueden consultar en la Tabla 3.

Tabla 3. Valores del coeficiente de respuesta β (NCSE-02, 2002)

Tipo de estructura	Compartimentación de las plantas	Ω (%)	Coeficiente de comportamiento			
			por ductilidad			Sin ductilidad ($\mu = 1$)
			$\mu = 4$	$\mu = 3$	$\mu = 2$	
Hormigón armado o acero laminado	Diáfana	4	0,27	0,36	0,55	1,09
	Compartimentada	5	0,25	0,33	0,50	1,00
Muros y tipos similares	Compartimentada	6	-	-	0,46	0,93

Por último, las *fuerzas estáticas equivalentes* F_k constituyen el sistema equivalente de acciones sísmicas de cálculo que permite proceder al análisis completo de la estructura estudiada para la dirección considerada. Este sistema equivalente se obtiene a partir de las fuerzas F_{ik} de cada planta.

El cálculo del sistema implica obtener los cortantes de cada planta para los distintos modos de vibración a los que está sometida la estructura. Las fuerzas estáticas equivalentes del sistema se reparten entre los elementos resistentes debiendo satisfacerse una condición de equilibrio en la planta considerada. Para cada elemento resistente, la fuerza horizontal depende de la rigidez del elemento en la dirección de la fuerza considerada.

2.4 DUCTILIDAD

La ductilidad es la capacidad que tienen las estructuras, sus componentes o los materiales que las constituyen, de deformarse hasta el límite plástico manteniendo su capacidad mecánica y de acumular energía durante los ciclos de carga (histéresis) (Barbat, Vielma, & Oller, 2011).

Para que las estructuras de hormigón armado tengan un buen comportamiento ante acciones sísmicas, es necesario que posean cierta ductilidad.

Así, los edificios que presentan un buen desempeño sísmico se caracterizan por tener la capacidad de evitar el desarrollo de fallos frágiles, los cuales implican una pérdida súbita y completa de la resistencia de una sección, elemento o estructura, en el momento en el que se produce un incremento del desplazamiento.

En este apartado se trata la ductilidad del hormigón armado exponiendo las características de sus componentes principales: el hormigón y el acero. El hormigón es un material heterogéneo y con un comportamiento complejo. Se refuerza disponiendo barras de acero en las zonas donde

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL COMPORTAMIENTO POR DUCTILIDAD...

está sometido a tracción. Tiene la ventaja frente a otros materiales constructivos de poder adaptarse a la forma del molde en que se vierte.

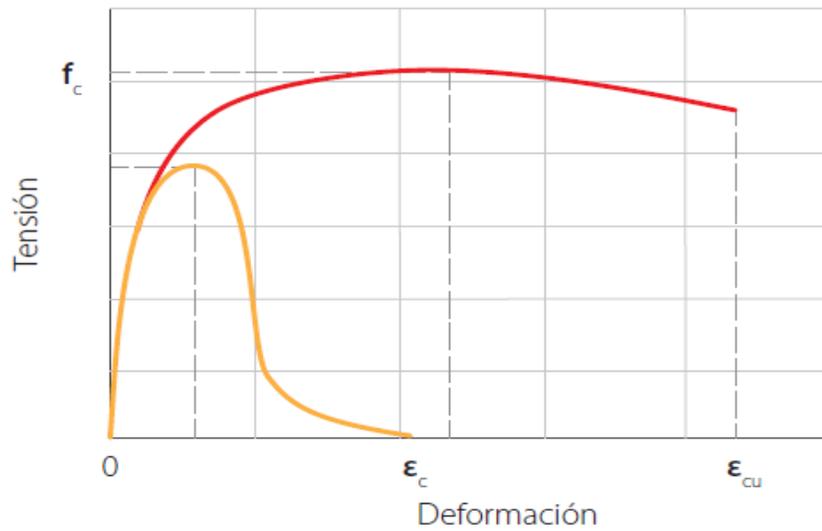
Comparado con el hormigón, el acero es un material de elevada resistencia. Resiste hasta diez veces más a compresión que el hormigón y hasta cien veces más a tracción. Siendo el acero un material más costoso que el hormigón, la forma óptima de utilizarlos a ambos es combinarlos de manera que el acero trabaje sólo donde el hormigón no puede.

El comportamiento del hormigón es el de un material frágil. Por su parte el acero tiene la capacidad de deformarse plásticamente sin que disminuya su resistencia antes de alcanzar la rotura. Así, en el hormigón armado el acero es el encargado de proveer de ductilidad a los elementos.

La capacidad dúctil de las secciones resistentes a momentos se basa en un adecuado confinamiento del hormigón (CELSA, 2003).

El confinamiento del hormigón hace que éste aumente la resistencia a compresión considerada en el diseño, lo cual incrementa la reserva de resistencia del elemento (Barbat, Vielma, & Oller, 2011). Esto se debe a que cuando se aplica una carga sobre un elemento, por efecto Poisson éste se expande en sentido transversal. Cuando el elemento se confina, la armadura también se expande y como respuesta hace una fuerza de compresión sobre el hormigón, provocando ese aumento de resistencia.

En la Fig. 3 se muestran las curvas tensión-deformación del hormigón confinado y no confinado. En la curva de color amarillo puede observarse la fragilidad del hormigón una vez alcanzada su máxima resistencia. En la de rojo se advierte cómo el hormigón armado y confinado dispone de una mayor resistencia y de una mayor ductilidad en comparación con el hormigón no armado.



f_c : Tensión máxima a compresión del hormigón.

ϵ_c : Deformación del hormigón para la tensión máxima de compresión.

ϵ_{cu} : Deformación última del hormigón armado.

Figura 3. Diagrama tensión-deformación del hormigón en masa y armado (Barbat, Vielma & Oller, 2011)

Capítulo 3

DUCTILIDAD EN EL DISEÑO SISMORRESISTENTE DE ESTRUCTURAS

3.1 INTRODUCCIÓN

Las estructuras en su vida útil pueden ser sometidas a acciones sísmicas importantes; para su diseño se acepta una respuesta dúctil no lineal, con el fin de evitar el colapso de la estructura y salvaguardar las vidas de los ocupantes de la misma.

El rol principal del análisis dinámico estructural en el contexto de ingeniería sísmica, es el cálculo de una estructura frente a un movimiento telúrico. Se hace para verificar la seguridad de una estructura frente al sismo y para dimensionar elementos estructurales que funcionen correctamente.

Las normativas y códigos que rigen el diseño sísmico de edificaciones buscan la protección de la vida humana, previniendo el colapso local o global de la estructura frente a un evento sísmico. Para eventos de mayor envergadura, se busca no producir daños ni limitaciones de uso asociadas, cuyos costes son mayores en comparación con el coste de la propia estructura.

A fin de satisfacer los requisitos fundamentales expuestos se deben comprobar los siguientes estados límite (CEN, 2011):

1. Estados límite últimos
2. Estados de limitación de daños

Los **estados límite últimos** son los asociados con el colapso o con otras formas de rotura estructural que podrían poner en peligro la seguridad de las personas. Para este estado se debe comprobar que el sistema estructural tiene la resistencia y capacidad de disipación de energía.

La resistencia y capacidad de disipación de energía a asignar a la estructura están relacionadas con el grado de aprovechamiento de su respuesta no lineal.

Los **estados de limitación de daños** son aquellos asociados con la aparición de daños, a partir de los cuales ya no se cumplen los requisitos de servicio especificados.

En estructuras importantes para la protección civil, se debe comprobar el sistema estructural para asegurar que posee la suficiente resistencia y rigidez a fin de mantener la función de los servicios vitales de las instalaciones ante un sismo asociado a un periodo de retorno apropiado.

La mayoría de las normas sismorresistentes permiten la incursión de los elementos estructurales en el rango de respuesta plástica (**estados límite últimos**). Esto se debe a los altos

costos asociados a diseñar una estructura que mantenga un comportamiento elástico. Las grandes dimensiones que se requerirían harían inviable la realización del proyecto.

Los edificios de importancia especial, aquellos cuya destrucción por el terremoto pueda interrumpir un servicio imprescindible o dar lugar a efectos catastróficos, se proyectan, con el fin de protegerlos, sin que se admitan daños sísmicos de sus componentes estructurales (CEN, 2011).

Entonces, un buen proyecto debe tener como finalidad edificios cuyo comportamiento bajo la acción de cargas sísmicas sea dúctil, que alcancen niveles de daño que no pongan en peligro la vida de los usuarios y, en último término, que no colapsen después de un terremoto bajo el peso propio de la estructura.

3.2 PRINCIPIOS PARA LA CONCEPCIÓN DE UN PROYECTO SISMORRESISTENTE

Para la concepción de un diseño resistente debe realizarse un análisis adecuado de la estructura a fin de diseñar elementos que soporten los movimientos telúricos de forma satisfactoria. Antes debe proyectarse una estructura que tenga buen comportamiento frente a este tipo de acciones, con el propósito de evitar sobredimensionamientos de elementos y mal comportamiento estructural.

Para ello, la normativa sismorresistente detalla seis aspectos a tener en cuenta en el momento de proyectar una estructura que estará sometida a cargas sísmicas en su vida útil: (i) simplicidad estructural; (ii) uniformidad, simetría y redundancia en la forma de la edificación; (iii) juntas entre construcciones; (iv) resistencia y rigidez; (v) acción de diafragma a nivel de cada planta y (vi) cimentación adecuada.

Respecto a la *simplicidad estructural*, en la medida de lo posible, las estructuras deben tener formas sencillas y regulares, tanto en planta como en alzado (CEN, 2011) dado que el modelado, análisis, dimensionamiento, detalle constructivo y construcción de las estructuras sencillas están sometidos a menos incertidumbres. Esto hace que la predicción de su comportamiento sísmico sea mucho más fiable.

Para la *uniformidad, simetría y redundancia en la forma de la edificación*, debe tomarse en cuenta que para un buen comportamiento sísmico, una estructura debe tener una disposición geométrica regular y uniforme tanto en planta como en alzado, como se presenta en la Fig. 4.

En planta debe existir una composición con dos ejes de simetría ortogonales que permita una transmisión corta y directa de las fuerzas de inercia creadas en las masas distribuidas del edificio.

En alzado debe procurarse evitar las transiciones bruscas de forma o rigidez entre un piso y el siguiente (NCSE-02, 2002), dado que esto tiende a eliminar la existencia de zonas sensibles en las que la concentración de tensiones o de grandes demandas de ductilidad pueda causar prematuramente el colapso.

Además, debe intentarse el uso de elementos estructurales distribuidos regularmente incrementando la redundancia, ya que esto permite una redistribución más favorable de los efectos de las acciones y una disipación de energía repartida por toda la estructura (CEN, 2011).

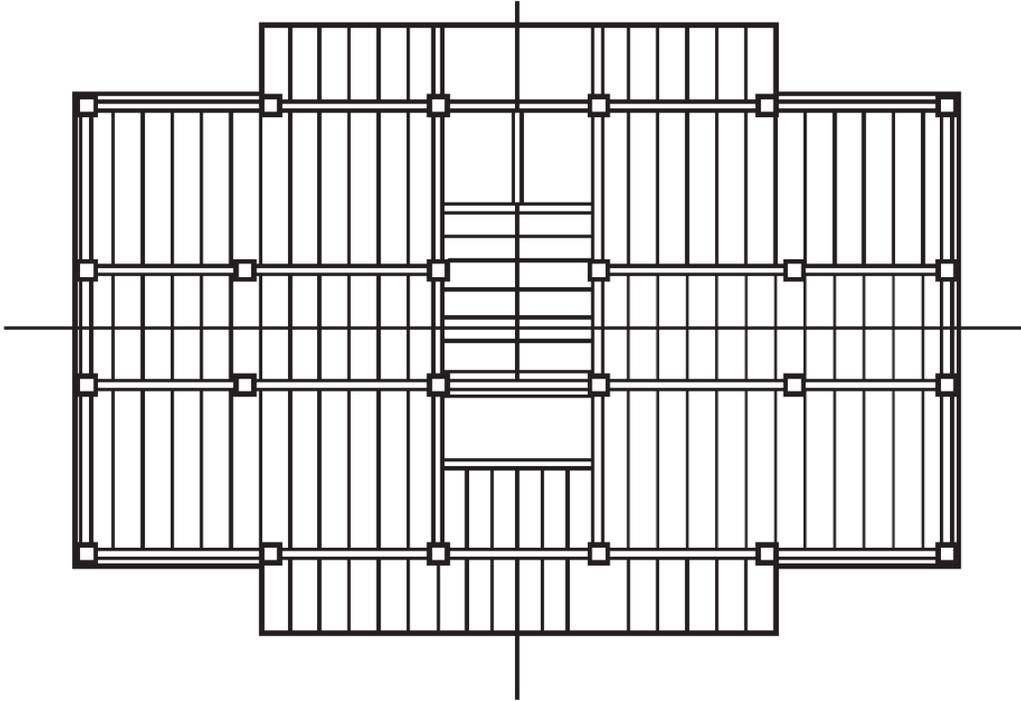


Figura 4. Disposición con geometría geométrica y mecánica de una edificación de vigas de canto (NCSE-02, 2002)

Con relación a las *juntas entre construcciones*, si no es posible hacerlo de la manera convencional, la uniformidad en una edificación puede lograrse dividiendo el edificio completo en unidades dinámicamente independientes mediante juntas sísmicas.

Estas juntas deben dimensionarse para evitar el choque entre las unidades individuales. Así, las juntas entre cuerpos de edificios deben ser planos preferentemente verticales y con una anchura de, al menos, la suma de los desplazamientos laterales máximos de las dos unidades (NCSE-02, 2002).

A su vez, toda construcción debe separarse de las lindes edificables de propiedades adyacentes y en toda su altura para evitar el choque con las estructuras contiguas durante los movimientos telúricos.

Sobre la *resistencia y rigidez*, dado que el movimiento sísmico horizontal es un fenómeno bidireccional, la estructura del edificio debe ser capaz de resistir las acciones horizontales en cualquier dirección (CEN, 2011).

Por consiguiente, los elementos estructurales deben disponerse siguiendo un patrón estructural ortogonal en planta, asegurando similares características de resistencia y rigidez en las dos direcciones principales. Esto no es solo para minimizar los efectos de la acción sísmica, sino también, para limitar el desarrollo de desplazamientos excesivos que pudieran conducir a inestabilidades o a grandes daños.

Asimismo, las estructuras de los edificios deben poseer una adecuada resistencia y rigidez a torsión, a fin de limitar el desarrollo de movimientos de torsión que tiendan a tensionar de manera no uniforme los diferentes elementos estructurales (CEN, 2011). Con respecto a esto, se debe procurar que los principales elementos resistentes a la acción sísmica se distribuyan cerca de la periferia del edificio.

En cuanto a la configuración en alzado, debe buscarse una variación gradual de rigideces a lo largo de la altura.

Respecto a la *acción de diafragma a nivel de cada planta*, en los edificios los forjados, incluyendo la cubierta, juegan un papel importante en el comportamiento sísmico global de una estructura. Los sistemas de forjados y la cubierta deben dotarse de rigidez y resistencia en su plano, así como de una unión eficaz a los sistemas estructurales verticales. (CEN, 2011)

Esto se debe a que los forjados actúan como diafragmas horizontales que recogen y transmiten las fuerzas de inercia a los sistemas estructurales verticales asegurando que actúen conjuntamente para resistir la acción sísmica horizontal.

Por último, para la *cimentación adecuada*, se debe asegurar una excitación sísmica uniforme a todo el edificio. Esto se consigue evitando la coexistencia, en una misma unidad estructural, de sistemas de cimentación superficiales y profundos, por ejemplo, de zapatas o losas con los pozos o pilotes (NCSE-02, 2002).

3.3 DISEÑO SÍSMICO BASADO EN CAPACIDAD

La EHE-08, en el anejo 10, expresa que el nivel de ductilidad de una estructura depende del uso de detalles estructurales y constructivos que garanticen un confinamiento adecuado del hormigón en las zonas en las que se espera la formación de rótulas plásticas, que evite el pandeo de las armaduras longitudinales en la zona de compresión y que potencie la rotura dúctil de las secciones críticas.

Así, en las zonas de alta actividad sísmica, se recomienda el uso de la filosofía de “Proyecto basado en capacidad” mediante el cual se controla el modo de rotura de la estructura. Esto lo hace asegurando una rotura dúctil en las zonas críticas de la estructura y evitando su aparición en zonas con modos de rotura frágiles como las que suelen suceder con fallos por cortante, torsión, esfuerzos axiales de compresión, entre otros.

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL COMPORTAMIENTO POR DUCTILIDAD...

El criterio de proyecto basado en capacidad tiene como fin impedir la transformación de la estructura en un mecanismo de forma prematura, produciendo el colapso de la misma.

Un proyecto basado en capacidad debe evitar (EHE-08, 2008):

1. La rotura por compresión en secciones de hormigón sin plastificación de las armaduras de tracción.
2. La rotura por cortante o torsión primaria.
3. La rotura de uniones entre elementos o nudos en pórticos de nudos rígidos.
4. La plastificación de las cimentaciones o cualquier elemento que deba permanecer en rango elástico.
5. Los fallos por pandeo.
6. La concentración de rótulas plásticas en un mismo piso de una estructura en altura.

3.4 GRADOS DE DUCTILIDAD SEGÚN LA NORMATIVA SISMORRESISTENTE

Los edificios sismorresistentes de hormigón se deben dimensionar de forma que presenten una capacidad de disipación de energía y un comportamiento dúctil global. Esto se asegura extendiendo la demanda de ductilidad sobre un gran número de elementos y localizaciones lo cual se consigue aplicando el concepto de proyecto por capacidad de manera eficiente (CEN, 2011).

La Norma Española de Construcción Sismorresistente, NCSE-02, clasifica el grado de ductilidad de una edificación en base a su organización, material que la componen y detalles constructivos.

Esta posee cuatro coeficientes de comportamiento por ductilidad que dependen del grado de ductilidad que presenta la edificación, como se representa en las Fig. 5, 6, 7 y 8:

1. Clase 4: Se refiere a una edificación que posee un grado de ductilidad muy alto.
2. Clase 3: Se refiere a una edificación que posee un grado de ductilidad alto.
3. Clase 2: Se refiere a una edificación que posee un grado de ductilidad bajo.
4. Clase 1: Se refiere a una edificación que carece de ductilidad.

En este caso, es el proyectista quien elegirá el coeficiente de comportamiento por ductilidad para cada modelo de cálculo u organización estructural dentro de las limitaciones correspondientes y en función de la organización estructural y de los materiales empleados, disponiendo los detalles estructurales establecidos que garanticen la ductilidad adoptada.

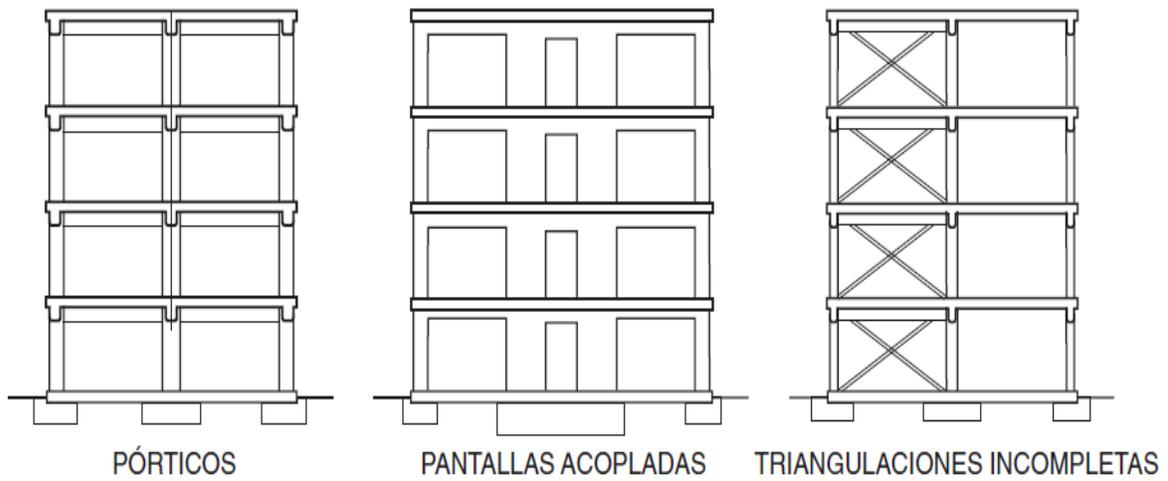


Figura 5. Organización estructural que permite un valor del coeficiente de comportamiento por ductilidad $\mu = 4$ (NCSE-02, 2002)

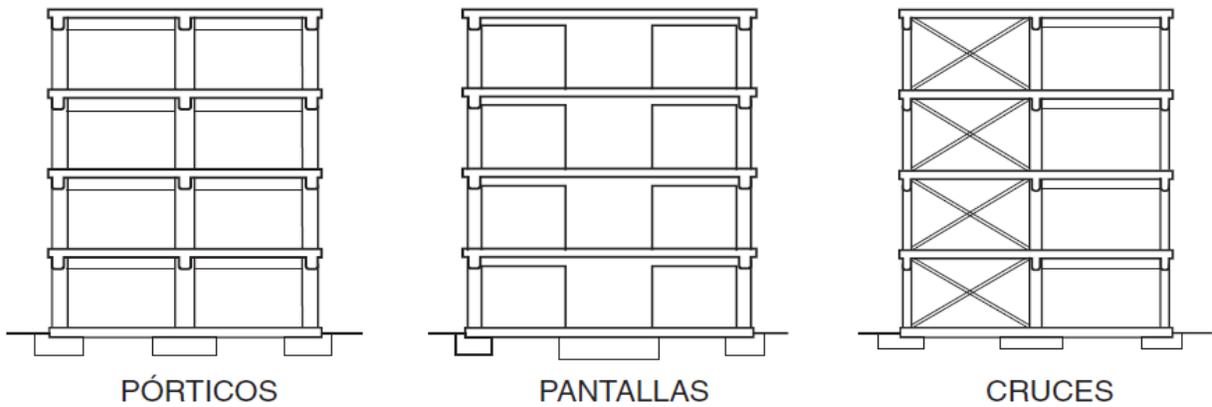


Figura 6. Organización estructural que permite un valor del coeficiente de comportamiento por ductilidad $\mu = 3$ (NCSE-02, 2002)

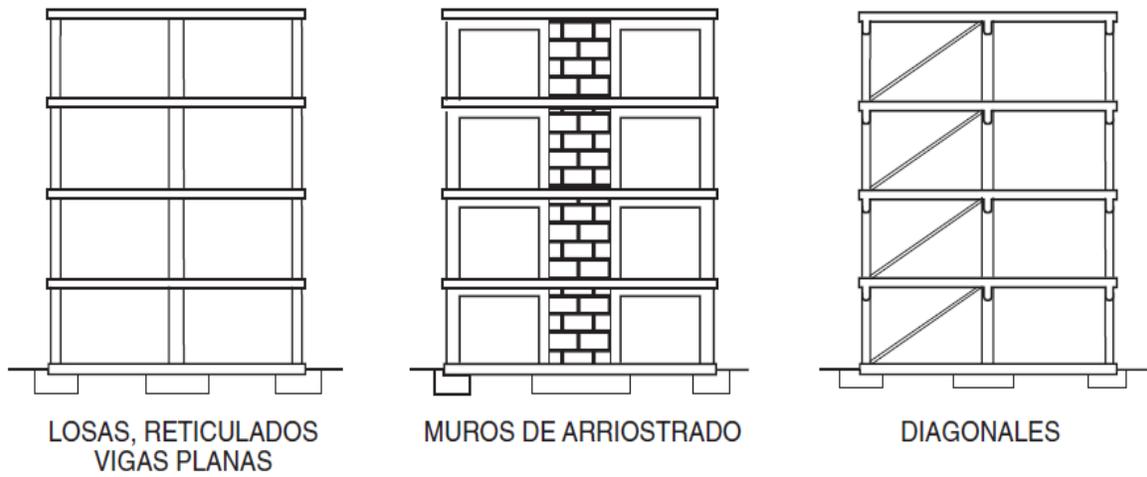


Figura 7. Organización estructural que permite un valor del coeficiente de comportamiento por ductilidad $\mu = 2$ (NCSE-02, 2002)

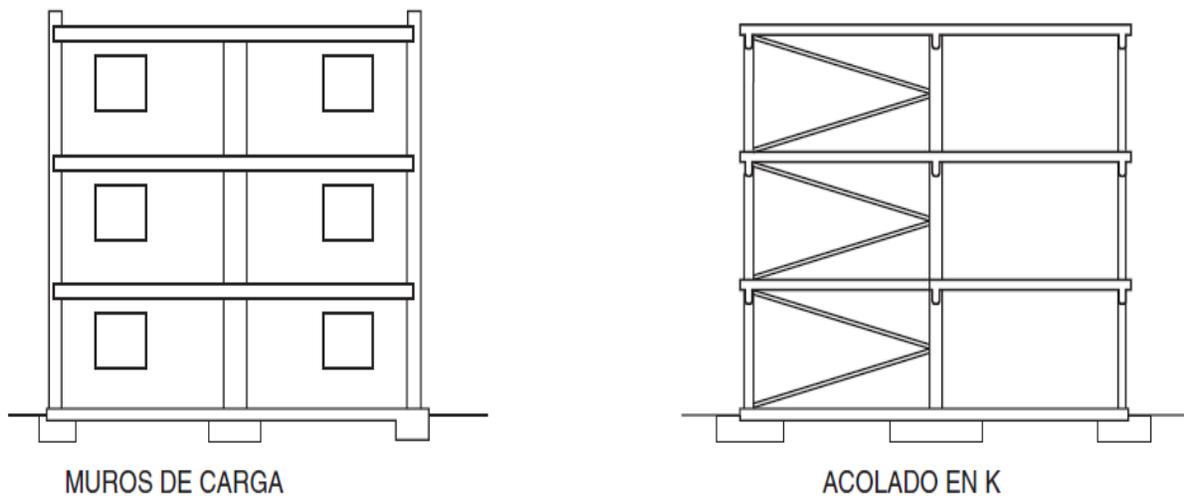


Figura 8. Organización estructural que permite un valor del coeficiente de comportamiento por ductilidad $\mu = 1$ (NCSE-02, 2002)

El dimensionado y detalle adoptado debe asegurar la formación de mecanismos estables con capacidad de disipación de energía mediante histéresis, repartidos homogéneamente por toda la estructura.

Capítulo 4

ELEMENTOS DÚCTILES SISMORRESISTENTES

4.1 INTRODUCCIÓN

Una edificación está compuesta por elementos resistentes y no resistentes. Los elementos estructurales que son parte del sistema resistente y se oponen a la acción sísmica son los llamados elementos sísmicos primarios (CEN, 2011). Estos realizan su función dado que son proyectados, modelados, analizados y detallados para ello.

Por otra parte, los elementos sísmicos secundarios son elementos estructurales que no se consideran como parte del sistema resistente a la acción sísmica y cuya resistencia y rigidez ante las acciones sísmicas se desprecia (CEN, 2011).

En este apartado se caracterizan los detalles de elementos sísmicos primarios según la Norma de Construcción Sismorresistente Española, NCSE-02, y la Instrucción de Hormigón Estructural, EHE-08, todo ello para edificaciones de hormigón armado.

4.2 COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE ELEMENTOS PRIMARIOS DÚCTILES

4.2.1 Vigas

En un sistema estructural aporricado las vigas se encargan de transmitir las cargas de los forjados a los pilares y de arriostrar los extremos de los mismos para limitar el desplome de la estructura. La alta resistencia en estos elementos conduce a niveles bajos de ductilidad por lo que en zonas sísmicas, deben ser diseñadas de manera cuidadosa.

4.2.2 Pilares

El dimensionamiento y detallado de los pilares según la normativa sismorresistente busca que la capacidad a flexión de los mismos sea superior a la demanda. También busca evitar la formación simultánea de rótulas plásticas en su parte superior y en su base, como ocurre en la Fig. 9, para impedir la formación de un mecanismo ante la acción de las fuerzas horizontales.

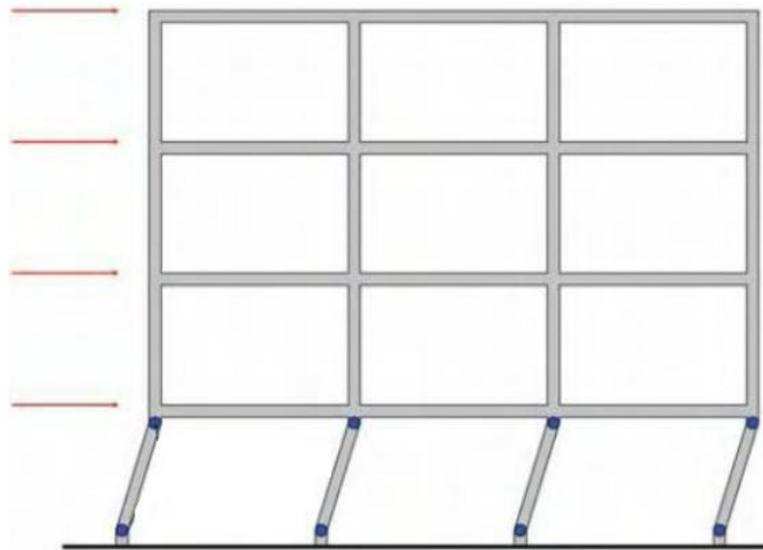


Figura 9. Mecanismo de fallo por la formación de rótulas plásticas en parte superior y base de un pilar (Barbat, Vielma, & Oller, 2011)

4.2.3 Nudos

El diseño de los nudos debe realizarse de forma concienzuda dada su función de transmitir las cargas desde las vigas hacia los pilares.

El diseño sismorresistente de edificaciones busca obtener nudos cuyo comportamiento se mantenga en el rango elástico, sin detrimento del comportamiento de los pilares y las vigas adyacentes.

4.3 PRECEPTOS DE DETALLE Y DIMENSIONAMIENTO SEGÚN LA NCSE-02

La norma española para la construcción de edificaciones sismorresistentes NCSE-02, plantea una serie de requisitos que deben cumplir las estructuras de hormigón armado con coeficientes de ductilidad alta, $\mu=3$ y muy alta, $\mu=4$.

4.3.1 Vigas de hormigón armado

En este apartado la NCSE-02 describe ciertas características con respecto al dimensionamiento y armado de las vigas.

Se debe especificar las dimensiones de la viga en base a mínimos que debe cumplir el descuelgue de esta bajo el forjado. Sobre la armadura en la cara superior e inferior de la viga, impone valores de cuantía máxima y mínima, además de condiciones a cumplir del anclaje del armado; características que se describen en las Fig. 10 y 11.

También impone el cumplimiento de ciertos preceptos sobre los cercos en las zonas extremas de las vigas y la comprobación de las bielas en la diagonal de los nudos.

Para coeficientes de ductilidad muy altos, expone especificaciones para que no ocurra la inversión de momentos en los extremos de las vigas.

Además, para cualquier coeficiente de ductilidad, si la aceleración sísmica de cálculo a_c es mayor o igual a 0,16g, impone unos valores mínimos para la armadura longitudinal y para los cercos.

La NCSE-02 expone condiciones particulares que deben cumplirse en las vigas con la armadura superior e inferior, con los estribos y con la inversión de momentos en los extremos de estas. Para cada una de las condiciones marca las disposiciones de armado correspondientes.

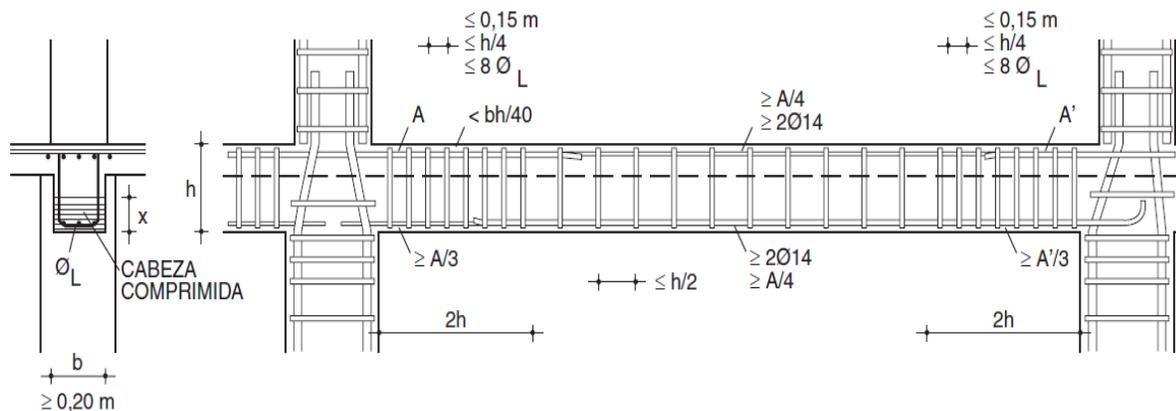


Figura 10. Requisitos de vigas para ductilidad alta $\mu = 3$ (NCSE-02, 2002)

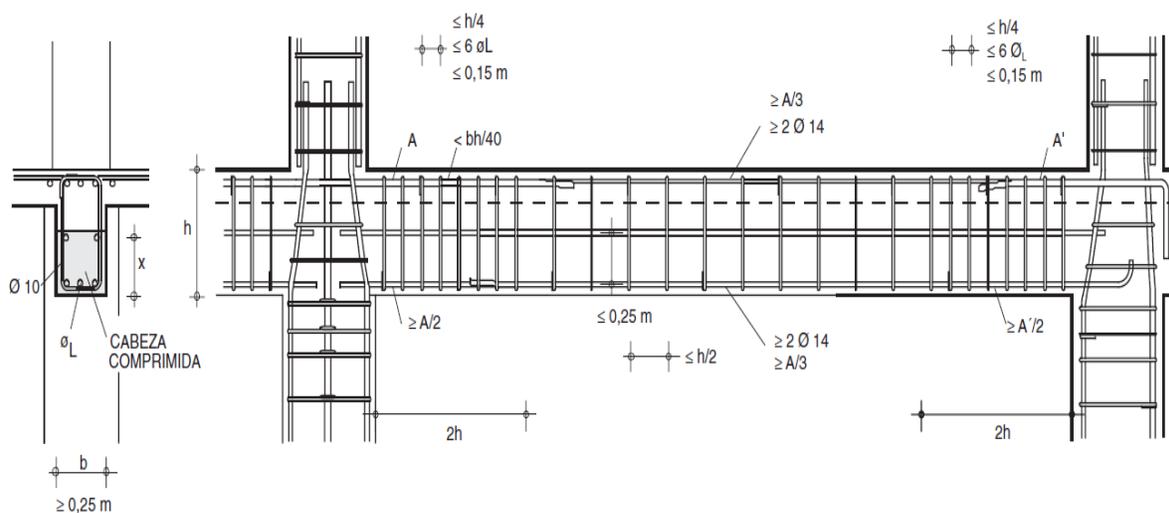


Figura 11. Requisitos de vigas para ductilidad muy alta $\mu = 4$ (NCSE-02, 2002)

4.3.2 Soportes de hormigón armado

La NCSE-02 impone reglas generales para soportes de estructuras ubicadas en zonas con aceleraciones sísmicas de cálculo comprendidas entre $0,12g$ y $0,16g$.

Para estos casos asigna unas dimensiones mínimas de la sección del soporte, intervalo de armado longitudinal permitido y una disposición de cercos específica para zonas extremas de soportes.

Asimismo, para todo soporte, sea cual sea la aceleración sísmica de cálculo, deben respetarse unas reglas particulares concerniente a los nudos de arranque, intermedios y superiores. Estas reglas regulan la armadura longitudinal, los estribos y los solapes de estos elementos, como se exhibe en la Fig. 12.

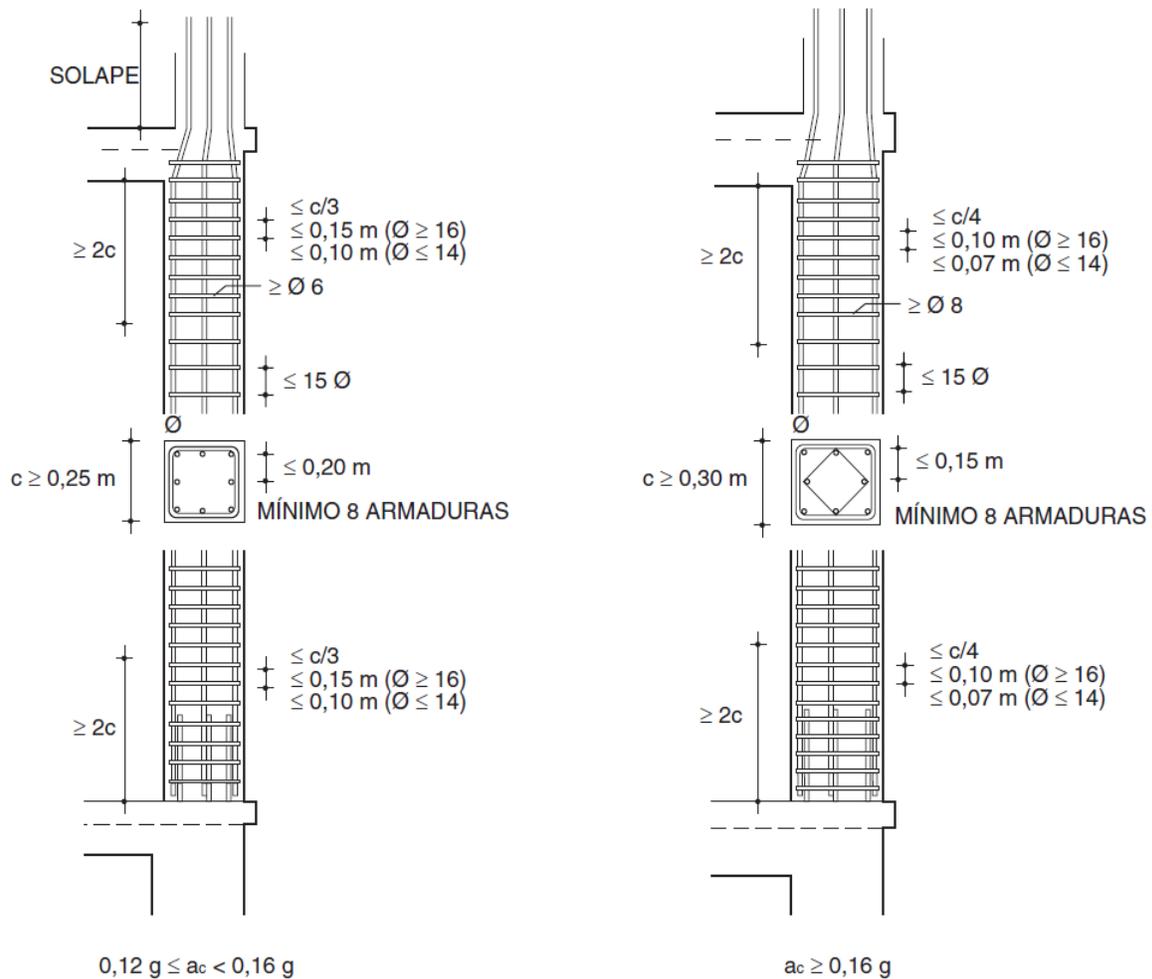


Figura 12. Armado de soportes de hormigón (NCSE-02, 2009)

4.3.3 Forjados

En lo concerniente a los forjados, la NCSE-02 reglamenta la distribución de su armado y da disposiciones especiales relativas a los nudos interiores de soportes y vigas que convergen en ellos; disposiciones que se muestran en la Fig. 13.

Conjuntamente, expone ciertas recomendaciones para zonas cuya aceleración sísmica de cálculo sea superior a $0,16g$.

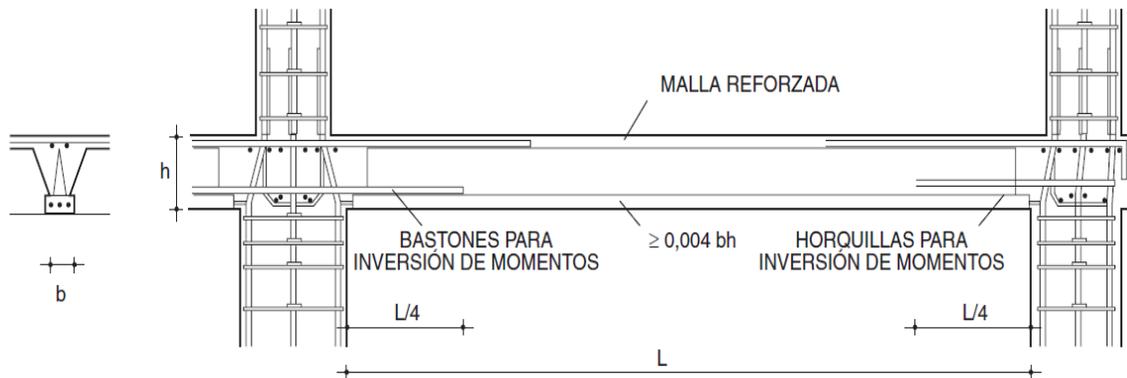


Figura 13. Requisitos de forjados para $a_c \geq 0,16g$ (NCSE-02, 2002)

4.4 PRECEPTOS DE DETALLE Y DIMENSIONAMIENTO SEGÚN LA EHE-08

La Instrucción EHE-08 establece ciertos requisitos para estructuras sismorresistentes en general y para elementos tales como vigas, soportes y uniones, determinando detalles constructivos para coeficientes de ductilidad alta y muy alta.

A su vez, la EHE-08 expone requerimientos que deben cumplir tanto el acero como el hormigón a utilizar en construcciones sismorresistentes. Entre ellos, limita el uso del acero a barras soldables corrugadas de alta ductilidad (SD) y el uso de hormigones de alta resistencia.

4.4.1 Consideraciones relativas al Estado Límite de Agotamiento por Cortante

La instrucción EHE-08 establece, al igual que la Normativa Española de Construcción Sismorresistente, que debe diseñarse en base al concepto de “Proyecto por capacidad”. A este respecto expone medidas sobre:

1. Esfuerzo cortante
2. Momentos flectores en soportes
3. Esfuerzo cortante en soportes

Según la Instrucción, el *esfuerzo cortante de cálculo* se calculará en base a los momentos resistentes de las secciones extremas de la viga en estudio.

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL COMPORTAMIENTO POR DUCTILIDAD...

Con respecto a los *momentos flectores en soportes*, en las uniones viga-columna las rótulas plásticas deben formarse en las vigas.

Por último, en relación al *esfuerzo cortante en soportes*, se impone que los soportes rompan por flexión y no por cortante.

4.4.2 Detalles estructurales

4.4.2.1 Vigas

En general, la Instrucción EHE-08 acota el valor del esfuerzo de axil de compresión, las dimensiones de la viga en estudio y provee ciertas consideraciones al respecto del anclaje y el solapo.

Además expone ciertos parámetros para identificar la longitud de las zonas críticas.

Para edificaciones con coeficiente de ductilidad alta y muy alta, la Instrucción impone medidas a tomar en cuenta con respecto al descuelgue de la viga con respecto a la losa, a la armadura longitudinal y transversal y a la disposición de armadura de compresión y cercos en las zonas críticas.

4.4.2.2 Soportes

La instrucción EHE-08, delimita el valor del esfuerzo axil de compresión de cálculo reducido y del esfuerzo axil de cálculo, las dimensiones del soporte en estudio y provee ciertas consideraciones al respecto del anclaje y el solapo.

La Instrucción también expone ciertos parámetros para identificar la longitud de las zonas críticas. Además delimita la longitud máxima de las rótulas plásticas y reglamenta la cuantía mínima de la armadura longitudinal y transversal, considerando aspectos con respecto a su armado.

Para edificaciones con coeficiente de ductilidad alta y muy alta, la Instrucción impone medidas a tomar en cuenta con respecto a la sección mínima del soporte, a la armadura longitudinal y transversal y a la disposición de armadura de compresión y cercos en las zonas críticas.

4.4.2.3 Nudos

A este respecto la Instrucción explica que la comprobación de los nudos debe hacerse con un modelo de bielas y tirantes. Asimismo expone disposiciones específicas con respecto a la armadura transversal de estos elementos.

Capítulo 5

TIPOLOGÍA EDIFICATORIA

5.1 INTRODUCCIÓN

Al momento de diseñar una estructura en una zona sísmica, el estructuralista debe elegir el comportamiento por ductilidad que desarrollaría la estructura de ser sometida a la acción sísmica, adoptando un coeficiente de ductilidad del cual depende el diseño de los elementos constructivos.

El presente estudio, realizado como requisito para optar por el título "Master en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos" de la Universidad Politécnica de Cartagena, UPCT, versa sobre la influencia del comportamiento por ductilidad en el coste estructural de edificios sometidos a la acción sísmica.

La zona de estudio elegida es la región de Murcia, específicamente Lorca, donde el 11 de mayo del 2011 aconteció el mayor sismo en el territorio peninsular sufrido en los últimos 58 años.

Para realizar el estudio se ha seleccionado como modelo estructural unos edificios cuya tipología es habitual en Lorca y en el resto de localidades de la Región de Murcia y el Sureste Español en general, como se muestra en la Fig. 14; de forma que las variables sean lo más común posible en la zona, con el fin de que pueda servir de punto de referencia para futuros trabajos.

En Lorca, la tipología edificatoria usual es de edificios aporticados de hormigón armado con pisos de una media de 6 plantas, con pilares, vigas y forjados de hormigón armado y nudos rígidos (Martínez, 2014).

Las estructuras de hormigón armado, son generalmente preferidas por los proyectistas y constructores, debido a su versatilidad y economía. Dado lo común de su uso, se han dispuesto los modelos de este material. Así, los modelos fueron diseñados como edificios aporticados de hormigón armado.

Por otro lado, los modelos utilizados son edificios de medianerías para viviendas de importancia normal de acuerdo a la Norma NCSE-02. Esto conlleva que, aunque la destrucción por el terremoto puede ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad, o producir importantes pérdidas económicas, no puede interrumpir un servicio imprescindible, ni dar lugar a efectos catastróficos.

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL COMPORTAMIENTO POR DUCTILIDAD...

Cada vivienda cuenta con un área aproximada de 90 m². De acuerdo a la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, en España, dos de cada tres viviendas tienen una superficie útil comprendida entre 61 y 105 m².



Figura 14. Localización genérica de edificios en estudio (Martínez, 2014)

Además, los modelos son edificios de cuatro y ocho niveles, rango que abarca la altura de la mayor parte de las edificaciones en la Región de Murcia.

En total, se han analizado ocho modelos con la misma distribución en planta, como se esquematiza en la Fig. 15. Sin embargo, con respecto a la distribución en alzado, cuatro de ellos son edificios de cuatro niveles y cuatro de ocho niveles, como se observa en las Fig. 16 y 17.

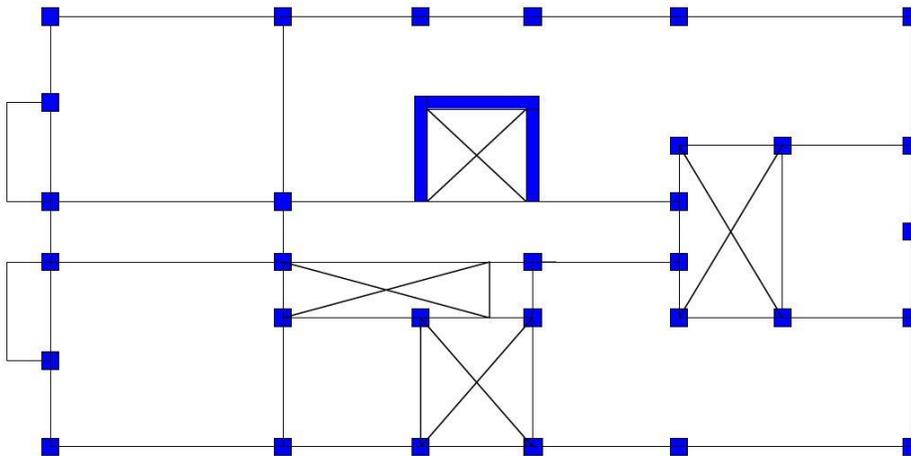


Figura 15. Planta genérica de los edificios en estudio

Los edificios tienen un área de 200 m² distribuidos de forma rectangular, incluyendo los huecos de la escalera, el ascensor y los patios de luces. Cuentan con 31 pilares en cada nivel, con 45 vigas y con un forjado unidireccional. En la dirección X, al modelo cuenta con cuatro pórticos principales mientras que en la dirección Y cuenta con tres.

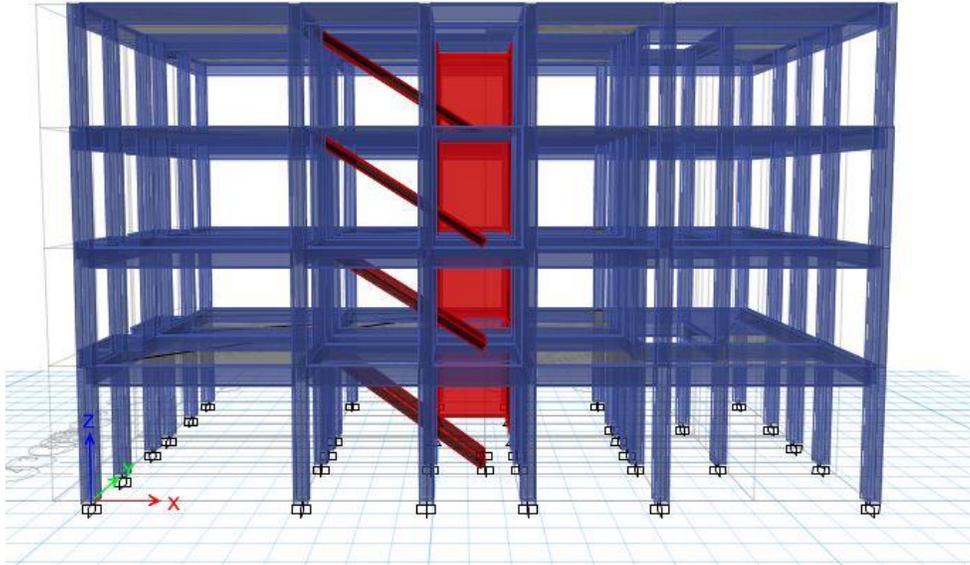


Figura 16. Vista 3D de los edificios de 4 niveles

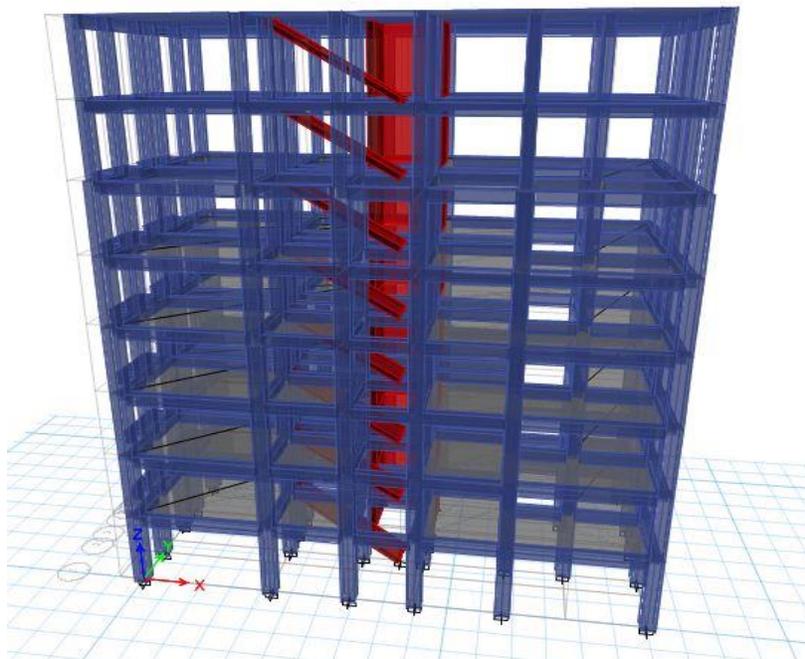


Figura 17. Vista 3D de los edificios de 8 niveles

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL COMPORTAMIENTO POR DUCTILIDAD...

La altura genérica de cada nivel de los ocho modelos es de 3,0 m, excepto en el primer nivel o planta baja que cuenta con una altura de 4,0 m, todos cubiertos por forjados de losa unidireccional.

Para cada altura de edificación, se han analizado 4 modelos, correspondientes a los cuatro grados de ductilidad establecidos por la Norma de Construcción Sismorresistente Española NCSE-02. Así, los ocho modelos corresponden a los nombres de M1E4, M2E4, M3E4, M4E4, M1E8, M2E8, M3E8 y M4E8, dependiendo la primera cifra del grado de ductilidad del modelo y la segunda del número de plantas de la edificación.

En los siguientes apartados se describe con detalle todas las características de los modelos, con información específica sobre los materiales, la geometría, las acciones y demás parámetros de diseño, además de la realización de los cálculos necesarios para hacer el estudio.

5.2 PARÁMETROS DE DISEÑO

5.2.1 Normativa utilizada

La normativa utilizada para la proyección y diseño de los modelos son:

- Instrucción de Hormigón Estructural, EHE-08.
- Norma de Construcción Sismorresistente Española, NCSE-02.
- Proyecto de Estructuras Sismorresistentes, Parte 1, EC-08.
- CTE DB SE, Código Técnico de la Edificación, Documento Básico de Seguridad Estructural.
- CTE DB SE-AE, Código Técnico de la Edificación, Documento Básico de Seguridad Estructural- Acciones en la Edificación.

5.2.2 Materiales y Durabilidad

Para la concepción de un proyecto estructural, es preciso tomar las medidas necesarias para que la estructura alcance la duración de la vida útil en base a la que ha sido proyectada. Para ello deben cuidarse aspectos relativos a la durabilidad, como la exposición ambiental.

A su vez, la elección de los materiales, tales como el hormigón y el acero de la armadura pasiva, y de los recubrimientos de los elementos estructurales son los que aseguran que estos aspectos se cumplan.

5.2.2.1 Vida útil

La vida útil con la que se proyecta una obra depende del tipo estructura que se ha de construir. Según la EHE-08, para los edificios de viviendas u oficinas, con repercusión económica baja o media, como son los modelos a trabajar, la vida útil proyectada debe ser de 50 años.

5.2.2.2 Exposición ambiental

De acuerdo a la corrosión esperada en las armaduras existen ciertas clasificaciones de exposición ambiental.

Los modelos, ubicados en la Comunidad de Murcia, específicamente en Lorca, caen dentro de la clase general de exposición IIb, el cual es una ambiente de humedad media con exteriores en ausencia de cloruros, sometidos a la acción del agua de lluvia, en zonas con precipitación media anual inferior a 600 mm.

5.2.2.3 Tipo de hormigón adoptado

De acuerdo a la clase de exposición ambiental a la que estará sometida la estructura y a la resistencia, se ha adoptado el tipo de hormigón necesario para el diseño estructural de los elementos resistentes del modelo. En la Tabla 4 se listan sus características.

Tabla 4. Características del hormigón.

Denominación	HA-30/B/20/IIb
Cemento	CEM II-32,5
Máxima relación agua cemento	0,55
Mínimo contenido de cemento	300 Kg/m ³
Tipo de árido	Machaqueo
Tamaño máximo del árido	20 mm
Resistencia característica a los 7 días	20 MPa
Resistencia característica a los 28 días	30 MPa
Coefficiente de dilatación térmica	10 ⁻⁵ C ⁻¹
Módulo de deformación longitudinal (secante a 28 días)	33.577,73 MPA
Módulo de Poisson	0,2

5.2.2.4 Acero de la armadura pasiva

En la Tabla 5 se describen las características del acero de la armadura a utilizar en el diseño estructural de los elementos resistentes de la estructura.

Tabla 5. Características del acero de la armadura pasiva.

Tipo	B-500SD
Límite elástico	≥ 500 MPa
Tensión de rotura	≥ 550 MPa
Módulo de deformación longitudinal	200000 MPa

5.2.2.5 Recubrimientos

El recubrimiento es la distancia entre la superficie exterior de la armadura, incluyendo cercos y estribos, y la superficie del hormigón más cercana (EHE-08, 2008).

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL COMPORTAMIENTO POR DUCTILIDAD...

El recubrimiento nominal, el cual es el que se presenta en los planos y define los separadores a emplear, depende del recubrimiento mínimo y de un recubrimiento que se deja como margen de acuerdo al control en la ejecución del elemento resistente.

El recubrimiento mínimo debe garantizarse en cualquier punto del elemento y depende de la clase de exposición ambiental a la que está sometida la estructura y a su vida útil proyectada.

El recubrimiento calculado para los diferentes elementos estructurales de los modelos estudiados se presenta en la Tabla 6.

Tabla 6. Recubrimientos mínimos.

Elemento estructural	Hormigón	r min (mm)	Δr (mm)	r nom (mm)
Losas, pantallas y pilares	HA-30/B/20/IIb	20	10	30

5.2.3 Estados límite, coeficientes de seguridad y combinación de acciones

5.2.3.1 Estados límite

Como se ha comentado en el Capítulo 3, “Ductilidad aplicada al diseño sismorresistente de estructuras” en el apartado “Diseño basado en prestaciones”, los modelos se analizarán empleando la hipótesis de combinación de acciones en *estado límite último* para situaciones sísmicas.

Para esta situación de proyecto, la combinación de acciones se definirá de acuerdo a lo siguiente:

$$\sum_{j \geq 1} (\gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^*) + \gamma_A A_{E,k} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

donde:

γ_G , es el coeficiente parcial de seguridad para las acciones permanentes

γ_{G^*} , es el coeficiente parcial de seguridad para las acciones permanentes de valor no constantes

γ_A , es el coeficiente parcial de seguridad para las acciones accidentales

γ_Q , es el coeficiente parcial de seguridad para las acciones variables.

$G_{k,j}$, es el valor característico de las acciones permanentes

$G_{k,j}^*$, es el valor característico de acciones permanentes de valor no constante

$A_{E,k}$, es valor característico de la acción sísmica

$\psi_{2,i}$, son los valores representativos cuasipermanente de las acciones variables con la acción determinante o con la acción accidental

5.2.3.2 Coeficientes de combinación de acciones

De acuerdo al código técnico de edificación DB SE, se deben utilizar ciertos coeficientes de simultaneidad, los cuales representan la probabilidad de ocurrencia en su máxima expresión de ciertas acciones. Los coeficientes de simultaneidad utilizados en el diseño de los modelos se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Coeficientes de simultaneidad (CTE DB SE, 2006)

	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
SCU. Zonas residenciales	0,7	0,5	0,3
SCU. Cubiertas transitables residenciales	0,7	0,5	0,3
Nieve ($h \leq 1000$ m)	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0

5.2.3.3 Coeficientes de seguridad de las acciones

Dada la incerteza en el cálculo de las acciones a las que puede estar sometida una estructura, la Instrucción EHE-08 recomienda el uso de ciertos coeficientes de seguridad para tomarla en consideración en los cálculos estructurales. Para las acciones accidentales, los valores se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8. Coeficientes de seguridad de acciones en ELU para situación accidental (EHE-08, 2008)

Tipo de acción	Favorable	Desfavorable
Permanente	1,00	1,00
Permanente de valor no constante	1,00	1,00
Variable	0,00	1,00
Accidental	1,00	1,00

5.2.4 Acciones

Las estructuras están permanentemente sometidas a ciertas acciones, mientras que otras ocurren en momentos específicos o de forma accidental. Así, al momento de diseñar, es necesario tomar en cuenta todas las acciones que podrían actuar en la estructura a lo largo de su vida útil. Estas acciones se clasifican de acuerdo a su tiempo de acción en permanentes, variables y accidentales.

5.2.4.1 Acciones permanentes

Las acciones permanentes son las acciones que suceden durante toda la vida útil de la estructura. En los modelos estudiados, estas acciones consisten en el peso propio de la estructura y la carga muerta, la cual representa el peso de los elementos no estructurales.

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL COMPORTAMIENTO POR DUCTILIDAD...

Se considera el peso de los elementos estructurales como los pilares, las vigas, los muros, los forjados y las escaleras. Para el cálculo del peso propio de estos elementos de hormigón armado se ha utilizado un peso específico del hormigón de 25 kN/m^3 .

El código técnico de la edificación DB SE-AE presenta valores paramétricos de la carga muerta que pueden actuar en las edificaciones. En este caso se ha considerado el peso de los suelos, falsos techos, la tabiquería interior, los cerramientos exteriores y de los parapetos de cubierta.

Cabe mencionar que la tabiquería, al ser de viviendas, se considera como un peso repartido sobre la superficie de la planta. Además, el peso de las fachadas y elementos de compartimentación pesados se asigna a los elementos que van a soportarlos.

El valor de las diferentes acciones que componen la carga muerta se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Valores de la carga muerta (CTE DB SE-AE, 2006)

Elementos superficiales	
Solado	1 kN/m ²
Aislamiento de cubierta	1 kN/m ²
Instalaciones	0,3 kN/m ²
Tabiquería	1 kN/m ²
Elementos lineales	
Cerramientos	7 kN/m
Parapetos	3 kN/m

5.2.4.2 Acciones variables

Las acciones variables son las que actúan sobre la estructura de forma intermitente en su vida útil. Estas engloban la sobrecarga de uso, el viento y las acciones térmicas. El código técnico de la edificación DB SE-AE, presenta valores paramétricos así como métodos de cálculo de este tipo de cargas.

La sobrecarga de uso es el peso de todo lo que puede gravitar sobre el edificio por razón de su uso (Dirección Feneral de Arquitectura, Vivienda y Suelo, 2006). En este caso se consideran las que actúan sobre los forjados de entrepiso y la cubierta del edificio. El valor de la sobrecarga de uso se presenta en la Tabla 10.

Por su parte, el viento y a la nieve son consecuencia de factores ambientales. Debido a la hipótesis de combinación de cargas para la situación sísmica, no es necesario tener en cuenta estas acciones dado que se anulan al ser afectadas por el coeficiente de simultaneidad.

Tabla 10. Valores de la sobrecarga de uso (CTE DB SE-AE, 2006)

Zonas residenciales	2 kN/m ²
Cubiertas transitables residenciales	1 kN/m ²

5.2.4.3 Acciones accidentales

De acuerdo al código técnico de la edificación DB SE-AE, entre las acciones accidentales podemos encontrar el sismo, el incendio y el impacto.

Para el análisis y diseño de los modelos a estudiar, se tendrá en consideración como acción accidental la carga sísmica de proyecto.

En el cálculo de la acción sísmica, se tomará en cuenta la Norma de Construcción Sismorresistente Española, NCSE-02, la cual tiene como objeto proporcionar los criterios que han de seguirse dentro del territorio español para la consideración de la acción sísmica en el proyecto. El cálculo se hará para los casos de análisis modal espectral y análisis por el método de las fuerzas estáticas equivalentes.

5.3 MODELOS ESTRUCTURALES DEL EDIFICIO DE 4 NIVELES

5.3.1 Características geométricas

5.3.1.1 Geometría y dimensiones del edificio

En las Figuras 18 y 19 se presentan vistas del edificio en estudio, donde se observa la configuración estructural del mismo.

Los forjados de los modelos analizados son forjados unidireccionales. Asimismo, las vigas que funcionan como elementos resistentes son: las vigas perimetrales, las vigas que cierran los huecos de los patios de luces, ascensor y escaleras y las vigas perpendiculares a la dirección que siguen las viguetas del forjado unidireccional.

El edificio en estudio es de base rectangular, de lado mayor de 20,00 m de longitud y lado menor de 10,00 m. Este cuenta con un semisótano, una planta baja más tres plantas. Además, dispone de dos balcones por planta situados en la fachada del lado menor que da a la calle.

Dispone de ascensor y escaleras, así como de dos patios de luces. La altura de planta genérica es de 3,00 m, excepto para la planta baja, cuya altura es de 4,00 m.

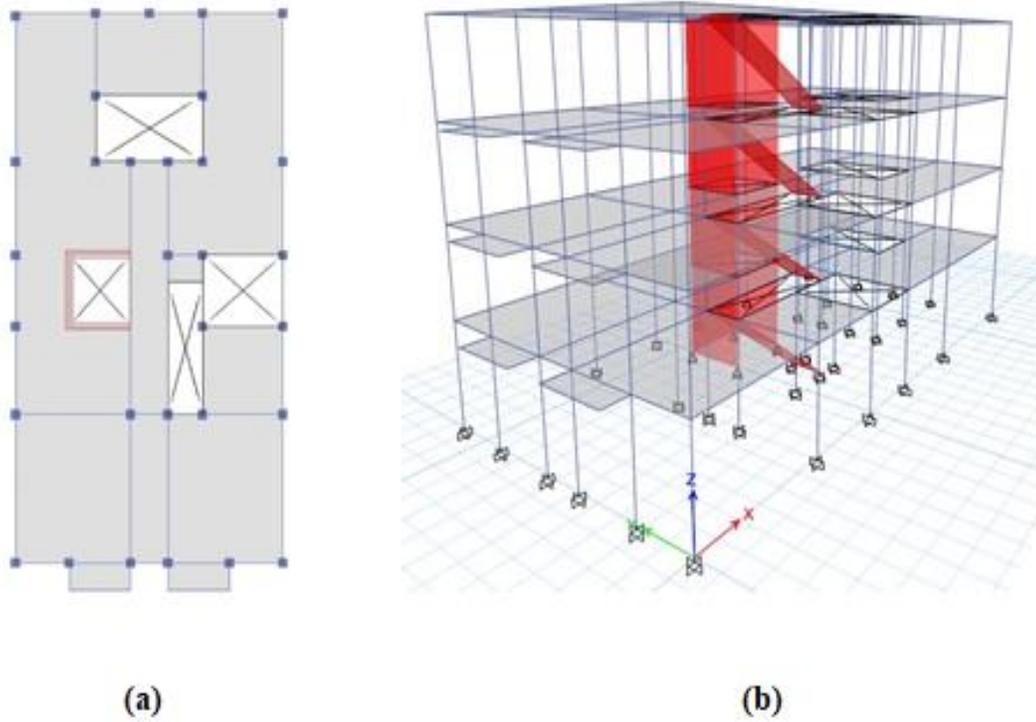


Figura 18. Edificio de 4 niveles (a) Planta (b) 3D.

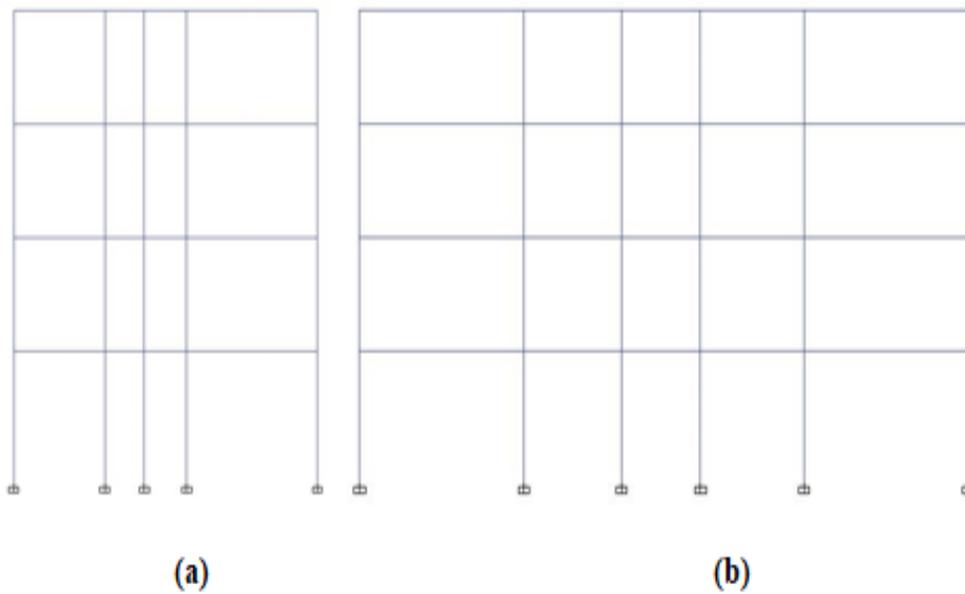


Figura 19. Edificio de 4 niveles (a) Alzado (b) Perfil.

5.3.1.2 Geometría y dimensiones de los elementos estructurales y de cimentación

La cimentación real del edificio consiste en la losa del semisótano, sin embargo, para los modelos generados en ETABS se ha supuesto que el nivel cero o nivel “suelo”, corresponde a la rasante de la calle, por lo que el semisótano queda fuera del análisis. Así, los pilares que acometen a él se consideran empotrados.

Para el diseño de los pilares y las vigas se han tomado en cuenta los parámetros para el diseño de elementos estructurales sismorresistentes expuestos en la NCSE-02.

Para los modelos se utilizaron tres secciones diferentes de vigas. Como se muestra en la Fig. 20, en los primeros tres niveles se diseñaron las secciones llamadas VIGA P y VIGA S, la primera correspondiente a las vigas perimetrales y la segunda a las restantes. En el cuarto nivel, todas las vigas fueron diseñadas con la misma sección y son llamadas VIGA 4.

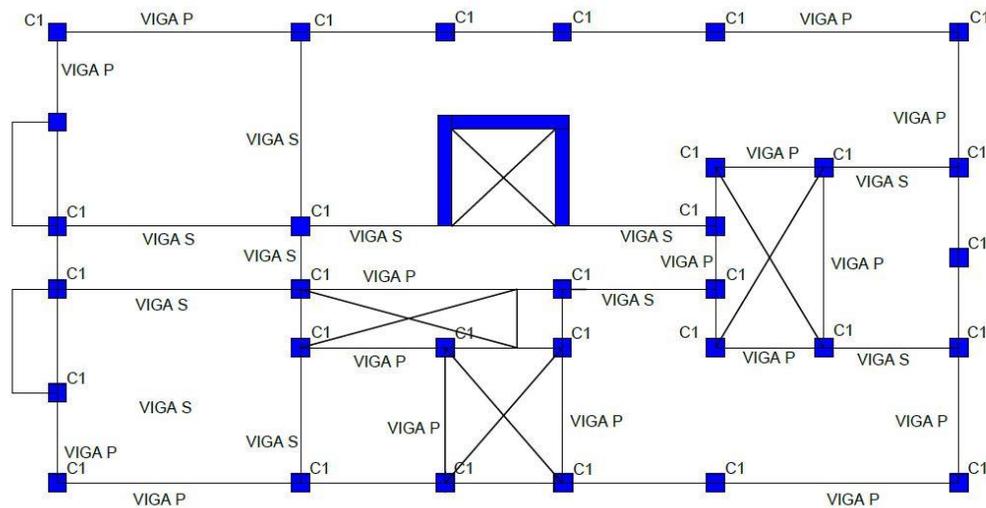


Figura 20. Planta de primeros 3 niveles del edificio de 4 niveles.

Las vigas de los modelos M1E4 y M2E4 corresponden a vigas planas mientras que las de los modelos M3E4 y M4E4 corresponden a vigas de canto. Las dimensiones de las vigas de los distintos modelos se presentan en la Tabla 11.

Con respecto al armado de las vigas, A_{s1} se refiere al acero longitudinal superior, A_{s2} al acero longitudinal inferior y A_{st} al acero transversal. El armado de las vigas de los diferentes modelos se presenta en las Tablas 12, 13, 14 y 15.

Tabla 11. Sección de vigas para el edificio de 4 niveles.

M1E4		
mm	b	h
VIGA S	200	300
VIGA P	250	300
VIGA 4	200	300
M2E4		
mm	b	h
VIGA S	200	300
VIGA P	250	300
VIGA 4	200	300
M3E4		
mm	b	h
VIGA S	200	450
VIGA P	200	450
VIGA 4	200	450
M4E4		
mm	b	h
VIGA S	250	450
VIGA P	250	450
VIGA 4	250	450

Tabla 12. Armadura de vigas del modelo M1E4 para el edificio de 4 niveles.

M1E4		
VIGA S		
		mm²/m
As1	4 de ϕ 16	804
As2	2 de ϕ 16 y 1 de ϕ 8	452
Ast	ϕ 8 a 25	402
VIGA P		
		mm²/m
As1	3 de ϕ 20	942
As2	3 de ϕ 20	942
Ast	ϕ 10 a 10	1572
VIGA 4		
		mm²/m
As1	2 de ϕ 16	402
As2	2 de ϕ 16	402
Ast	ϕ 8 a 25	402

Tabla 13. Armadura de vigas del modelo M2E4 para el edificio de 4 niveles.

M2E4		
VIGA S		
		mm ² /m
As1	4 de ϕ 16	804
As2	2 de ϕ 16 y 1 de ϕ 8	452
Ast	ϕ 12 a 12	1775
VIGA P		
		mm ² /m
As1	4 de ϕ 16	804
As2	2 de ϕ 16 y 1 de ϕ 8	452
Ast	ϕ 10 a 10	1572
VIGA 4		
		mm ² /m
As1	3 de ϕ 16	603
As2	2 de ϕ 16 y 1 de ϕ 8	452
Ast	ϕ 10 a 12	1310

Tabla 14. Armadura de vigas del modelo M3E4 para el edificio de 4 niveles.

M3E4		
VIGA S		
		mm ² /m
As1	4 de ϕ 16	804
As2	2 de ϕ 16 y 1 de ϕ 8	452
Ast	ϕ 8 a 8	1257
VIGA P		
		mm ² /m
As1	4 de ϕ 16	804
As2	2 de ϕ 16 y 1 de ϕ 8	452
Ast	ϕ 8 a 8	1257
VIGA 4		
		mm ² /m
As1	3 de ϕ 16	603
As2	2 de ϕ 16 y 1 de ϕ 8	452
Ast	ϕ 8 a 8	1257

Tabla 15. Armadura de vigas del modelo M4E4 para el edificio de 4 niveles.

M4E4		
VIGA S		
		mm ² /m
As1	4 de $\phi 16$	804
As2	2 de $\phi 16$ y 1 de $\phi 8$	452
Ast	$\phi 8$ a 8	1257
VIGA P		
		mm ² /m
As1	4 de $\phi 16$	804
As2	2 de $\phi 16$ y 1 de $\phi 8$	452
Ast	$\phi 8$ a 8	1257
VIGA 4		
		mm ² /m
As1	3 de $\phi 16$	603
As2	2 de $\phi 16$ y 1 de $\phi 8$	452
Ast	$\phi 8$ a 8	1257

El detalle de armado de la VIGA S del modelo M4E4 se presenta como ejemplo en la Fig. 21.

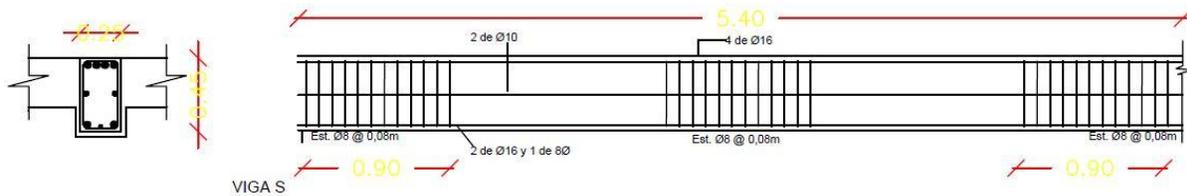


Figura 21. Detalle de armado de la VIGA S del modelo M4E4.

Con relación a los pilares, en los cuatro modelos presentan la misma dimensión en cada nivel, siendo ésta menor en el último. Así, los pilares de los primeros tres niveles tienen por nombre “C1”, mientras que los del cuarto nivel son llamados “C2”.

Las dimensiones de los pilares de los diferentes modelos se presentan en la Tabla 16.

Tabla 16. Sección de pilares para el edificio de 4 niveles.

M1E4	
mm	
C1	300x300
C2	250x250
M2E4	
mm	
C1	300x300
C2	250x250
M3E4	
mm	
C1	350x350
C2	250x250
M4E4	
mm	
C1	350x350
C2	250x250

La armadura transversal (A_{st}), está compuesta por cercos de 8 mm distanciados 100 mm entre sí. El armado de los pilares de los diferentes modelos se presenta en las Tablas 17, 18, 19 y 20.

Tabla 17. Armadura de pilares del modelo M1E4 para el edificio de 4 niveles.

C1		
mm ²		
As	12 de $\phi 16$	2412
Ast	$\phi 8$ a 10	
C2		
mm ²		
As	8 de $\phi 16$	1608
Ast	$\phi 8$ a 10	

Tabla 18. Armadura de pilares del modelo M2E4 para el edificio de 4 niveles.

C1		
		mm ²
As	12 de ϕ 16	2412
Ast	ϕ 8 a 10	
C2		
		mm ²
As	8 de ϕ 16	1608
Ast	ϕ 8 a 10	

Tabla 19. Armadura de pilares del modelo M3E4 para el edificio de 4 niveles.

C1		
		mm ²
As	12 de ϕ 20	3770
Ast	ϕ 8 a 10	
C2		
		mm ²
As	8 de ϕ 16	1608
Ast	ϕ 8 a 10	

Tabla 20. Armadura de pilares del modelo M4E4 para el edificio de 4 niveles.

C1		
		mm ²
As	12 de ϕ 20	3770
Ast	ϕ 8 a 10	
C2		
		mm ²
As	8 de ϕ 16	1608
Ast	ϕ 8 a 10	

A continuación, en la Fig. 22, se muestra un ejemplo del detalle armado del pilar C1 y C2 del modelo M4E4

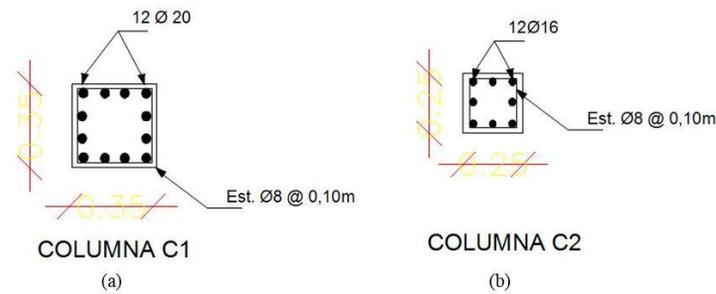


Figura 22. Detalle de armado del pilar (a) C1 y (b) C2 del modelo M4E4.

Con respecto a las losas de entrepiso, los forjados de las distintas plantas son iguales, siendo estas del tipo de losa aligerada unidireccional. Las características de dichas losas se presentan en la Tabla 21.

Tabla 21. Dimensiones (mm) del forjado unidireccional del edificio de 4 niveles.

Canto total	300
Espesor de loseta	50
Espesor de nervios	90
Espaciamiento entre nervios	700

Los muros de hormigón armado que conforman la caja del ascensor presentan un espesor de 300 mm. Estos elementos estructurales conforman el núcleo de rigidización del edificio y le confiere resistencia lateral para soportar las fuerzas horizontales que introduzcan acciones como el sismo o el viento.

Por último, las escaleras se han modelizado como losas macizas uniformes de 220 mm de espesor equivalente.

5.3.2 Métodos de análisis sísmico

5.3.2.1 Método de las fuerzas estáticas equivalentes

De acuerdo a la descripción del método de las fuerzas equivalentes, establecido por la norma NCSE-02, realizada en el capítulo 2 apartado 2.3, los modelos son aptos para ser analizados por este método.

Basado en el método de fuerzas estáticas equivalentes, para un edificio con pórticos de hormigón armado con la colaboración de pantallas rigidizadoras, de 4 niveles, con una altura total de 13 m y una dimensión de las pantallas rigidizadoras de 3 m, el periodo fundamental T_f es el siguiente:

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL COMPORTAMIENTO POR DUCTILIDAD...

$$T_f = 0,07 n \sqrt{H/(B + H)} = 0,07 \cdot 4 \sqrt{13/(3 + 13)} = 0,25 \text{ s}$$

Debido a que el periodo fundamental de la estructura ha resultado ser inferior a 0,75 s, sólo se tendrá en cuenta en el análisis el primer modo de vibración del edificio.

La fuerza sísmica estática equivalente, F_k , correspondiente a la planta k y modo de vibración 1, viene dada por:

$$F_k = s_k P_k$$

El coeficiente sísmico adimensional correspondiente a la planta k en el modo 1 se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$s_k = (a_c/g) \alpha_i \beta \eta_k$$

La aceleración sísmica de cálculo a_c se calcula según

$$a_c = S \rho a_b$$

dónde:

a_b , aceleración sísmica básica, $a_b = 0,12g$ para Lorca

ρ , coeficiente adimensional de riesgo, función de la probabilidad aceptable de que se exceda a_c en el periodo de vida para el que se proyecta la construcción. Para construcciones de importancia normal, $\rho = 1,0$

S , coeficiente de amplificación del terreno. En el caso de Lorca:

$$S = \frac{C}{1,25} + 3,33 \left(\rho \frac{a_b}{g} - 0,1 \right) \left(1 - \frac{C}{1,25} \right) = 1,037$$

Finalmente:

$$a_c = S \rho a_b = 1,037 \cdot 1 \cdot 0,12g = 0,1244g$$

El valor del coeficiente α_i depende del periodo característico del espectro que se define en el apartado 2.3 de la norma NCSE-02

$$T_B = K \frac{C}{2,5}$$

siendo:

K , coeficiente de contribución, que para el municipio de Lorca vale 1

C , coeficiente del terreno, que tiene en cuenta las características geotécnicas del terreno de cimentación. Lorca presenta un terreno tipo II, roca muy fracturada, suelos granulares densos o cohesivos duros, lo que arroja un valor del coeficiente C de 1,3, según la Tabla 22.

Resultando finalmente en un valor del periodo característico del espectro T_B de:

$$T_B = K \frac{C}{2,5} = 1 \frac{1,3}{2,5} = 0,52 \text{ s} > T_i = 0,25 \text{ s} \rightarrow \alpha_i = 2,5$$

Tabla 22. Coeficiente C según tipo de terreno. Fuente: NCSE-02, 2009

Tipo de terreno	Coeficiente C
I	1,0
II	1,3
III	1,6
IV	2

El coeficiente de respuesta β se obtiene de la Tabla 3 y depende del tipo de estructuras y de la compartimentación de las plantas. Los cuatro modelos del edificio de cuatro niveles se analizarán cada uno para un coeficiente de comportamiento por ductilidad.

El factor de distribución η_k , correspondiente a la planta k en el modo de vibración 1 tiene el valor

$$\eta_k = \Phi_k \frac{\sum_{k=1}^n m_k \Phi_k}{\sum_{k=1}^n m_k \Phi_k^2}$$

El coeficiente de forma correspondiente a la planta k en el modo 1, Φ_k , se puede calcular mediante la siguiente expresión aproximada

$$\Phi_k = \sin[\pi h_k / 2H]$$

Por último, se obtiene la fuerza estática equivalente que se aplica en el centro de masas del diafragma rígido que conforma el forjado de cada una de las plantas, tanto en la dirección X como en la dirección Y, obteniendo los resultados para cada modelo en las tablas 23, 24, 25 y 26.

Tabla 23. Fuerza sísmica estática F_k por planta para el coeficiente de respuesta por ductilidad β asociado a $\mu=1$. Modelo E1E4.

Nivel	Coeficiente S_k	Peso del nivel P_k (kN)	Fuerza sísmica estática F_k (kN)
1	0,18	3.104,05	549,98
2	0,29	3.024,19	863,04
3	0,36	3.024,19	1078,08
4	0,38	1.765,95	673,29

Tabla 24. Fuerza sísmica estática F_k por planta para el coeficiente de respuesta por ductilidad β asociado a $\mu = 2$. Modelo E2E4.

Nivel	Coeficiente S_k	Peso del nivel P_k (kN)	Fuerza sísmica estática F_k (kN)
1	0,09	3.104,05	274,99
2	0,14	3.024,19	431,52
3	0,18	3.024,19	539,04
4	0,19	1.765,95	336,65

Tabla 25. Fuerza sísmica estática F_k por planta para el coeficiente de respuesta por ductilidad β asociado a $\mu = 3$. Modelo E3E4.

Nivel	Coeficiente S_k	Peso del nivel P_k (kN)	Fuerza sísmica estática F_k (kN)
1	0,06	2.962,84	173,55
2	0,09	2.882,98	271,99
3	0,12	2.882,98	339,76
4	0,13	1.624,74	204,78

Tabla 26. Fuerza sísmica estática F_k por planta para el coeficiente de respuesta por ductilidad β asociado a $\mu = 4$. Modelo E4E4.

Nivel	Coeficiente S_k	Peso del nivel P_k (kN)	Fuerza sísmica estática F_k (kN)
1	0,04	3.107,22	137,63
2	0,07	3.027,36	215,98
3	0,09	3.027,36	269,79
4	0,10	1.769,12	168,62

5.3.2.2 Análisis modal espectral

Se realiza el cálculo del espectro de respuesta elástica siguiendo las indicaciones recogidas en la norma NCSE-02.

Esta norma establece un espectro normalizado de respuesta elástica en la superficie libre del terreno, como se exhibe en la Fig. 2, para aceleraciones horizontales, correspondiente a un oscilador lineal simple con un amortiguamiento de referencia del 5% respecto al crítico, definido por los siguientes valores:

$$\text{Si } T < T_A, \text{ entonces } \alpha(T) = 1 + 1,5 T/T_A$$

$$\text{Si } T_B \leq T \leq T_A, \text{ entonces } \alpha(T) = 1 + 1,5 T/T_A$$

$$\text{Si } T > T_B, \text{ entonces } \alpha(T) = K \cdot C/T$$

siendo:

$\alpha(T)$ valor del espectro normalizado de respuesta elástica

T periodo propio del oscilador en segundos

K coeficiente de contribución

C coeficiente del terreno (tiene en cuenta las características geotécnicas del terreno)

T_A, T_B periodos característicos del espectro de respuesta de valores

$$T_A = K \cdot C/10$$

$$T_B = K \cdot C/2,5$$

Para el caso que nos ocupa,

$$T_A = K \cdot C/10 = 1 \cdot 1,3/10 = 0,13 \text{ s}$$

$$T_B = K \cdot C/2,5 = 1 \cdot 1,3/2,5 = 0,52 \text{ s}$$

Con estos valores se obtiene el espectro de respuesta elástica normalizado representado en la Figura 23.

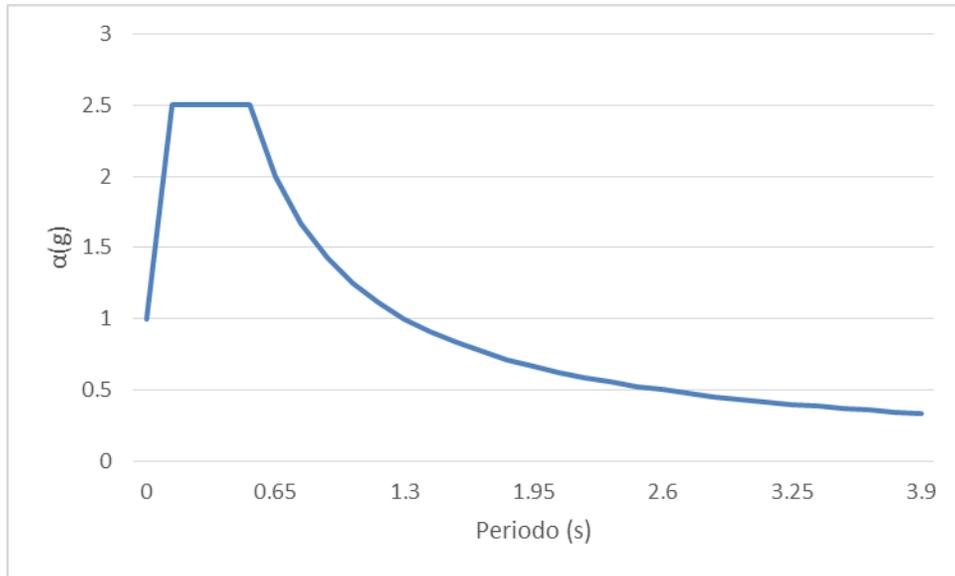


Figura 23. Espectro de respuesta elástica normalizado.

Este espectro está normalizado con respecto a una aceleración de cálculo de 1 m/s^2 . Por lo tanto, se debe realizar su transformación a un espectro elástico en aceleraciones, teniendo en cuenta que la aceleración de cálculo es de $0,1244\text{g}$. De esta manera se obtiene el espectro en aceleraciones mostrado en la Figura 24.

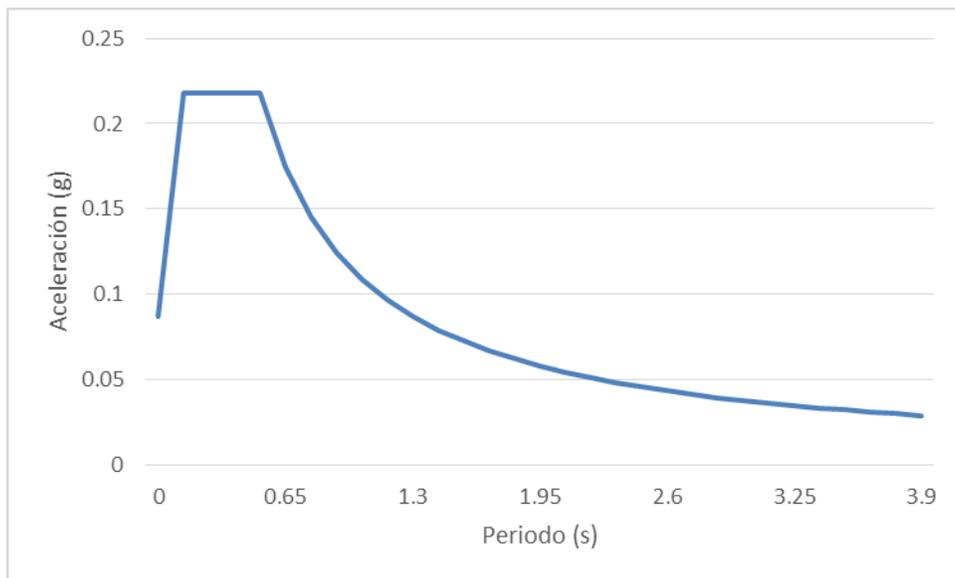


Figura 24. Espectro de respuesta elástica en aceleraciones. Componente horizontal.

En general, en edificios no es necesario tener en cuenta el espectro de respuesta elástica para movimientos verticales.

5.4 MODELOS ESTRUCTURALES DEL EDIFICIO DE 8 NIVELES

5.4.1 Características geométricas

5.4.1.1 Geometría y dimensiones del edificio

En las Figuras 18 y 19 se presentan vistas del edificio en estudio, donde puede observarse que este modelo apenas difiere del anterior. La diferencia entre las Fig. 25 y 26 radica en el número de plantas de la estructura y en las dimensiones de vigas y pilares.

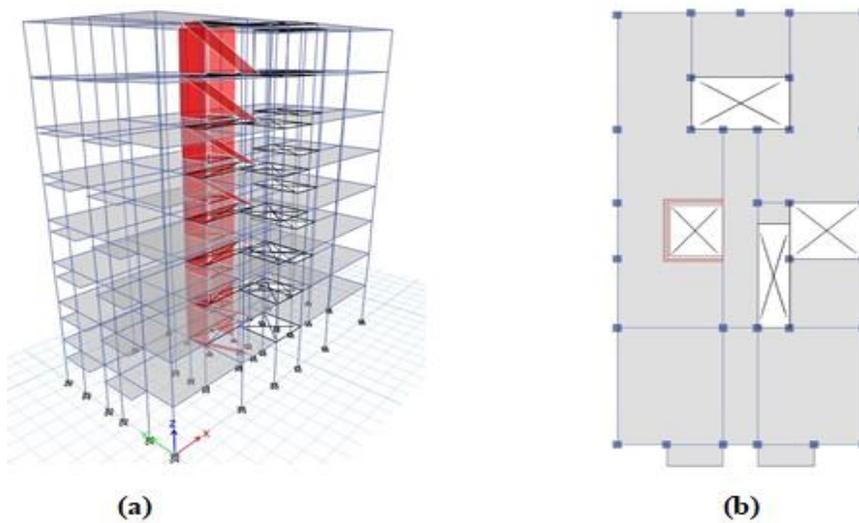


Figura 25. Edificio de 8 niveles (a) Planta (b) 3D

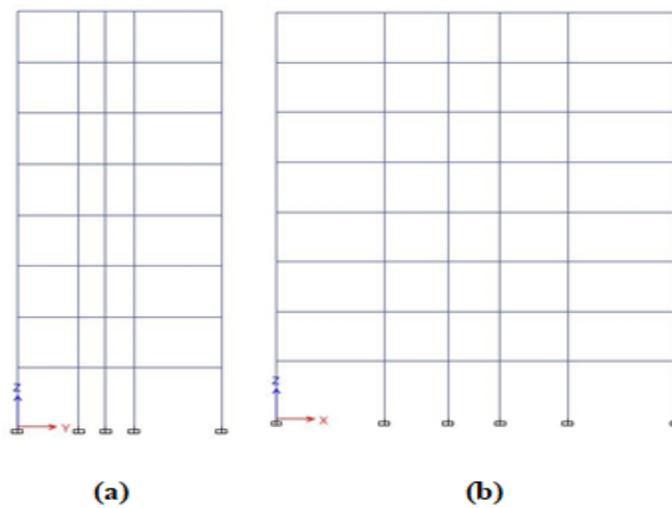


Figura 26. Edificio de 8 niveles (a) Alzado (b) Perfil

5.4.1.2 Geometría y dimensiones de los elementos estructurales y de cimentación

Para los modelos del edificio de ocho niveles también se utilizaron tres secciones diferentes de vigas. En los primeros seis niveles se diseñaron las secciones llamadas VIGA P y VIGA S, en los niveles siete y ocho, las vigas son llamadas VIGA 8.

En la Figura 27 se presenta la distribución en planta de las vigas de los primeros seis niveles de los modelos.

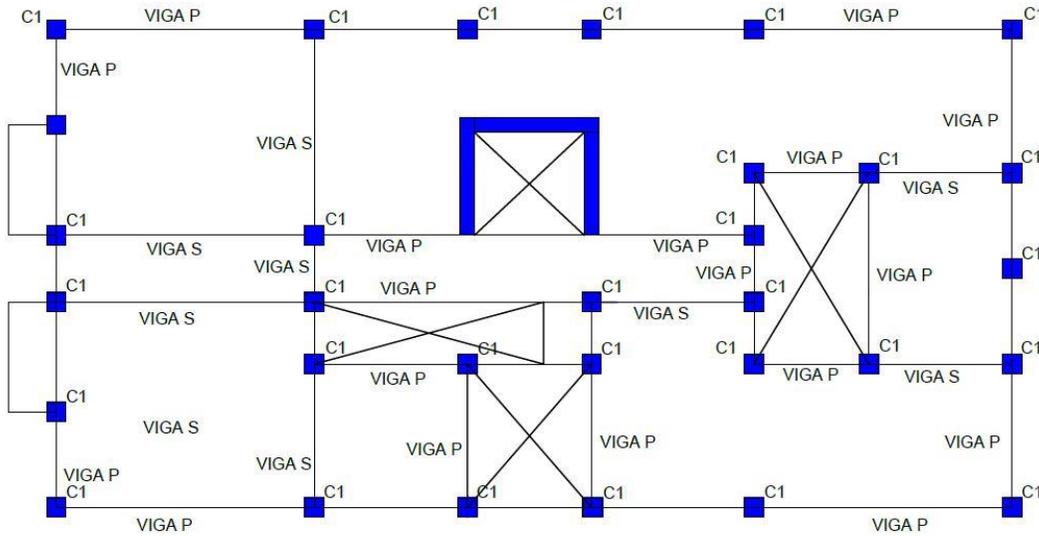


Figura 27. Planta de primeros 6 niveles del edificio de 8 niveles

Las vigas de los modelos M1E8 y M2E8 corresponden a vigas planas mientras que las de los modelos M3E8 y M4E8 corresponden a vigas de canto. Las dimensiones de las vigas de los distintos modelos se presentan en la Tabla 27.

A su vez, el armado de las vigas de los diferentes modelos se presenta en las Tablas 28, 29, 30 y 31.

Tabla 27. Sección de vigas para el edificio de 8 niveles.

M1E8		
mm	b	h
VIGA S	400	300
VIGA P	500	300
VIGA 8	350	300
M2E8		
mm	b	h
VIGA S	250	300
VIGA P	350	300
VIGA 8	200	300
M3E8		
mm	b	h
VIGA S	200	450
VIGA P	200	450
VIGA 8	200	450
M4E8		
mm	b	h
VIGA S	250	450
VIGA P	250	450
VIGA 8	250	450

Tabla 28. Armadura de vigas del modelo M1E8 para el edificio de 8 niveles.

M1E8		
VIGA S		
		mm²/m
As1	4 de $\phi 16$ y 2 de $\phi 12$	1030
As2	5 de $\phi 12$	565
Ast	$\phi 10$ a 10	1572
VIGA P		
		mm²/m
As1	4 de $\phi 25$	2339
As2	4 de $\phi 25$	2339
Ast	$\phi 14$ a 7	4401
VIGA 8		
		mm²/m
As1	4 de $\phi 16$	804
As2	5 de $\phi 12$	565
Ast	$\phi 8$ a 15	671

Tabla 29. Armadura de vigas del modelo M2E8 para el edificio de 8 niveles. Fuente: Elaboración propia, 2017

M2E8		
VIGA S		
		mm ² /m
As1	3 de ϕ 20	942
As2	2 de ϕ 16 y 1 de ϕ 8	452
Ast	ϕ 10 a 10	1572
VIGA P		
		mm ² /m
As1	5 de ϕ 12	565
As2	4 de ϕ 20	1257
Ast	ϕ 12 a 10	2263.39
VIGA 8		
		mm ² /m
As1	3 de ϕ 16	603
As2	2 de ϕ 16 y 1 de ϕ 8	452
Ast	ϕ 10 a 12	1310

Tabla 30. Armadura de vigas del modelo M3E8 para el edificio de 8 niveles. Fuente: Elaboración propia, 2017

M3E8		
VIGA S		
		mm ² /m
As1	4 de ϕ 16	804
As2	2 de ϕ 16 y 1 de ϕ 8	452
Ast	ϕ 8 a 8	1257
VIGA P		
		mm ² /m
As1	4 de ϕ 16	804
As2	2 de ϕ 16 y 1 de ϕ 8	452
Ast	ϕ 8 a 8	1257
VIGA 8		
		mm ² /m
As1	3 de ϕ 16	603
As2	2 de ϕ 16 y 1 de ϕ 8	452
Ast	ϕ 8 a 8	1257

Tabla 31. Armadura de vigas del modelo M4E8 para el edificio de 8 niveles.

M4E8		
VIGA S		
		mm ² /m
As1	4 de $\phi 16$	804
As2	2 de $\phi 16$ y 1 de $\phi 8$	452
Ast	$\phi 8$ a 8	1257
VIGA P		
		mm ² /m
As1	4 de $\phi 16$	804
As2	2 de $\phi 16$ y 1 de $\phi 8$	452
Ast	$\phi 8$ a 8	1257
VIGA 8		
		mm ² /m
As1	3 de $\phi 16$	603
As2	2 de $\phi 16$ y 1 de $\phi 8$	452
Ast	$\phi 8$ a 8	1257

A modo de ejemplo se muestra en la Fig. 28 el detalle armado de la VIGA S del modelo M4E8

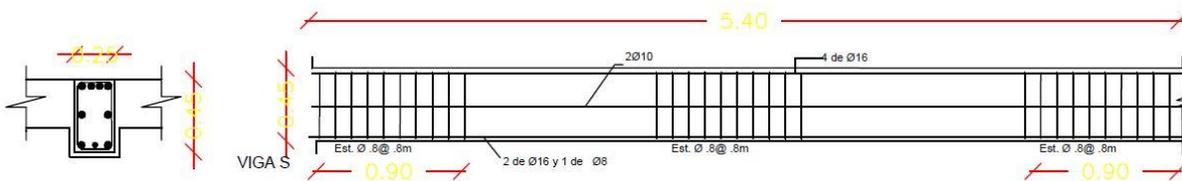


Figura 28. Detalle de armado de la VIGA S del modelo M4E8

En los cuatro modelos, los pilares presentan la misma dimensión en cada nivel, siendo ésta menor en los dos últimos. Así, los pilares de los primeros seis niveles tienen por nombre “C1”, mientras que los del nivel siete y ocho son llamados “C2”.

Las dimensiones de los pilares de los diferentes modelos se presentan en la Tabla 32.

Tabla 32. Sección de pilares para el edificio de 8 niveles

M1E8	
mm	
C1	650x650
C2	400x400
M2E8	
mm	
C1	400x400
C2	300x300
M3E8	
mm	
C1	350x350
C2	300x300
M4E8	
mm	
C1	350x350
C2	300x300

El armado de los pilares de los diferentes modelos se presenta en las Tablas 33, 34, 35 y 36.

Tabla 33. Armadura de pilares del modelo M1E8 para el edificio de 8 niveles.

C1		
		mm ²
As	16 de ϕ 32	12864
Ast	ϕ 8 a 10	
C2		
		mm ²
As	12 de ϕ 18	3060
Ast	ϕ 8 a 10	

Tabla 34. Armadura de pilares del modelo M2E8 para el edificio de 8 niveles

C1		
		mm ²
As	16 de ϕ 18	4072
Ast	ϕ 8 a 10	
C2		
		mm ²
As	12 de ϕ 18	3060
Ast	ϕ 8 a 10	

Tabla 35. Armadura de pilares del modelo M3E8 para el edificio de 8 niveles.

C1		
		mm ²
As	12 de φ20	3770
Ast	φ8 a 10	
C2		
		mm ²
As	12 de φ16	2412
Ast	φ8 a 10	

Tabla 36. Armadura de pilares del modelo M4E8 para el edificio de 8 niveles.

C1		
		mm ²
As	12 de φ20	3770
Ast	φ8 a 10	
C2		
		mm ²
As	12 de φ16	2412
Ast	φ8 a 10	

En la Fig. 29 se muestra, para ejemplificar, el detalle de armado del pilar C1 y C2 del modelo M4E8,

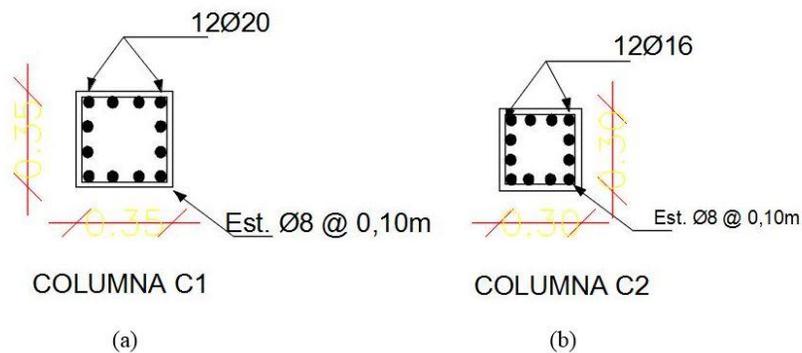


Figura 29. Detalle de armado del pilar (a) C1 y (b) C2 del modelo M4E8

5.3.2 Métodos de análisis sísmico

5.3.2.1 Método de las fuerzas estáticas equivalentes

Siguiendo el mismo procedimiento que para el caso anterior y teniendo en cuenta que la aceleración de cálculo se mantiene para este análisis ($a_c = 0,1244g$), es necesario tomar en consideración la variación que se ha producido con el aumento de las plantas del edificio.

En las tablas 37, 38, 39 y 40 se presenta la Fuerza sísmica estática F_k correspondiente a los cuatro modelos, dependientes del coeficiente de respuesta β para cada ductilidad asociada.

Tabla 37. Fuerza sísmica estática F_k por planta para el coeficiente de respuesta por ductilidad β asociado a $\mu = 1$. Modelo E1E8.

Nivel	Coeficiente S_k	Peso del nivel P_k (kN)	Fuerza sísmica estática F_k (kN)
1	0,10	3.284,69	318,16
2	0,17	3.197,33	530,23
3	0,23	3.197,33	731,98
4	0,28	3.197,33	907,8
5	0,33	3.197,33	1.051,46
6	0,36	3.197,33	1.157,87
7	0,38	3.177,64	1.215,73
8	0,39	2.161,84	842,01

Tabla 38. Fuerza sísmica estática F_k por planta para el coeficiente de respuesta por ductilidad β asociado a $\mu = 2$. Modelo E2E8.

Nivel	Coeficiente S_k	Peso del nivel P_k (kN)	Fuerza sísmica estática F_k (kN)
1	0,05	3.284,69	159,08
2	0,08	3.197,33	265,12
3	0,11	3.197,33	365,99
4	0,14	3.197,33	453,90
5	0,16	3.197,33	525,73
6	0,18	3.197,33	578,93
7	0,19	3.177,64	607,87
8	0,19	2.161,84	421,01

Tabla 39. Fuerza sísmica estática F_k por planta para el coeficiente de respuesta por ductilidad β asociado a $\mu = 3$. Modelo E3E8.

Nivel	Coeficiente S_k	Peso del nivel P_k (kN)	Fuerza sísmica estática F_k (kN)
1	0,03	3.297,81	105,38
2	0,05	3.213,45	175,80
3	0,08	3.213,45	242,69
4	0,09	3.213,45	300,98
5	0,11	3.213,45	348,61
6	0,12	3.213,45	383,89
7	0,13	3.202,76	404,22
8	0,13	2.186,96	280,99

Tabla 40. Fuerza sísmica estática F_k por planta para el coeficiente de respuesta por ductilidad β asociado a $\mu = 4$. Modelo E4E8.

Nivel	Coeficiente S_k	Peso del nivel P_k (kN)	Fuerza sísmica estática F_k (kN)
1	0,024	3.297,81	79,83
2	0,04	3.213,45	133,79
3	0,06	3.213,45	183,85
4	0,07	3.213,45	228,01
5	0,08	3.213,45	264,10
6	0,09	3.213,45	290,82
7	0,10	3.202,76	306,23
8	0,10	2.186,96	212,87

5.4.2.2 Análisis modal espectral

El espectro elástico de respuesta no depende de las características del modelo, si no de parámetros asociados al terreno donde se va a cimentar la estructura. Debido a esto no se recalculará el espectro, utilizándose en el análisis de estos modelos, el mismo que el utilizado en los modelos anteriores.

Capítulo 6

PRESUPUESTO

6.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presenta el coste de los edificios considerados en el capítulo anterior, con el fin de conocer la influencia del comportamiento por ductilidad en el coste estructural de edificios sometidos a la acción sísmica.

Para realizar el presupuesto solo se han tomado en cuenta las vigas y los pilares de los distintos modelos, dado que los forjados, muros de ascensor y demás elementos, al haber sido diseñados con las mismas dimensiones y sin tomar en cuenta los preceptos de ductilidad, no tenían influencia en el resultado del análisis que se quiere realizar.

En las Tablas 41 y 42 se presenta el resumen de los presupuestos realizados para los modelos de 4 y 8 niveles, con los coeficientes de ductilidad 1, 2, 3 y 4. Luego, en las Tablas 43 y 44, se presenta el cuadro de precios de los distintos elementos a presupuestar.

Por último, se desglosan las mediciones y aplicaciones de precios de los diferentes modelos.

Para las mediciones y aplicaciones de precio de los modelos, se tomaron en cuenta las dimensiones de las distintas secciones y el diseño del acero de refuerzo de las vigas y pilares descritos en el capítulo 5.

Así/entonces, se excluyen de este apartado los resultados correspondientes a los pilares y vigas que conforman el resto del edificio, así como también, los forjados de entrepiso y muros de hormigón armado.

Tabla 41. Resumen de presupuesto para el edificio de 4 niveles.

M1E4	M2E4	M3E4	M4E4
VIGAS			
23,383.88 €	23,785.19 €	25,611.37 €	27,675.73 €
PILARES			
21,352.59 €	21,352.59 €	21,352.59 €	24,257.48 €
TOTAL			
44,736.48 €	45,137.78 €	46,963.97 €	51,933.21 €

Tabla 42. Resumen de presupuesto para el edificio de 8 niveles.

M1E8	M2E8	M3E8	M4E8
VIGAS			
92,633.40 €	58,221.89 €	51,222.75 €	55,118.09 €
PILARES			
135,038.86 €	104,570.28 €	47,525.90 €	39,957.00 €
TOTAL			
227,672.27 €	162,792.17 €	98,748.65 €	95,075.09 €

Tabla 43. Cuadro de Precios I, Vigas.

CUADRO DE PRECIOS 1			
VIGAS			

Código	Ud.	Descripción	Precio
1.1	M3	HORMIGON H-30 EN VIGAS Hormigón para vigas, HP-30/B/20/Iib, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, vertido con bomba	107.68 Eu
		Son ciento siete euros con sesenta y ocho céntimos por M3	
1.2	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro como máximo 16 mm, para el armado de vigas	1.16 Eu
		Son un euros con dieciséis céntimos por KG	
1.3	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro superior a 16 mm, para el armado de vigas	1.13 Eu
		Son un euros con trece céntimos por KG	
1.4	M2	ENCOFRADOS PARA VIGAS Montaje y desmontaje de encofrado con panel metálico, para vigas de directriz recta	17.95 Eu
		Son diecisiete euros con noventa y cinco céntimos	

Tabla 44. Cuadro de Precios I, Pilares.

CUADRO DE PRECIOS 1			
PILARES			
Código	Ud.	Descripción	Precio
1.1	M3	HORMIGON H-30 EN PILARES Hormigón para pilares pantalla, HA-30/B/20/IV+H, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, colocado con bomba	108.70 Eu
		Son ciento ocho euros con setenta céntimos por M3	
1.2	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro hasta 16 mm, para el armado de pilares	1.07 Eu
		Son un euros con siete céntimos por KG	
1.3	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro superior a 16 mm, para el armado de pilares	1.04 Eu
		Son un euros con cuatro céntimos por KG	
1.4	M2	ENCOFRADOS PARA PILARES Montaje y desmontaje de encofrado con plafones metálicos para pilares de sección rectangular, para revestir, de altura hasta 5 m	14.42 Eu
		Son catorce euros con cuarenta y dos céntimos	

6.2 PRESUPUESTO DE MODELO TIPO 1, EDIFICIO DE 4 NIVELES

6.2.1 Mediciones

MEDICIONES	
VIGAS	

Código	Ud.	Descripción	Medición
1.1	M3	HORMIGON H-30 EN VIGAS Hormigón para vigas, HP-30/B/20/Iib, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, vertido con bomba	
		Comentario	Uds. Largo Ancho Alto Subtotal
		Vigas S	1 140.10 0.20 0.30 8.41
		Vigas P	1 279.6 0.25 0.30 20.97
		Vigas 4	1 139.9 0.20 0.30 8.39
			37.77
1.2	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro como máximo 16 mm, para el armado de vigas	
		Comentario	Uds. Largo Ø Kg./m.l. Subtotal
		Vigas S	1 770.55 8 0.395 304.37
		Vigas P	1 924.66 16 1.58 1,460.96
		Vigas 4	1 3383.16 10 0.617 2,087.41
			1,765.33
			2,087.41
			243.15
			972.58
			1,215.73
1.3	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro superior a 16 mm, para el armado de vigas	
		Comentario	Uds. Largo Ø Kg./m.l. Subtotal
		Vigas P	1 1845.36 20 2.47 4,558.04
			4,558.04
1.4	M2	ENCOFRADOS PARA VIGAS Montaje y desmontaje de encofrado con panel metálico, para vigas de directriz recta	
		Comentario	Uds. Largo Ancho Alto Subtotal
		Vigas S	1 140.10 0.20 28.02
			2 140.10 0.30 84.06
		Vigas P	1 279.6 0.25 69.90
			2 279.6 0.30 167.76
		Vigas 4	1 139.9 0.20 27.98
			2 139.9 0.30 83.94
			461.66

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL COMPORTAMIENTO POR DUCTILIDAD...

MEDICIONES
PILARES

Código	Ud.	Descripción	Medición
--------	-----	-------------	----------

- 1.1 M3 **HORMIGON H-30 EN PILARES**
 Hormigón para pilares pantalla, HA-30/B/20/IV+H, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, colocado con bomba

Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal
Columna C1	31	4.00	0.30	0.30	11.16
Columna C1	62	3.00	0.30	0.30	16.74
Columna C2	31	3.00	0.25	0.25	5.81

33.71

- 1.2 KG **ACERO ARMAR B 500 SD**
 Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm², de diámetro hasta 16 mm, para el armado de pilares

Comentario	Uds.	Largo	Ø	Kg./m.l.	Subtotal
Columna C1	31	128.4	8	0.395	1,572.26
	31	139.92	16	1.58	6,853.28
Columna C2	31	34	8	0.395	416.33
	31	29.04	16	1.58	1,422.38

8,425.54

1,838.71

- 1.3 M2 **ENCOFRADOS PARA PILARES**
 Montaje y desmontaje de encofrado con plafones metálicos para pilares de sección rectangular, para revestir, de altura hasta 5 m

Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal
Columna C1	62	4.00	0.30		74.40
	62	4.00		0.30	74.40
Columna C1	124	3.00	0.30		111.60
	124	3.00		0.30	111.60
Columna C2	62	3.00	0.25		46.50
	62	3.00		0.25	46.50

465.00

6.2.2 Aplicación de Precios

APLICACIÓN DE PRECIOS

VIGAS

Código	Ud.	Descripción	Medición	Precio	Importe																																													
1.1	M3	HORMIGON H-30 EN VIGAS Hormigón para vigas, HP-30/B/20/IIb, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, vertido con bomba																																																
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">Comentario</th> <th style="width: 10%;">Uds.</th> <th style="width: 15%;">Largo</th> <th style="width: 15%;">Ancho</th> <th style="width: 15%;">Alto</th> <th style="width: 15%;">Subtotal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Vigas S</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">140.10</td> <td style="text-align: center;">0.20</td> <td style="text-align: center;">0.30</td> <td style="text-align: center;">8.41</td> </tr> <tr> <td>Vigas P</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">279.6</td> <td style="text-align: center;">0.25</td> <td style="text-align: center;">0.30</td> <td style="text-align: center;">20.97</td> </tr> <tr> <td>Vigas 4</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">139.9</td> <td style="text-align: center;">0.20</td> <td style="text-align: center;">0.30</td> <td style="text-align: center;">8.39</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">37.77</td> </tr> </tbody> </table>	Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal	Vigas S	1	140.10	0.20	0.30	8.41	Vigas P	1	279.6	0.25	0.30	20.97	Vigas 4	1	139.9	0.20	0.30	8.39						37.77		107.68 Eu	4,067.07 Eu															
Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal																																													
Vigas S	1	140.10	0.20	0.30	8.41																																													
Vigas P	1	279.6	0.25	0.30	20.97																																													
Vigas 4	1	139.9	0.20	0.30	8.39																																													
					37.77																																													
1.2	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro como máximo 16 mm, para el armado de vigas																																																
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">Comentario</th> <th style="width: 10%;">Uds.</th> <th style="width: 15%;">Largo</th> <th style="width: 10%;">Ø</th> <th style="width: 15%;">Kg./m.l.</th> <th style="width: 15%;">Subtotal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Vigas S</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">770.55</td> <td style="text-align: center;">8</td> <td style="text-align: center;">0.395</td> <td style="text-align: center;">304.37</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">924.66</td> <td style="text-align: center;">16</td> <td style="text-align: center;">1.58</td> <td style="text-align: center;">1,460.96</td> </tr> <tr> <td>Vigas P</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">3383.16</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">0.617</td> <td style="text-align: center;">2,087.41</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Vigas 4</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">615.56</td> <td style="text-align: center;">8</td> <td style="text-align: center;">0.395</td> <td style="text-align: center;">243.15</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">615.56</td> <td style="text-align: center;">16</td> <td style="text-align: center;">1.58</td> <td style="text-align: center;">972.58</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">5,068.47</td> </tr> </tbody> </table>	Comentario	Uds.	Largo	Ø	Kg./m.l.	Subtotal	Vigas S	1	770.55	8	0.395	304.37	1	924.66	16	1.58	1,460.96	Vigas P	1	3383.16	10	0.617	2,087.41	Vigas 4	1	615.56	8	0.395	243.15	1	615.56	16	1.58	972.58						5,068.47		1.16 Eu	5,879.43 Eu					
Comentario	Uds.	Largo	Ø	Kg./m.l.	Subtotal																																													
Vigas S	1	770.55	8	0.395	304.37																																													
	1	924.66	16	1.58	1,460.96																																													
Vigas P	1	3383.16	10	0.617	2,087.41																																													
Vigas 4	1	615.56	8	0.395	243.15																																													
	1	615.56	16	1.58	972.58																																													
					5,068.47																																													
1.3	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro superior a 16 mm, para el armado de vigas																																																
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">Comentario</th> <th style="width: 10%;">Uds.</th> <th style="width: 15%;">Largo</th> <th style="width: 10%;">Ø</th> <th style="width: 15%;">Kg./m.l.</th> <th style="width: 15%;">Subtotal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Vigas P</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">1845.36</td> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">2.47</td> <td style="text-align: center;">4,558.04</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">4,558.04</td> </tr> </tbody> </table>	Comentario	Uds.	Largo	Ø	Kg./m.l.	Subtotal	Vigas P	1	1845.36	20	2.47	4,558.04						4,558.04		1.13 Eu	5,150.58 Eu																											
Comentario	Uds.	Largo	Ø	Kg./m.l.	Subtotal																																													
Vigas P	1	1845.36	20	2.47	4,558.04																																													
					4,558.04																																													
1.4	M2	ENCOFRADOS PARA VIGAS Montaje y desmontaje de encofrado con panel metálico, para vigas de directriz recta																																																
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">Comentario</th> <th style="width: 10%;">Uds.</th> <th style="width: 15%;">Largo</th> <th style="width: 15%;">Ancho</th> <th style="width: 15%;">Alto</th> <th style="width: 15%;">Subtotal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Vigas S</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">140.10</td> <td style="text-align: center;">0.20</td> <td></td> <td style="text-align: center;">28.02</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">140.10</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.30</td> <td style="text-align: center;">84.06</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Vigas P</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">279.6</td> <td style="text-align: center;">0.25</td> <td></td> <td style="text-align: center;">69.90</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">279.6</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.30</td> <td style="text-align: center;">167.76</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Vigas 4</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">139.9</td> <td style="text-align: center;">0.20</td> <td></td> <td style="text-align: center;">27.98</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">139.9</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.30</td> <td style="text-align: center;">83.94</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">461.66</td> </tr> </tbody> </table>	Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal	Vigas S	1	140.10	0.20		28.02	2	140.10		0.30	84.06	Vigas P	1	279.6	0.25		69.90	2	279.6		0.30	167.76	Vigas 4	1	139.9	0.20		27.98	2	139.9		0.30	83.94						461.66		17.95 Eu	8,286.80 Eu
Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal																																													
Vigas S	1	140.10	0.20		28.02																																													
	2	140.10		0.30	84.06																																													
Vigas P	1	279.6	0.25		69.90																																													
	2	279.6		0.30	167.76																																													
Vigas 4	1	139.9	0.20		27.98																																													
	2	139.9		0.30	83.94																																													
					461.66																																													
TOTAL CAPÍTULO 1: VIGAS					23,383.88 Eu																																													

APLICACIÓN DE PRECIOS

PILARES

Código	Ud.	Descripción	Medición	Precio	Importe
1.1	M3	HORMIGON H-30 EN PILARES Hormigón para pilares pantalla, HA-30/B/20/IV+H, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, colocado con bomba			
		Comentario Uds. Largo Ancho Alto Subtotal			
		Columna C1 31 4.00 0.30 0.30 11.16			
		Columna C1 62 3.00 0.30 0.30 16.74			
		Columna C2 31 3.00 0.25 0.25 5.81			
			33.71	108.70 Eu	3,664.55 Eu
1.2	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico >= 500 N/mm ² , de diámetro hasta 16 mm, para el armado de pilares			
		Comentario Uds. Largo Ø Kg./m.l. Subtotal			
		Columna C1			
		31 128.4 8 0.395 1,572.26			
		31 139.92 16 1.58 6,853.28			
		Columna C2			
		31 34 8 0.395 416.33			
		31 29.04 16 1.58 1,422.38			
			10,264.25	1.07 Eu	10,982.75 Eu
1.3	M2	ENCOFRADOS PARA PILARES Montaje y desmontaje de encofrado con plafones metálicos para pilares de sección rectangular, para revestir, de altura hasta 5 m			
		Comentario Uds. Largo Ancho Alto Subtotal			
		Columna C1 62 4.00 0.30 0.30 74.40			
		62 4.00 0.30 0.30 74.40			
		Columna C1 124 3.00 0.30 0.30 111.60			
		124 3.00 0.30 0.30 111.60			
		Columna C2 62 3.00 0.25 0.25 46.50			
		62 3.00 0.25 0.25 46.50			
			465.00	14.42 Eu	6,705.30 Eu
TOTAL CAPÍTULO 2: PILARES					21,352.59 Eu
TOTAL PRESUPUESTO					44,736.48 Eu

6.3 PRESUPUESTO DE MODELO TIPO 2, EDIFICIO DE 4 NIVELES

6.3.1 Mediciones

MEDICIONES
VIGAS

Código	Ud.	Descripción					Medición
1.1	M3	HORMIGON H-30 EN VIGAS Hormigón para vigas, HP-30/B/20/IIb, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, vertido con bomba					
		Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal
		Vigas S	1	140.10	0.20	0.30	8.41
		Vigas P	1	279.6	0.25	0.30	20.97
		Vigas 4	1	419.7	0.20	0.30	25.18
							54.56
1.2	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro como máximo 16 mm, para el armado de vigas					
		Comentario	Uds.	Largo	Ø	Kg./m.l.	Subtotal
		Vigas S	1	154.11	8	0.395	60.87
			1	1284.25	12	0.888	1,140.41
			1	924.66	16	1.58	1,460.96
		Vigas P	1	307.56	8	0.395	121.49
			1	3383.16	10	0.617	2,087.41
			1	1845.36	16	1.58	2,915.67
		Vigas 4	1	153.89	8	0.395	60.79
			1	1282.42	10	0.617	791.25
			1	769.45	16	1.58	1,215.73
							2,067.77
1.3	M2	ENCOFRADOS PARA VIGAS Montaje y desmontaje de encofrado con panel metálico, para vigas de directriz recta					
		Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal
		Vigas S	1	140.10	0.20		28.02
			2	140.10		0.30	84.06
		Vigas P	1	279.6	0.25		69.90
			2	279.6		0.30	167.76
		Vigas 4	1	139.9	0.20		27.98
			2	139.9		0.30	83.94
							461.66

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL COMPORTAMIENTO POR DUCTILIDAD...

MEDICIONES

PILARES

Código	Ud.	Descripción				Medición		
1.1	M3	HORMIGON H-30 EN PILARES						
		Hormigón para pilares pantalla, HA-30/B/20/IV+H, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, colocado con bomba						
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>	<u>Alto</u>	<u>Subtotal</u>	
		Columna C1	31	4.00	0.30	0.30	11.16	
		Columna C1	62	3.00	0.30	0.30	16.74	
		Columna C2	31	3.00	0.25	0.25	5.81	33.71
1.2	KG	ACERO ARMAR B 500 SD						
		Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro hasta 16 mm, para el armado de pilares						
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ø</u>	<u>Kg./m.l.</u>	<u>Subtotal</u>	
		Columna C1	31	128.4	8	0.395	1,572.26	
			31	139.92	16	1.58	6,853.28	8,425.54
		Columna C2	31	34	8	0.395	416.33	
			31	29.04	16	1.58	1,422.38	1,838.71
1.3	M2	ENCOFRADOS PARA PILARES						
		Montaje y desmontaje de encofrado con plafones metálicos para pilares de sección rectangular, para revestir, de altura hasta 5 m						
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>	<u>Alto</u>	<u>Subtotal</u>	
		Columna C1	62	4.00	0.30		74.40	
			62	4.00		0.30	74.40	
		Columna C1	124	3.00	0.30		111.60	
			124	3.00		0.30	111.60	
		Columna C2	62	3.00	0.25		46.50	
			62	3.00		0.25	46.50	465.00

6.3.2 Aplicación de Precios

APLICACIÓN DE PRECIOS

VIGAS

Código	Ud.	Descripción	Medición	Precio	Importe																																																																																				
1.1	M3	HORMIGON H-30 EN VIGAS Hormigón para vigas, HP-30/B/20/IIb, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, vertido con bomba																																																																																							
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">Comentario</th> <th style="width: 10%;">Uds.</th> <th style="width: 15%;">Largo</th> <th style="width: 15%;">Ancho</th> <th style="width: 15%;">Alto</th> <th style="width: 15%;">Subtotal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Vigas S</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">140.10</td> <td style="text-align: center;">0.20</td> <td style="text-align: center;">0.30</td> <td style="text-align: center;">8.41</td> </tr> <tr> <td>Vigas P</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">279.6</td> <td style="text-align: center;">0.25</td> <td style="text-align: center;">0.30</td> <td style="text-align: center;">20.97</td> </tr> <tr> <td>Vigas 4</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">139.9</td> <td style="text-align: center;">0.20</td> <td style="text-align: center;">0.30</td> <td style="text-align: center;">8.39</td> </tr> <tr> <td colspan="5"></td> <td style="text-align: right;">37.77</td> </tr> </tbody> </table>	Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal	Vigas S	1	140.10	0.20	0.30	8.41	Vigas P	1	279.6	0.25	0.30	20.97	Vigas 4	1	139.9	0.20	0.30	8.39						37.77																																																									
Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal																																																																																				
Vigas S	1	140.10	0.20	0.30	8.41																																																																																				
Vigas P	1	279.6	0.25	0.30	20.97																																																																																				
Vigas 4	1	139.9	0.20	0.30	8.39																																																																																				
					37.77																																																																																				
				107.68 Eu	4,067.07 Eu																																																																																				
1.2	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro como máximo 16 mm, para el armado de vigas																																																																																							
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">Comentario</th> <th style="width: 10%;">Uds.</th> <th style="width: 15%;">Largo</th> <th style="width: 10%;">Ø</th> <th style="width: 15%;">Kg./m.l.</th> <th style="width: 15%;">Subtotal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Vigas S</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">154.11</td> <td style="text-align: center;">8</td> <td style="text-align: center;">0.395</td> <td style="text-align: center;">60.87</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">1284.25</td> <td style="text-align: center;">12</td> <td style="text-align: center;">0.888</td> <td style="text-align: center;">1,140.41</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">924.66</td> <td style="text-align: center;">16</td> <td style="text-align: center;">1.58</td> <td style="text-align: center;">1,460.96</td> </tr> <tr> <td>Vigas P</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">307.56</td> <td style="text-align: center;">8</td> <td style="text-align: center;">0.395</td> <td style="text-align: center;">121.49</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">3383.16</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">0.617</td> <td style="text-align: center;">2,087.41</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">1845.36</td> <td style="text-align: center;">16</td> <td style="text-align: center;">1.58</td> <td style="text-align: center;">2,915.67</td> </tr> <tr> <td>Vigas 4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">153.89</td> <td style="text-align: center;">8</td> <td style="text-align: center;">0.395</td> <td style="text-align: center;">60.79</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">1282.42</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">0.617</td> <td style="text-align: center;">791.25</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">769.45</td> <td style="text-align: center;">16</td> <td style="text-align: center;">1.58</td> <td style="text-align: center;">1,215.73</td> </tr> <tr> <td colspan="5"></td> <td style="text-align: right;">9,854.58</td> </tr> </tbody> </table>	Comentario	Uds.	Largo	Ø	Kg./m.l.	Subtotal	Vigas S							1	154.11	8	0.395	60.87		1	1284.25	12	0.888	1,140.41		1	924.66	16	1.58	1,460.96	Vigas P							1	307.56	8	0.395	121.49		1	3383.16	10	0.617	2,087.41		1	1845.36	16	1.58	2,915.67	Vigas 4							1	153.89	8	0.395	60.79		1	1282.42	10	0.617	791.25		1	769.45	16	1.58	1,215.73						9,854.58			
Comentario	Uds.	Largo	Ø	Kg./m.l.	Subtotal																																																																																				
Vigas S																																																																																									
	1	154.11	8	0.395	60.87																																																																																				
	1	1284.25	12	0.888	1,140.41																																																																																				
	1	924.66	16	1.58	1,460.96																																																																																				
Vigas P																																																																																									
	1	307.56	8	0.395	121.49																																																																																				
	1	3383.16	10	0.617	2,087.41																																																																																				
	1	1845.36	16	1.58	2,915.67																																																																																				
Vigas 4																																																																																									
	1	153.89	8	0.395	60.79																																																																																				
	1	1282.42	10	0.617	791.25																																																																																				
	1	769.45	16	1.58	1,215.73																																																																																				
					9,854.58																																																																																				
				1.16 Eu	11,431.32 Eu																																																																																				
1.3	M2	ENCOFRADOS PARA VIGAS Montaje y desmontaje de encofrado con panel metálico, para vigas de directriz recta																																																																																							
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">Comentario</th> <th style="width: 10%;">Uds.</th> <th style="width: 15%;">Largo</th> <th style="width: 15%;">Ancho</th> <th style="width: 15%;">Alto</th> <th style="width: 15%;">Subtotal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Vigas S</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">140.10</td> <td style="text-align: center;">0.20</td> <td></td> <td style="text-align: center;">28.02</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">140.10</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.30</td> <td style="text-align: center;">84.06</td> </tr> <tr> <td>Vigas P</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">279.6</td> <td style="text-align: center;">0.25</td> <td></td> <td style="text-align: center;">69.90</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">279.6</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.30</td> <td style="text-align: center;">167.76</td> </tr> <tr> <td>Vigas 4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">139.9</td> <td style="text-align: center;">0.20</td> <td></td> <td style="text-align: center;">27.98</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">139.9</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.30</td> <td style="text-align: center;">83.94</td> </tr> <tr> <td colspan="5"></td> <td style="text-align: right;">461.66</td> </tr> </tbody> </table>	Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal	Vigas S							1	140.10	0.20		28.02		2	140.10		0.30	84.06	Vigas P							1	279.6	0.25		69.90		2	279.6		0.30	167.76	Vigas 4							1	139.9	0.20		27.98		2	139.9		0.30	83.94						461.66																					
Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal																																																																																				
Vigas S																																																																																									
	1	140.10	0.20		28.02																																																																																				
	2	140.10		0.30	84.06																																																																																				
Vigas P																																																																																									
	1	279.6	0.25		69.90																																																																																				
	2	279.6		0.30	167.76																																																																																				
Vigas 4																																																																																									
	1	139.9	0.20		27.98																																																																																				
	2	139.9		0.30	83.94																																																																																				
					461.66																																																																																				
				17.95 Eu	8,286.80 Eu																																																																																				
TOTAL CAPÍTULO 1: VIGAS					23,785.19 Eu																																																																																				

APLICACION DE PRECIOS

PILARES

Código	Ud.	Descripción	Medición	Precio	Importe
--------	-----	-------------	----------	--------	---------

1.1 M3 **HORMIGON H-30 EN PILARES**

Hormigón para pilares pantalla, HA-30/B/20/IV+H, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, colocado con bomba

Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal
Columna C1	31	4.00	0.30	0.30	11.16
Columna C1	62	3.00	0.30	0.30	16.74
Columna C2	31	3.00	0.25	0.25	5.81

33.71 108.70 Eu 3,664.55 Eu

1.2 KG **ACERO ARMAR B 500 SD**

Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm², de diámetro hasta 16 mm, para el armado de pilares

Comentario	Uds.	Largo	Ø	Kg./m.l.	Subtotal
Columna C1	31	128.4	8	0.395	1,572.26
	31	139.92	16	1.58	6,853.28
Columna C2	31	34	8	0.395	416.33
	31	29.04	16	1.58	1,422.38

10,264.25 1.07 Eu 10,982.75 Eu

1.3 M2 **ENCOFRADOS PARA PILARES**

Montaje y desmontaje de encofrado con plafones metálicos para pilares de sección rectangular, para revestir, de altura hasta 5 m

Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal
Columna C1	62	4.00	0.30		74.40
	62	4.00		0.30	74.40
Columna C1	124	3.00	0.30		111.60
	124	3.00		0.30	111.60
Columna C2	62	3.00	0.25		46.50
	62	3.00		0.25	46.50

465.00 14.42 Eu 6,705.30 Eu

TOTAL CAPÍTULO 2: PILARES 21,352.59 Eu

TOTAL PRESUPUESTO 45,137.78 Eu

6.4 PRESUPUESTO DE MODELO TIPO 3, EDIFICIO DE 4 NIVELES

6.4.1 Mediciones

MEDICIONES	
VIGAS	

Código	Ud.	Descripción				Medición		
1.1	M3	HORMIGON H-30 EN VIGAS Hormigón para vigas, HP-30/B/20/IIb, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, vertido con bomba						
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>	<u>Alto</u>	<u>Subtotal</u>	
		Vigas S	1	140.10	0.20	0.45	12.61	
		Vigas P	1	279.6	0.20	0.45	25.16	
		Vigas 4	1	139.9	0.20	0.45	12.59	50.36
1.2	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro como máximo 16 mm, para el armado de vigas						
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ø</u>	<u>Kg./m.l.</u>	<u>Subtotal</u>	
		Vigas S	1	2658.39	8	0.395	1,050.06	
			1	308.22	10	0.617	190.17	
			1	924.66	16	1.58	1,460.96	2,701.20
		Vigas P	1	5305.41	8	0.395	2,095.64	
			1	615.12	10	0.617	379.53	
			1	1845.36	16	1.58	2,915.67	5,390.83
		Vigas 4	1	2654.6	8	0.395	1,048.57	
			1	923.34	10	0.617	569.70	
			1	769.45	16	1.58	1,215.73	2,834.00
1.3	M2	ENCOFRADOS PARA VIGAS Montaje y desmontaje de encofrado con panel metálico, para vigas de directriz recta						
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>	<u>Alto</u>	<u>Subtotal</u>	
		Vigas S	1	140.10	0.20		28.02	
			2	140.10		0.45	126.09	
		Vigas P	1	279.6	0.20		55.92	
			2	279.6		0.45	251.64	
		Vigas 4	1	139.9	0.20		27.98	
			2	139.9		0.45	125.91	615.56

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL COMPORTAMIENTO POR DUCTILIDAD...

MEDICIONES

PILARES

Código	Ud.	Descripción				Medición		
1.1	M3	HORMIGON H-30 EN PILARES Hormigón para pilares pantalla, HA-30/B/20/IV+H, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, colocado con bomba						
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>	<u>Alto</u>	<u>Subtotal</u>	
		Columna C1	31	4.00	0.35	0.35	15.19	
		Columna C1	62	3.00	0.35	0.35	22.79	
		Columna C2	31	3.00	0.25	0.25	5.81	43.79
1.2	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro hasta 16 mm, para el armado de pilares						
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ø</u>	<u>Kg./m.l.</u>	<u>Subtotal</u>	
		Columna C1	31	128.4	8	0.395	1,572.26	1,572.26
		Columna C2	31	34	8	0.395	416.33	
			31	29.04	16	1.58	1,422.38	1,838.71
1.3	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro superior a 16 mm, para el armado de pilares						
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ø</u>	<u>Kg./m.l.</u>	<u>Subtotal</u>	
		Columna C1	31	139.92	20	2.47	10,713.67	10,713.67
1.4	M2	ENCOFRADOS PARA PILARES Montaje y desmontaje de encofrado con plafones metálicos para pilares de sección rectangular, para revestir, de altura hasta 5 m						
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>	<u>Alto</u>	<u>Subtotal</u>	
		Columna C1	62	4.00	0.35		86.80	
			62	4.00		0.35	86.80	
		Columna C1	124	3.00	0.35		130.20	
			124	3.00		0.35	130.20	
		Columna C2	62	3.00	0.25		46.50	
			62	3.00		0.25	46.50	527.00

6.4.2 Aplicación de Precios

APLICACIÓN DE PRECIOS

VIGAS

Código	Ud.	Descripción	Medición	Precio	Importe																																																												
1.1	M3	HORMIGON H-30 EN VIGAS Hormigón para vigas, HP-30/B/20/IIb, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, vertido con bomba																																																															
		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Comentario</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Uds.</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Largo</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Ancho</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Alto</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Subtotal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Vigas S</td> <td>1</td> <td>140.10</td> <td>0.20</td> <td>0.45</td> <td>12.61</td> </tr> <tr> <td>Vigas P</td> <td>1</td> <td>279.6</td> <td>0.20</td> <td>0.45</td> <td>25.16</td> </tr> <tr> <td>Vigas 4</td> <td>1</td> <td>139.9</td> <td>0.20</td> <td>0.45</td> <td>12.59</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: right;">50.36</td> </tr> </tbody> </table>	Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal	Vigas S	1	140.10	0.20	0.45	12.61	Vigas P	1	279.6	0.20	0.45	25.16	Vigas 4	1	139.9	0.20	0.45	12.59						50.36		107.68 Eu	5,423.20 Eu																														
Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal																																																												
Vigas S	1	140.10	0.20	0.45	12.61																																																												
Vigas P	1	279.6	0.20	0.45	25.16																																																												
Vigas 4	1	139.9	0.20	0.45	12.59																																																												
					50.36																																																												
1.2	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro como máximo 16 mm, para el armado de vigas																																																															
		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Comentario</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Uds.</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Largo</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Ø</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Kg./m.l.</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Subtotal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Vigas S</td> <td>1</td> <td>2658.39</td> <td>8</td> <td>0.395</td> <td>1,050.06</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>308.22</td> <td>10</td> <td>0.617</td> <td>190.17</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>924.66</td> <td>16</td> <td>1.58</td> <td>1,460.96</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Vigas P</td> <td>1</td> <td>5305.41</td> <td>8</td> <td>0.395</td> <td>2,095.64</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>615.12</td> <td>10</td> <td>0.617</td> <td>379.53</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1845.36</td> <td>16</td> <td>1.58</td> <td>2,915.67</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Vigas 4</td> <td>1</td> <td>2654.6</td> <td>8</td> <td>0.395</td> <td>1,048.57</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>923.34</td> <td>10</td> <td>0.617</td> <td>569.70</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>769.45</td> <td>16</td> <td>1.58</td> <td>1,215.73</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: right;">10,926.03</td> </tr> </tbody> </table>	Comentario	Uds.	Largo	Ø	Kg./m.l.	Subtotal	Vigas S	1	2658.39	8	0.395	1,050.06	1	308.22	10	0.617	190.17	1	924.66	16	1.58	1,460.96	Vigas P	1	5305.41	8	0.395	2,095.64	1	615.12	10	0.617	379.53	1	1845.36	16	1.58	2,915.67	Vigas 4	1	2654.6	8	0.395	1,048.57	1	923.34	10	0.617	569.70	1	769.45	16	1.58	1,215.73						10,926.03		1.16 Eu	12,674.20 Eu
Comentario	Uds.	Largo	Ø	Kg./m.l.	Subtotal																																																												
Vigas S	1	2658.39	8	0.395	1,050.06																																																												
	1	308.22	10	0.617	190.17																																																												
	1	924.66	16	1.58	1,460.96																																																												
Vigas P	1	5305.41	8	0.395	2,095.64																																																												
	1	615.12	10	0.617	379.53																																																												
	1	1845.36	16	1.58	2,915.67																																																												
Vigas 4	1	2654.6	8	0.395	1,048.57																																																												
	1	923.34	10	0.617	569.70																																																												
	1	769.45	16	1.58	1,215.73																																																												
					10,926.03																																																												
1.4	M2	ENCOFRADOS PARA VIGAS Montaje y desmontaje de encofrado con panel metálico, para vigas de directriz recta																																																															
		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Comentario</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Uds.</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Largo</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Ancho</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Alto</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Subtotal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Vigas S</td> <td>1</td> <td>140.10</td> <td>0.20</td> <td></td> <td>28.02</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>140.10</td> <td></td> <td>0.45</td> <td>126.09</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Vigas P</td> <td>1</td> <td>279.6</td> <td>0.20</td> <td></td> <td>55.92</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>279.6</td> <td></td> <td>0.45</td> <td>251.64</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Vigas 4</td> <td>1</td> <td>139.9</td> <td>0.20</td> <td></td> <td>27.98</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>139.9</td> <td></td> <td>0.45</td> <td>125.91</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: right;">615.56</td> </tr> </tbody> </table>	Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal	Vigas S	1	140.10	0.20		28.02	2	140.10		0.45	126.09	Vigas P	1	279.6	0.20		55.92	2	279.6		0.45	251.64	Vigas 4	1	139.9	0.20		27.98	2	139.9		0.45	125.91						615.56		17.95 Eu	11,049.30 Eu															
Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal																																																												
Vigas S	1	140.10	0.20		28.02																																																												
	2	140.10		0.45	126.09																																																												
Vigas P	1	279.6	0.20		55.92																																																												
	2	279.6		0.45	251.64																																																												
Vigas 4	1	139.9	0.20		27.98																																																												
	2	139.9		0.45	125.91																																																												
					615.56																																																												
TOTAL CAPÍTULO 1: VIGAS					29,146.69 Eu																																																												

APLICACIÓN DE PRECIOS

PILARES

Código	Ud.	Descripción	Medición	Precio	Importe					
1.1	M3	HORMIGON H-30 EN PILARES Hormigón para pilares pantalla, HA-30/B/20/IV+H, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, colocado con bomba								
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>	<u>Alto</u>	<u>Subtotal</u>			
		Columna C1	31	4.00	0.35	0.35	15.19			
		Columna C1	62	3.00	0.35	0.35	22.79			
		Columna C2	31	3.00	0.25	0.25	5.81			
							43.79	108.70 Eu		4,759.70 Eu
1.2	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro hasta 16 mm, para el armado de pilares								
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ø</u>	<u>Kg./m.l.</u>	<u>Subtotal</u>			
		Columna C1	31	128.4	8	0.395	1,572.26			
		Columna C2	31	34	8	0.395	416.33			
			31	29.04	16	1.58	1,422.38			
							3,410.97	1.07 Eu		3,649.73 Eu
1.3	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro superior a 16 mm, para el armado de pilares								
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ø</u>	<u>Kg./m.l.</u>	<u>Subtotal</u>			
		Columna C1	31	139.92	20	2.47	10,713.67			
							10,713.67	1.04 Eu		11,142.22 Eu
1.4	M2	ENCOFRADOS PARA PILARES Montaje y desmontaje de encofrado con plafones metálicos para pilares de sección rectangular, para revestir, de altura hasta 5 m								
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>	<u>Alto</u>	<u>Subtotal</u>			
		Columna C1	62	4.00	0.35		86.80			
			62	4.00		0.35	86.80			
		Columna C1	124	3.00	0.35		130.20			
			124	3.00		0.35	130.20			
		Columna C2	62	3.00	0.25		46.50			
			62	3.00		0.25	46.50			
							527.00	14.42 Eu		7,599.34 Eu
TOTAL CAPÍTULO 2: PILARES										27,151.00 Eu
TOTAL PRESUPUESTO										54,975.99 Eu

6.5 PRESUPUESTO DE MODELO TIPO 4, EDIFICIO DE 4 NIVELES

6.5.1 Mediciones

MEDICIONES	
VIGAS	

Código	Ud.	Descripción					Medición
1.1	M3	HORMIGON H-30 EN VIGAS					
		Hormigón para vigas, HP-30/B/20/IIb, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, vertido con bomba					
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>	<u>Alto</u>	<u>Subtotal</u>
		Vigas S	1	140.10	0.25	0.45	15.76
		Vigas P	1	279.6	0.25	0.45	31.46
		Vigas 4	1	139.9	0.25	0.45	15.74
							62.96
1.2	KG	ACERO ARMAR B 500 SD					
		Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro como máximo 16 mm, para el armado de vigas					
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ø</u>	<u>Kg./m.l.</u>	<u>Subtotal</u>
		Vigas S	1	2851.05	8	0.395	1,126.16
			1	308.22	10	0.617	190.17
			1	924.66	16	1.58	1,460.96
		Vigas P	1	5689.86	8	0.395	2,247.49
			1	615.12	10	0.617	379.53
			1	1845.36	16	1.58	2,915.67
		Vigas 4	1	2846.97	8	0.395	1,124.55
			1	923.34	10	0.617	569.70
			1	769.45	16	1.58	1,215.73
							2,777.30
							5,542.69
							2,909.98
1.3	M2	ENCOFRADOS PARA VIGAS					
		Montaje y desmontaje de encofrado con panel metálico, para vigas de directriz recta					
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>	<u>Alto</u>	<u>Subtotal</u>
		Vigas S	1	140.10	0.25		35.03
			2	140.10		0.45	126.09
		Vigas P	1	279.6	0.25		69.90
			2	279.6		0.45	251.64
		Vigas 4	1	139.9	0.25		34.98
			2	139.9		0.45	125.91
							643.54

MEDICIONES
PILARES

Código	Ud.	Descripción	Medición
--------	-----	-------------	----------

1.1	M3	HORMIGON H-30 EN PILARES Hormigón para pilares pantalla, HA-30/B/20/IV+H, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, colocado con bomba																									
		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Comentario</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Uds.</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Largo</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Ancho</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Alto</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Subtotal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Columna C1</td> <td style="text-align: center;">31</td> <td style="text-align: center;">4.00</td> <td style="text-align: center;">0.35</td> <td style="text-align: center;">0.35</td> <td style="text-align: center;">15.19</td> </tr> <tr> <td>Columna C1</td> <td style="text-align: center;">62</td> <td style="text-align: center;">3.00</td> <td style="text-align: center;">0.35</td> <td style="text-align: center;">0.35</td> <td style="text-align: center;">22.79</td> </tr> <tr> <td>Columna C2</td> <td style="text-align: center;">31</td> <td style="text-align: center;">3.00</td> <td style="text-align: center;">0.25</td> <td style="text-align: center;">0.25</td> <td style="text-align: center;">5.81</td> </tr> </tbody> </table>	Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal	Columna C1	31	4.00	0.35	0.35	15.19	Columna C1	62	3.00	0.35	0.35	22.79	Columna C2	31	3.00	0.25	0.25	5.81	43.79
Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal																						
Columna C1	31	4.00	0.35	0.35	15.19																						
Columna C1	62	3.00	0.35	0.35	22.79																						
Columna C2	31	3.00	0.25	0.25	5.81																						

1.2	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro hasta 16 mm, para el armado de pilares																									
		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Comentario</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Uds.</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Largo</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Ø</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Kg./m.l.</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Subtotal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Columna C1</td> <td style="text-align: center;">31</td> <td style="text-align: center;">128.4</td> <td style="text-align: center;">8</td> <td style="text-align: center;">0.395</td> <td style="text-align: center;">1,572.26</td> </tr> <tr> <td>Columna C2</td> <td style="text-align: center;">31</td> <td style="text-align: center;">34</td> <td style="text-align: center;">8</td> <td style="text-align: center;">0.395</td> <td style="text-align: center;">416.33</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">31</td> <td style="text-align: center;">29.04</td> <td style="text-align: center;">16</td> <td style="text-align: center;">1.58</td> <td style="text-align: center;">1,422.38</td> </tr> </tbody> </table>	Comentario	Uds.	Largo	Ø	Kg./m.l.	Subtotal	Columna C1	31	128.4	8	0.395	1,572.26	Columna C2	31	34	8	0.395	416.33		31	29.04	16	1.58	1,422.38	1,838.71
Comentario	Uds.	Largo	Ø	Kg./m.l.	Subtotal																						
Columna C1	31	128.4	8	0.395	1,572.26																						
Columna C2	31	34	8	0.395	416.33																						
	31	29.04	16	1.58	1,422.38																						

1.3	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro superior a 16 mm, para el armado de pilares													
		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Comentario</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Uds.</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Largo</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Ø</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Kg./m.l.</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Subtotal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Columna C1</td> <td style="text-align: center;">31</td> <td style="text-align: center;">139.92</td> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">2.47</td> <td style="text-align: center;">10,713.67</td> </tr> </tbody> </table>	Comentario	Uds.	Largo	Ø	Kg./m.l.	Subtotal	Columna C1	31	139.92	20	2.47	10,713.67	10,713.67
Comentario	Uds.	Largo	Ø	Kg./m.l.	Subtotal										
Columna C1	31	139.92	20	2.47	10,713.67										

1.4	M2	ENCOFRADOS PARA PILARES Montaje y desmontaje de encofrado con plafones metálicos para pilares de sección rectangular, para revestir, de altura hasta 5 m																																											
		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Comentario</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Uds.</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Largo</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Ancho</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Alto</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Subtotal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Columna C1</td> <td style="text-align: center;">62</td> <td style="text-align: center;">4.00</td> <td style="text-align: center;">0.35</td> <td></td> <td style="text-align: center;">86.80</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">62</td> <td style="text-align: center;">4.00</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.35</td> <td style="text-align: center;">86.80</td> </tr> <tr> <td>Columna C1</td> <td style="text-align: center;">124</td> <td style="text-align: center;">3.00</td> <td style="text-align: center;">0.35</td> <td></td> <td style="text-align: center;">130.20</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">124</td> <td style="text-align: center;">3.00</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.35</td> <td style="text-align: center;">130.20</td> </tr> <tr> <td>Columna C2</td> <td style="text-align: center;">62</td> <td style="text-align: center;">3.00</td> <td style="text-align: center;">0.25</td> <td></td> <td style="text-align: center;">46.50</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">62</td> <td style="text-align: center;">3.00</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.25</td> <td style="text-align: center;">46.50</td> </tr> </tbody> </table>	Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal	Columna C1	62	4.00	0.35		86.80		62	4.00		0.35	86.80	Columna C1	124	3.00	0.35		130.20		124	3.00		0.35	130.20	Columna C2	62	3.00	0.25		46.50		62	3.00		0.25	46.50	527.00
Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal																																								
Columna C1	62	4.00	0.35		86.80																																								
	62	4.00		0.35	86.80																																								
Columna C1	124	3.00	0.35		130.20																																								
	124	3.00		0.35	130.20																																								
Columna C2	62	3.00	0.25		46.50																																								
	62	3.00		0.25	46.50																																								

6.5.2 Aplicación de Precios

APLICACIÓN DE PRECIOS

VIGAS

Código	Ud.	Descripción	Medición	Precio	Importe
1.1	M3	HORMIGON H-30 EN VIGAS Hormigón para vigas, HP-30/B/20/IIb, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, vertido con bomba			
		Comentario Uds. Largo Ancho Alto Subtotal			
		Vigas S 1 140.10 0.25 0.45 15.76			
		Vigas P 1 279.6 0.25 0.45 31.46			
		Vigas 4 1 139.9 0.25 0.45 15.74			
			62.96	107.68 Eu	6,778.99 Eu
1.2	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro como máximo 16 mm, para el armado de vigas			
		Comentario Uds. Largo Ø Kg./m.l. Subtotal			
		Vigas S			
		1 2851.05 8 0.395 1,126.16			
		1 308.22 10 0.617 190.17			
		Vigas P 1 924.66 16 1.58 1,460.96			
		1 5689.86 8 0.395 2,247.49			
		1 615.12 10 0.617 379.53			
		Vigas 4 1 1845.36 16 1.58 2,915.67			
		1 2846.97 8 0.395 1,124.55			
		1 923.34 10 0.617 569.70			
		1 769.45 16 1.58 1,215.73			
			11,229.98	1.16 Eu	13,026.77 Eu
1.4	M2	ENCOFRADOS PARA VIGAS Montaje y desmontaje de encofrado con panel metálico, para vigas de directriz recta			
		Comentario Uds. Largo Ancho Alto Subtotal			
		Vigas S 1 140.10 0.25 0.45 35.03			
		2 140.10 0.45 126.09			
		Vigas P 1 279.6 0.25 0.45 69.90			
		2 279.6 0.45 251.64			
		Vigas 4 1 139.9 0.25 0.45 34.98			
		2 139.9 0.45 125.91			
			643.54	17.95 Eu	11,551.54 Eu
TOTAL CAPÍTULO 1: VIGAS					31,357.31 Eu

APLICACIÓN DE PRECIOS

PILARES

Código	Ud.	Descripción	Medición	Precio	Importe				
1.1	M3	HORMIGON H-30 EN PILARES Hormigón para pilares pantalla, HA-30/B/20/IV+H, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, colocado con bomba							
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>	<u>Alto</u>	<u>Subtotal</u>		
		Columna C1	31	4.00	0.35	0.35	15.19		
		Columna C1	62	3.00	0.35	0.35	22.79		
		Columna C2	31	3.00	0.25	0.25	5.81		
							43.79	108.70 Eu	4,759.70 Eu
1.2	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro hasta 16 mm, para el armado de pilares							
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ø</u>	<u>Kg./m.l.</u>	<u>Subtotal</u>		
		Columna C1	31	128.4	8	0.395	1,572.26		
		Columna C2	31	34	8	0.395	416.33		
			31	29.04	16	1.58	1,422.38		
							3,410.97	1.07 Eu	3,649.73 Eu
1.3	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro superior a 16 mm, para el armado de pilares							
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ø</u>	<u>Kg./m.l.</u>	<u>Subtotal</u>		
		Columna C1	31	139.92	20	2.47	10,713.67		
							10,713.67	1.04 Eu	11,142.22 Eu
1.4	M2	ENCOFRADOS PARA PILARES Montaje y desmontaje de encofrado con plafones metálicos para pilares de sección rectangular, para revestir, de altura hasta 5 m							
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>	<u>Alto</u>	<u>Subtotal</u>		
		Columna C1	62	4.00	0.35		86.80		
			62	4.00		0.35	86.80		
		Columna C1	124	3.00	0.35		130.20		
			124	3.00		0.35	130.20		
		Columna C2	62	3.00	0.25		46.50		
			62	3.00		0.25	46.50		
							527.00	14.42 Eu	7,599.34 Eu
TOTAL CAPÍTULO 2: PILARES									27,151.00 Eu
TOTAL PRESUPUESTO									58,508.31 Eu

6.6 PRESUPUESTO DE MODELO TIPO 1, EDIFICIO DE 8 NIVELES

6.6.1 Mediciones

MEDICIONES	
VIGAS	

Código	Ud.	Descripción					Medición
1.1	M3	HORMIGON H-30 EN VIGAS Hormigón para vigas, HP-30/B/20/IIb, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, vertido con bomba					
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>	<u>Alto</u>	<u>Subtotal</u>
		Vigas S	1	280.20	0.40	0.30	33.62
		Vigas P	1	559.2	0.50	0.30	83.88
		Vigas 8	1	279.8	0.35	0.30	29.38
							146.88
1.2	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro como máximo 16 mm, para el armado de vigas					
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ø</u>	<u>Kg./m.l.</u>	<u>Subtotal</u>
		Vigas S	1	3659.04	10	0.617	2,257.63
			1	1829.52	12	0.888	1,624.61
			1	1045.44	16	1.58	1,651.80
		Vigas P	1	15130.98	14	1.21	18,308.49
							5,534.04
		Vigas 8	1	2667.42	8	0.395	1,053.63
			1	1538.9	12	0.888	1,366.54
			1	1231.12	16	1.58	1,945.17
							4,365.34
1.3	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro superior a 16 mm, para el armado de vigas					
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ø</u>	<u>Kg./m.l.</u>	<u>Subtotal</u>
		Vigas P	1	5295.84	25	3.85	20,388.98
							20,388.98
1.4	M2	ENCOFRADOS PARA VIGAS Montaje y desmontaje de encofrado con panel metálico, para vigas de directriz recta					
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>	<u>Alto</u>	<u>Subtotal</u>
		Vigas S	1	280.20	0.40		112.08
			2	280.20		0.30	168.12
		Vigas P	1	559.2	0.50		279.60
			2	559.2		0.30	335.52
		Vigas 8	1	279.8	0.35		97.93
			2	279.8		0.30	167.88
							1,161.13

MEDICIONES

PILARES

Código	Ud.	Descripción	Medición																																										
1.1	M3	HORMIGON H-30 EN PILARES Hormigón para pilares pantalla, HA-30/B/20/IV+H, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, colocado con bomba																																											
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Comentario</th> <th style="width: 10%;">Uds.</th> <th style="width: 10%;">Largo</th> <th style="width: 10%;">Ancho</th> <th style="width: 10%;">Alto</th> <th style="width: 10%;">Subtotal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Columna C1</td> <td style="text-align: center;">31</td> <td style="text-align: center;">4.00</td> <td style="text-align: center;">0.65</td> <td style="text-align: center;">0.65</td> <td style="text-align: right;">52.39</td> </tr> <tr> <td>Columna C1</td> <td style="text-align: center;">62</td> <td style="text-align: center;">3.00</td> <td style="text-align: center;">0.65</td> <td style="text-align: center;">0.65</td> <td style="text-align: right;">78.59</td> </tr> <tr> <td>Columna C2</td> <td style="text-align: center;">31</td> <td style="text-align: center;">3.00</td> <td style="text-align: center;">0.40</td> <td style="text-align: center;">0.40</td> <td style="text-align: right;">14.88</td> </tr> </tbody> </table>	Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal	Columna C1	31	4.00	0.65	0.65	52.39	Columna C1	62	3.00	0.65	0.65	78.59	Columna C2	31	3.00	0.40	0.40	14.88	145.86																		
Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal																																								
Columna C1	31	4.00	0.65	0.65	52.39																																								
Columna C1	62	3.00	0.65	0.65	78.59																																								
Columna C2	31	3.00	0.40	0.40	14.88																																								
1.2	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro hasta 16 mm, para el armado de pilares																																											
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Comentario</th> <th style="width: 10%;">Uds.</th> <th style="width: 10%;">Largo</th> <th style="width: 10%;">Ø</th> <th style="width: 10%;">Kg./m.l.</th> <th style="width: 10%;">Subtotal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Columna C1</td> <td style="text-align: center;">31</td> <td style="text-align: center;">496.6</td> <td style="text-align: center;">8</td> <td style="text-align: center;">0.395</td> <td style="text-align: right;">6,080.87</td> </tr> <tr> <td>Columna C2</td> <td style="text-align: center;">31</td> <td style="text-align: center;">54.4</td> <td style="text-align: center;">8</td> <td style="text-align: center;">0.395</td> <td style="text-align: right;">666.13</td> </tr> </tbody> </table>	Comentario	Uds.	Largo	Ø	Kg./m.l.	Subtotal	Columna C1	31	496.6	8	0.395	6,080.87	Columna C2	31	54.4	8	0.395	666.13	6,080.87 666.13																								
Comentario	Uds.	Largo	Ø	Kg./m.l.	Subtotal																																								
Columna C1	31	496.6	8	0.395	6,080.87																																								
Columna C2	31	54.4	8	0.395	666.13																																								
1.3	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro superior a 16 mm, para el armado de pilares																																											
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Comentario</th> <th style="width: 10%;">Uds.</th> <th style="width: 10%;">Largo</th> <th style="width: 10%;">Ø</th> <th style="width: 10%;">Kg./m.l.</th> <th style="width: 10%;">Subtotal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Columna C1</td> <td style="text-align: center;">31</td> <td style="text-align: center;">334.4</td> <td style="text-align: center;">32</td> <td style="text-align: center;">6.31</td> <td style="text-align: right;">65,411.98</td> </tr> <tr> <td>Columna C2</td> <td style="text-align: center;">31</td> <td style="text-align: center;">43.56</td> <td style="text-align: center;">18</td> <td style="text-align: center;">2.23</td> <td style="text-align: right;">3,011.30</td> </tr> </tbody> </table>	Comentario	Uds.	Largo	Ø	Kg./m.l.	Subtotal	Columna C1	31	334.4	32	6.31	65,411.98	Columna C2	31	43.56	18	2.23	3,011.30	65,411.98 3,011.30																								
Comentario	Uds.	Largo	Ø	Kg./m.l.	Subtotal																																								
Columna C1	31	334.4	32	6.31	65,411.98																																								
Columna C2	31	43.56	18	2.23	3,011.30																																								
1.4	M2	ENCOFRADOS PARA PILARES Montaje y desmontaje de encofrado con plafones metálicos para pilares de sección rectangular, para revestir, de altura hasta 5 m																																											
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Comentario</th> <th style="width: 10%;">Uds.</th> <th style="width: 10%;">Largo</th> <th style="width: 10%;">Ancho</th> <th style="width: 10%;">Alto</th> <th style="width: 10%;">Subtotal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Columna C1</td> <td style="text-align: center;">62</td> <td style="text-align: center;">4.00</td> <td style="text-align: center;">0.65</td> <td></td> <td style="text-align: right;">161.20</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">62</td> <td style="text-align: center;">4.00</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.65</td> <td style="text-align: right;">161.20</td> </tr> <tr> <td>Columna C1</td> <td style="text-align: center;">124</td> <td style="text-align: center;">3.00</td> <td style="text-align: center;">0.65</td> <td></td> <td style="text-align: right;">241.80</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">124</td> <td style="text-align: center;">3.00</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.65</td> <td style="text-align: right;">241.80</td> </tr> <tr> <td>Columna C2</td> <td style="text-align: center;">62</td> <td style="text-align: center;">3.00</td> <td style="text-align: center;">0.40</td> <td></td> <td style="text-align: right;">74.40</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">62</td> <td style="text-align: center;">3.00</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.40</td> <td style="text-align: right;">74.40</td> </tr> </tbody> </table>	Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal	Columna C1	62	4.00	0.65		161.20		62	4.00		0.65	161.20	Columna C1	124	3.00	0.65		241.80		124	3.00		0.65	241.80	Columna C2	62	3.00	0.40		74.40		62	3.00		0.40	74.40	954.80
Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal																																								
Columna C1	62	4.00	0.65		161.20																																								
	62	4.00		0.65	161.20																																								
Columna C1	124	3.00	0.65		241.80																																								
	124	3.00		0.65	241.80																																								
Columna C2	62	3.00	0.40		74.40																																								
	62	3.00		0.40	74.40																																								

6.6.2 Aplicación de Precios

APLICACIÓN DE PRECIOS

VIGAS

Código	Ud.	Descripción	Medición	Precio	Importe						
1.1	M3	HORMIGON H-30 EN VIGAS Hormigón para vigas, HP-30/B/20/IIb, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, vertido con bomba									
		Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal				
		Vigas S	1	280.20	0.40	0.30	33.62				
		Vigas P	1	559.2	0.50	0.30	83.88				
		Vigas 8	1	279.8	0.35	0.30	29.38				
								146.88	107.68 Eu	15,816.36 Eu	
1.2	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro como máximo 16 mm, para el armado de vigas									
		Comentario	Uds.	Largo	Ø	Kg./m.l.	Subtotal				
		Vigas S	1	3659.04	10	0.617	2,257.63				
			1	1829.52	12	0.888	1,624.61				
			1	1045.44	16	1.58	1,651.80				
		Vigas P	1	15130.98	14	1.21	18,308.49				
		Vigas 8	1	2667.42	8	0.395	1,053.63				
			1	1538.9	12	0.888	1,366.54				
			1	1231.12	16	1.58	1,945.17				
								28,207.87	1.16 Eu	32,721.12 Eu	
1.3	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro superior a 16 mm, para el armado de vigas									
		Comentario	Uds.	Largo	Ø	Kg./m.l.	Subtotal				
		Vigas P	1	5295.84	25	3.85	20,388.98				
								20,388.98	1.13 Eu	23,039.55 Eu	
1.4	M2	ENCOFRADOS PARA VIGAS Montaje y desmontaje de encofrado con panel metálico, para vigas de directriz recta									
		Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal				
		Vigas S	1	280.20	0.40		112.08				
			2	280.20		0.30	168.12				
		Vigas P	1	559.2	0.50		279.60				
			2	559.2		0.30	335.52				
		Vigas 8	1	279.8	0.35		97.93				
			2	279.8		0.30	167.88				
								1,161.13	17.95 Eu	20,842.28 Eu	
TOTAL CAPÍTULO 1: VIGAS									92,419.32 Eu		

APLICACIÓN DE PRECIOS

PILARES

Código	Ud.	Descripción	Medición	Precio	Importe				
1.1	M3	HORMIGON H-30 EN PILARES Hormigón para pilares pantalla, HA-30/B/20/IV+H, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, colocado con bomba							
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>	<u>Alto</u>	<u>Subtotal</u>		
		Columna C1	31	4.00	0.65	0.65	52.39		
		Columna C1	62	3.00	0.65	0.65	78.59		
		Columna C2	31	3.00	0.40	0.40	14.88		
							145.86	108.70 Eu	15,854.44 Eu
1.2	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro hasta 16 mm, para el armado de pilares							
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ø</u>	<u>Kg./m.l.</u>	<u>Subtotal</u>		
		Columna C1	31	496.6	8	0.395	6,080.87		
		Columna C2	31	54.4	8	0.395	666.13		
							6,747.00	1.07 Eu	7,219.28 Eu
1.3	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro superior a 16 mm, para el armado de pilares							
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ø</u>	<u>Kg./m.l.</u>	<u>Subtotal</u>		
		Columna C1	31	334.4	32	6.31	65,411.98		
		Columna C2	31	43.56	18	2.23	3,011.30		
							68,423.29	1.04 Eu	71,160.22 Eu
1.4	M2	ENCOFRADOS PARA PILARES Montaje y desmontaje de encofrado con plafones metálicos para pilares de sección rectangular, para revestir, de altura hasta 5 m							
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>	<u>Alto</u>	<u>Subtotal</u>		
		Columna C1	62	4.00	0.65		161.20		
			62	4.00		0.65	161.20		
		Columna C1	124	3.00	0.65		241.80		
			124	3.00		0.65	241.80		
		Columna C2	62	3.00	0.40		74.40		
			62	3.00		0.40	74.40		
							954.80	14.42 Eu	13,768.22 Eu
TOTAL CAPÍTULO 2: PILARES									108,002.16 Eu
TOTAL PRESUPUESTO									200,421.48 Eu

6.7 PRESUPUESTO DE MODELO TIPO 2, EDIFICIO DE 8 NIVELES

6.7.1 Mediciones

MEDICIONES	
VIGAS	

Código	Ud.	Descripción					Medición
1.1	M3	HORMIGON H-30 EN VIGAS					
		Hormigón para vigas, HP-30/B/20/IIb, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, vertido con bomba					
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>	<u>Alto</u>	<u>Subtotal</u>
		Vigas S	1	280.20	0.25	0.30	21.02
		Vigas P	1	559.2	0.35	0.30	58.72
		Vigas 8	1	279.8	0.20	0.30	16.79
							96.52
1.2	KG	ACERO ARMAR B 500 SD					
		Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro como máximo 16 mm, para el armado de vigas					
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ø</u>	<u>Kg./m.l.</u>	<u>Subtotal</u>
		Vigas S					
			1	261.36	8	0.395	103.24
			1	2874.96	10	0.617	1,773.85
			1	522.72	16	1.58	825.90
		Vigas P					
			1	11915.64	12	0.888	10,581.09
		Vigas 8					
			1	307.78	8	0.395	121.57
			1	2564.84	10	0.617	1,582.51
			1	1538.9	16	1.58	2,431.46
							4,013.97
1.3	KG	ACERO ARMAR B 500 SD					
		Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro superior a 16 mm, para el armado de vigas					
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ø</u>	<u>Kg./m.l.</u>	<u>Subtotal</u>
		Vigas S					
			1	784.08	20	2.47	1,936.68
		Vigas P					
			1	2647.92	20	2.47	6,540.36
							1,936.68
							6,540.36
1.4	M2	ENCOFRADOS PARA VIGAS					
		Montaje y desmontaje de encofrado con panel metálico, para vigas de directriz recta					
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>	<u>Alto</u>	<u>Subtotal</u>
		Vigas S					
			1	280.20	0.25		70.05
			2	280.20		0.30	168.12
		Vigas P					
			1	559.2	0.35		195.72
			2	559.2		0.30	335.52
		Vigas 8					
			1	279.8	0.20		55.96
			2	279.8		0.30	167.88
							993.25

MEDICIONES

PILARES

Código	Ud.	Descripción	Medición
1.1	M3	HORMIGON H-30 EN PILARES Hormigón para pilares pantalla, HA-30/B/20/IV+H, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, colocado con bomba	
		<u>Comentario</u>	
		<u>Uds.</u>	
		<u>Largo</u>	
		<u>Ancho</u>	
		<u>Alto</u>	
		<u>Subtotal</u>	
		Columna C1	19.84
		Columna C1	29.76
		Columna C2	8.37
			57.97
1.2	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro hasta 16 mm, para el armado de pilares	
		<u>Comentario</u>	
		<u>Uds.</u>	
		<u>Largo</u>	
		<u>Ø</u>	
		<u>Kg./m.l.</u>	
		<u>Subtotal</u>	
		Columna C1	3,742.07
		Columna C2	499.60
			3,742.07
			499.60
1.3	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro superior a 16 mm, para el armado de pilares	
		<u>Comentario</u>	
		<u>Uds.</u>	
		<u>Largo</u>	
		<u>Ø</u>	
		<u>Kg./m.l.</u>	
		<u>Subtotal</u>	
		Columna C1	23,117.07
		Columna C2	3,011.30
			23,117.07
			3,011.30
1.4	M2	ENCOFRADOS PARA PILARES Montaje y desmontaje de encofrado con plafones metálicos para pilares de sección rectangular, para revestir, de altura hasta 5 m	
		<u>Comentario</u>	
		<u>Uds.</u>	
		<u>Largo</u>	
		<u>Ancho</u>	
		<u>Alto</u>	
		<u>Subtotal</u>	
		Columna C1	99.20
			99.20
		Columna C1	148.80
			148.80
		Columna C2	55.80
			55.80
			607.60

6.7.2 Aplicación de Precios

APLICACIÓN DE PRECIOS

VIGAS

Código	Ud.	Descripción	Medición	Precio	Importe					
1.1	M3	HORMIGON H-30 EN VIGAS Hormigón para vigas, HP-30/B/20/IIb, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, vertido con bomba								
		Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal			
		Vigas S	1	280.20	0.25	0.30	21.02			
		Vigas P	1	559.2	0.35	0.30	58.72			
		Vigas 8	1	279.8	0.20	0.30	16.79			
							96.52	107.68 Eu		10,393.17 Eu
1.2	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro como máximo 16 mm, para el armado de vigas								
		Comentario	Uds.	Largo	Ø	Kg./m.l.	Subtotal			
		Vigas S	1	261.36	8	0.395	103.24			
			1	2874.96	10	0.617	1,773.85			
			1	522.72	16	1.58	825.90			
		Vigas P	1	11915.64	12	0.888	10,581.09			
		Vigas 8	1	307.78	8	0.395	121.57			
			1	2564.84	10	0.617	1,582.51			
			1	1538.9	16	1.58	2,431.46			
							17,419.61	1.16 Eu		20,206.75 Eu
1.3	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro superior a 16 mm, para el armado de vigas								
		Comentario	Uds.	Largo	Ø	Kg./m.l.	Subtotal			
		Vigas S	1	784.08	20	2.47	1,936.68			
		Vigas P	1	2647.92	20	2.47	6,540.36			
							8,477.04	1.13 Eu		9,579.06 Eu
1.4	M2	ENCOFRADOS PARA VIGAS Montaje y desmontaje de encofrado con panel metálico, para vigas de directriz recta								
		Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal			
		Vigas S	1	280.20	0.35		98.07			
			2	280.20		0.30	168.12			
		Vigas P	1	559.2	0.20	0.30	111.84			
			2	559.2		0.30	335.52			
		Vigas 8	1	279.8	0.00	0.30	0.00			
			2	279.8		0.30	167.88			
							881.43	17.95 Eu		15,821.67 Eu
TOTAL CAPÍTULO 1: VIGAS										56,000.64 Eu

APLICACIÓN DE PRECIOS

PILARES

Código	Ud.	Descripción	Medición	Precio	Importe				
1.1	M3	HORMIGON H-30 EN PILARES Hormigón para pilares pantalla, HA-30/B/20/IV+H, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, colocado con bomba							
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>	<u>Alto</u>	<u>Subtotal</u>		
		Columna C1	31	4.00	0.40	0.40	19.84		
		Columna C1	62	3.00	0.40	0.40	29.76		
		Columna C2	31	3.00	0.30	0.30	8.37		
							57.97	108.70 Eu	6,301.34 Eu
1.2	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro hasta 16 mm, para el armado de pilares							
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ø</u>	<u>Kg./m.l.</u>	<u>Subtotal</u>		
		Columna C1	31	305.6	8	0.395	3,742.07		
		Columna C2	31	40.8	8	0.395	499.60		
							4,241.67	1.07 Eu	4,538.58 Eu
1.3	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro superior a 16 mm, para el armado de pilares							
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ø</u>	<u>Kg./m.l.</u>	<u>Subtotal</u>		
		Columna C1	31	334.4	32	6.31	65,411.98		
		Columna C2	31	43.56	18	2.23	3,011.30		
							68,423.29	1.04 Eu	71,160.22 Eu
1.4	M2	ENCOFRADOS PARA PILARES Montaje y desmontaje de encofrado con plafones metálicos para pilares de sección rectangular, para revestir, de altura hasta 5 m							
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>	<u>Alto</u>	<u>Subtotal</u>		
		Columna C1	62	4.00	0.40		99.20		
			62	4.00		0.40	99.20		
		Columna C1	124	3.00	0.40		148.80		
			124	3.00		0.40	148.80		
		Columna C2	62	3.00	0.30		55.80		
			62	3.00		0.30	55.80		
							607.60	14.42 Eu	8,761.59 Eu
TOTAL CAPÍTULO 2: PILARES									90,761.73 Eu
TOTAL PRESUPUESTO									146,762.38 Eu

6.8 PRESUPUESTO DE MODELO TIPO 3, EDIFICIO DE 8 NIVELES

6.8.1 Mediciones

MEDICIONES	
VIGAS	

Código	Ud.	Descripción					Medición
1.1	M3	HORMIGON H-30 EN VIGAS Hormigón para vigas, HP-30/B/20/IIb, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, vertido con bomba					
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>	<u>Alto</u>	<u>Subtotal</u>
		Vigas S	1	237.60	0.20	0.45	21.38
		Vigas P	1	601.8	0.20	0.45	54.16
		Vigas 8	1	279.8	0.20	0.45	25.18
							100.73
1.2	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro como máximo 16 mm, para el armado de vigas					
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ø</u>	<u>Kg./m.l.</u>	<u>Subtotal</u>
		Vigas S	1	4508.46	8	0.395	1,780.84
			1	522.72	10	0.617	322.52
			1	1568.16	16	1.58	2,477.69
		Vigas P	1	11419.14	8	0.395	4,510.56
			1	1323.96	10	0.617	816.88
			1	3971.88	16	1.58	6,275.57
		Vigas 8	1	5001.42	8	0.395	1,975.56
			1	615.56	10	0.617	379.80
			1	1538.9	16	1.58	2,431.46
							4,786.82
1.3	M2	ENCOFRADOS PARA VIGAS Montaje y desmontaje de encofrado con panel metálico, para vigas de directriz recta					
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>	<u>Alto</u>	<u>Subtotal</u>
		Vigas S	1	237.60	0.20		47.52
			2	237.60		0.45	213.84
		Vigas P	1	601.8	0.20		120.36
			2	601.8		0.45	541.62
		Vigas 8	1	279.8	0.20		55.96
			2	279.8		0.45	251.82
							1,231.12

MEDICIONES

PILARES

Código	Ud.	Descripción	Medición																																										
1.1	M3	HORMIGON H-30 EN PILARES Hormigón para pilares pantalla, HA-30/B/20/IV+H, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, colocado con bomba																																											
		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Comentario</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Uds.</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Largo</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Ancho</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Alto</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Subtotal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Columna C1</td> <td style="text-align: center;">31</td> <td style="text-align: center;">4.00</td> <td style="text-align: center;">0.35</td> <td style="text-align: center;">0.35</td> <td style="text-align: center;">15.19</td> </tr> <tr> <td>Columna C1</td> <td style="text-align: center;">155</td> <td style="text-align: center;">3.00</td> <td style="text-align: center;">0.35</td> <td style="text-align: center;">0.35</td> <td style="text-align: center;">56.96</td> </tr> <tr> <td>Columna C2</td> <td style="text-align: center;">62</td> <td style="text-align: center;">3.00</td> <td style="text-align: center;">0.25</td> <td style="text-align: center;">0.25</td> <td style="text-align: center;">11.63</td> </tr> </tbody> </table>	Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal	Columna C1	31	4.00	0.35	0.35	15.19	Columna C1	155	3.00	0.35	0.35	56.96	Columna C2	62	3.00	0.25	0.25	11.63	83.78																		
Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal																																								
Columna C1	31	4.00	0.35	0.35	15.19																																								
Columna C1	155	3.00	0.35	0.35	56.96																																								
Columna C2	62	3.00	0.25	0.25	11.63																																								
1.2	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro hasta 16 mm, para el armado de pilares																																											
		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Comentario</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Uds.</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Largo</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Ø</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Kg./m.l.</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Subtotal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Columna C1</td> <td style="text-align: center;">31</td> <td style="text-align: center;">267.4</td> <td style="text-align: center;">8</td> <td style="text-align: center;">0.395</td> <td style="text-align: center;">3,274.31</td> </tr> <tr> <td>Columna C2</td> <td style="text-align: center;">31</td> <td style="text-align: center;">40.8</td> <td style="text-align: center;">8</td> <td style="text-align: center;">0.395</td> <td style="text-align: center;">499.60</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">31</td> <td style="text-align: center;">43.56</td> <td style="text-align: center;">16</td> <td style="text-align: center;">1.58</td> <td style="text-align: center;">2,133.57</td> </tr> </tbody> </table>	Comentario	Uds.	Largo	Ø	Kg./m.l.	Subtotal	Columna C1	31	267.4	8	0.395	3,274.31	Columna C2	31	40.8	8	0.395	499.60		31	43.56	16	1.58	2,133.57	3,274.31 2,633.16																		
Comentario	Uds.	Largo	Ø	Kg./m.l.	Subtotal																																								
Columna C1	31	267.4	8	0.395	3,274.31																																								
Columna C2	31	40.8	8	0.395	499.60																																								
	31	43.56	16	1.58	2,133.57																																								
1.3	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro superior a 16 mm, para el armado de pilares																																											
		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Comentario</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Uds.</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Largo</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Ø</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Kg./m.l.</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Subtotal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Columna C1</td> <td style="text-align: center;">31</td> <td style="text-align: center;">334.4</td> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">2.47</td> <td style="text-align: center;">25,605.01</td> </tr> </tbody> </table>	Comentario	Uds.	Largo	Ø	Kg./m.l.	Subtotal	Columna C1	31	334.4	20	2.47	25,605.01	25,605.01																														
Comentario	Uds.	Largo	Ø	Kg./m.l.	Subtotal																																								
Columna C1	31	334.4	20	2.47	25,605.01																																								
1.4	M2	ENCOFRADOS PARA PILARES Montaje y desmontaje de encofrado con plafones metálicos para pilares de sección rectangular, para revestir, de altura hasta 5 m																																											
		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Comentario</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Uds.</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Largo</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Ancho</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Alto</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Subtotal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Columna C1</td> <td style="text-align: center;">62</td> <td style="text-align: center;">4.00</td> <td style="text-align: center;">0.35</td> <td></td> <td style="text-align: center;">86.80</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">62</td> <td style="text-align: center;">4.00</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.35</td> <td style="text-align: center;">86.80</td> </tr> <tr> <td>Columna C1</td> <td style="text-align: center;">310</td> <td style="text-align: center;">3.00</td> <td style="text-align: center;">0.35</td> <td></td> <td style="text-align: center;">325.50</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">310</td> <td style="text-align: center;">3.00</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.35</td> <td style="text-align: center;">325.50</td> </tr> <tr> <td>Columna C2</td> <td style="text-align: center;">124</td> <td style="text-align: center;">3.00</td> <td style="text-align: center;">0.25</td> <td></td> <td style="text-align: center;">93.00</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">124</td> <td style="text-align: center;">3.00</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.25</td> <td style="text-align: center;">93.00</td> </tr> </tbody> </table>	Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal	Columna C1	62	4.00	0.35		86.80		62	4.00		0.35	86.80	Columna C1	310	3.00	0.35		325.50		310	3.00		0.35	325.50	Columna C2	124	3.00	0.25		93.00		124	3.00		0.25	93.00	1,010.60
Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal																																								
Columna C1	62	4.00	0.35		86.80																																								
	62	4.00		0.35	86.80																																								
Columna C1	310	3.00	0.35		325.50																																								
	310	3.00		0.35	325.50																																								
Columna C2	124	3.00	0.25		93.00																																								
	124	3.00		0.25	93.00																																								

6.8.2 Aplicación de Precios

APLICACIÓN DE PRECIOS

VIGAS

Código	Ud.	Descripción	Medición	Precio	Importe					
1.1	M3	HORMIGON H-30 EN VIGAS Hormigón para vigas, HP-30/B/20/IIb, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, vertido con bomba								
		Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal			
		Vigas S	1	237.60	0.20	0.45	21.38			
		Vigas P	1	601.8	0.20	0.45	54.16			
		Vigas 8	1	279.8	0.20	0.45	25.18			
								100.73	107.68 Eu	10,846.39 Eu
1.2	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro como máximo 16 mm, para el armado de vigas								
		Comentario	Uds.	Largo	Ø	Kg./m.l.	Subtotal			
		Vigas S	1	4508.46	8	0.395	1,780.84			
			1	522.72	10	0.617	322.52			
			1	1568.16	16	1.58	2,477.69			
		Vigas P	1	11419.14	8	0.395	4,510.56			
			1	1323.96	10	0.617	816.88			
			1	3971.88	16	1.58	6,275.57			
		Vigas 8	1	5001.42	8	0.395	1,975.56			
			1	615.56	10	0.617	379.80			
			1	1538.9	16	1.58	2,431.46			
								20,970.89	1.16 Eu	24,326.23 Eu
1.4	M2	ENCOFRADOS PARA VIGAS Montaje y desmontaje de encofrado con panel metálico, para vigas de directriz recta								
		Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal			
		Vigas S	1	237.60	0.20		47.52			
			2	237.60		0.45	213.84			
		Vigas P	1	601.8	0.20		120.36			
			2	601.8		0.45	541.62			
		Vigas 8	1	279.8	0.20		55.96			
			2	279.8		0.45	251.82			
								1,231.12	17.95 Eu	22,098.60 Eu
TOTAL CAPÍTULO 1: VIGAS										57,271.23 Eu

APLICACIÓN DE PRECIOS

PILARES

Código	Ud.	Descripción	Medición	Precio	Importe				
1.1	M3	HORMIGON H-30 EN PILARES Hormigón para pilares pantalla, HA-30/B/20/IV+H, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, colocado con bomba							
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>	<u>Alto</u>	<u>Subtotal</u>		
		Columna C1	31	4.00	0.35	0.35	15.19		
		Columna C1	155	3.00	0.35	0.35	56.96		
		Columna C2	62	3.00	0.25	0.25	11.63		
							83.78	108.70 Eu	9,106.61 Eu
1.2	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro hasta 16 mm, para el armado de pilares							
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ø</u>	<u>Kg./m.l.</u>	<u>Subtotal</u>		
		Columna C1	31	267.4	8	0.395	3,274.31		
		Columna C2	31	40.8	8	0.395	499.60		
			31	43.56	16	1.58	2,133.57		
							5,907.48	1.07 Eu	6,321.00 Eu
1.3	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro superior a 16 mm, para el armado de pilares							
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ø</u>	<u>Kg./m.l.</u>	<u>Subtotal</u>		
		Columna C1	31	334.4	20	2.47	25,605.01		25,605.01
1.4	M2	ENCOFRADOS PARA PILARES Montaje y desmontaje de encofrado con plafones metálicos para pilares de sección rectangular, para revestir, de altura hasta 5 m							
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>	<u>Alto</u>	<u>Subtotal</u>		
		Columna C1	62	4.00	0.35		86.80		
			62	4.00		0.35	86.80		
		Columna C1	310	3.00	0.35		325.50		
			310	3.00		0.35	325.50		
		Columna C2	124	3.00	0.25		93.00		
			124	3.00		0.25	93.00		
							1,010.60	14.42 Eu	14,572.85 Eu
TOTAL CAPÍTULO 2: PILARES									55,605.48 Eu
TOTAL PRESUPUESTO									111,114.43 Eu

6.9 PRESUPUESTO DE MODELO TIPO 4, EDIFICIO DE 8 NIVELES

6.9.1 Mediciones

MEDICIONES	
VIGAS	

Código	Ud.	Descripción					Medición
1.1	M3	HORMIGON H-30 EN VIGAS Hormigón para vigas, HP-30/B/20/IIb, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, vertido con bomba					
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>	<u>Alto</u>	<u>Subtotal</u>
		Vigas S	1	237.60	0.25	0.45	26.73
		Vigas P	1	601.8	0.25	0.45	67.70
		Vigas 8	1	279.8	0.25	0.45	31.48
							125.91
1.2	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro como máximo 16 mm, para el armado de vigas					
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ø</u>	<u>Kg./m.l.</u>	<u>Subtotal</u>
		Vigas S	1	4508.46	8	0.395	1,780.84
			1	522.72	10	0.617	322.52
			1	1568.16	16	1.58	2,477.69
		Vigas P	1	11419.14	8	0.395	4,510.56
			1	1323.96	10	0.617	816.88
			1	3971.88	16	1.58	6,275.57
		Vigas 8	1	5001.42	8	0.395	1,975.56
			1	615.56	10	0.617	379.80
			1	1538.9	16	1.58	2,431.46
							4,581.05
							11,603.01
							4,786.82
1.3	M2	ENCOFRADOS PARA VIGAS Montaje y desmontaje de encofrado con panel metálico, para vigas de directriz recta					
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>	<u>Alto</u>	<u>Subtotal</u>
		Vigas S	1	237.60	0.25		59.40
			2	237.60		0.45	213.84
		Vigas P	1	601.8	0.25		150.45
			2	601.8		0.45	541.62
		Vigas 8	1	279.8	0.25		69.95
			2	279.8		0.45	251.82
							1,287.08

MEDICIONES

PILARES

Código	Ud.	Descripción				Medición		
1.1	M3	HORMIGON H-30 EN PILARES Hormigón para pilares pantalla, HA-30/B/20/IV+H, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, colocado con bomba						
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>	<u>Alto</u>	<u>Subtotal</u>	
		Columna C1	31	4.00	0.35	0.35	15.19	
		Columna C1	155	3.00	0.35	0.35	56.96	
		Columna C2	62	3.00	0.30	0.30	16.74	88.89
1.2	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro hasta 16 mm, para el armado de pilares						
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ø</u>	<u>Kg./m.l.</u>	<u>Subtotal</u>	
		Columna C1	31	267.4	8	0.395	3,274.31	3,274.31
		Columna C2	31	40.8	8	0.395	499.60	
			31	43.56	16	1.58	2,133.57	2,633.16
1.3	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro superior a 16 mm, para el armado de pilares						
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ø</u>	<u>Kg./m.l.</u>	<u>Subtotal</u>	
		Columna C1	31	334.4	20	2.47	25,605.01	25,605.01
1.4	M2	ENCOFRADOS PARA PILARES Montaje y desmontaje de encofrado con plafones metálicos para pilares de sección rectangular, para revestir, de altura hasta 5 m						
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>	<u>Alto</u>	<u>Subtotal</u>	
		Columna C1	62	4.00	0.35		86.80	
			62	4.00		0.35	86.80	
		Columna C1	310	3.00	0.35		325.50	
			310	3.00		0.35	325.50	
		Columna C2	124	3.00	0.30		111.60	
			124	3.00		0.30	111.60	1,047.80

6.9.2 Aplicación de Precios

APLICACIÓN DE PRECIOS

VIGAS

Código	Ud.	Descripción	Medición	Precio	Importe																																																																														
1.1	M3	HORMIGON H-30 EN VIGAS Hormigón para vigas, HP-30/B/20/IIb, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, vertido con bomba																																																																																	
		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Comentario</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Uds.</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Largo</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Ancho</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Alto</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Subtotal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Vigas S</td> <td>1</td> <td>280.20</td> <td>0.25</td> <td>0.30</td> <td>21.02</td> </tr> <tr> <td>Vigas P</td> <td>1</td> <td>559.2</td> <td>0.25</td> <td>0.30</td> <td>41.94</td> </tr> <tr> <td>Vigas 8</td> <td>1</td> <td>279.8</td> <td>0.25</td> <td>0.30</td> <td>20.99</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: right;">83.94</td> </tr> </tbody> </table>	Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal	Vigas S	1	280.20	0.25	0.30	21.02	Vigas P	1	559.2	0.25	0.30	41.94	Vigas 8	1	279.8	0.25	0.30	20.99						83.94		107.68 Eu	9,038.66 Eu																																																
Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal																																																																														
Vigas S	1	280.20	0.25	0.30	21.02																																																																														
Vigas P	1	559.2	0.25	0.30	41.94																																																																														
Vigas 8	1	279.8	0.25	0.30	20.99																																																																														
					83.94																																																																														
1.2	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico \geq 500 N/mm ² , de diámetro como máximo 16 mm, para el armado de vigas																																																																																	
		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Comentario</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Uds.</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Largo</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Ø</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Kg./m.l.</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Subtotal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Vigas S</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>1</td> <td>4238.03</td> <td>10</td> <td>0.617</td> <td>2,614.86</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1</td> <td>1502.34</td> <td>16</td> <td>1.58</td> <td>2,373.70</td> </tr> <tr> <td>Vigas P</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>1</td> <td>8457.90</td> <td>10</td> <td>0.617</td> <td>5,218.52</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1</td> <td>4305.84</td> <td>16</td> <td>1.58</td> <td>6,803.23</td> </tr> <tr> <td>Vigas 8</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>1</td> <td>307.78</td> <td>8</td> <td>0.395</td> <td>121.57</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1</td> <td>3325.48</td> <td>10</td> <td>0.617</td> <td>2,051.82</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1</td> <td>307.78</td> <td>12</td> <td>0.888</td> <td>273.31</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1</td> <td>1231.12</td> <td>16</td> <td>1.58</td> <td>1,945.17</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: right;">21,402.18</td> </tr> </tbody> </table>	Comentario	Uds.	Largo	Ø	Kg./m.l.	Subtotal	Vigas S							1	4238.03	10	0.617	2,614.86		1	1502.34	16	1.58	2,373.70	Vigas P							1	8457.90	10	0.617	5,218.52		1	4305.84	16	1.58	6,803.23	Vigas 8							1	307.78	8	0.395	121.57		1	3325.48	10	0.617	2,051.82		1	307.78	12	0.888	273.31		1	1231.12	16	1.58	1,945.17						21,402.18		1.16 Eu	24,826.53 Eu
Comentario	Uds.	Largo	Ø	Kg./m.l.	Subtotal																																																																														
Vigas S																																																																																			
	1	4238.03	10	0.617	2,614.86																																																																														
	1	1502.34	16	1.58	2,373.70																																																																														
Vigas P																																																																																			
	1	8457.90	10	0.617	5,218.52																																																																														
	1	4305.84	16	1.58	6,803.23																																																																														
Vigas 8																																																																																			
	1	307.78	8	0.395	121.57																																																																														
	1	3325.48	10	0.617	2,051.82																																																																														
	1	307.78	12	0.888	273.31																																																																														
	1	1231.12	16	1.58	1,945.17																																																																														
					21,402.18																																																																														
1.3	M2	ENCOFRADOS PARA VIGAS Montaje y desmontaje de encofrado con panel metálico, para vigas de directriz recta																																																																																	
		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Comentario</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Uds.</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Largo</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Ancho</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Alto</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">Subtotal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Vigas S</td> <td>1</td> <td>280.20</td> <td>0.25</td> <td></td> <td>70.05</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2</td> <td>280.20</td> <td></td> <td>0.30</td> <td>168.12</td> </tr> <tr> <td>Vigas P</td> <td>1</td> <td>559.2</td> <td>0.25</td> <td></td> <td>139.80</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2</td> <td>559.2</td> <td></td> <td>0.30</td> <td>335.52</td> </tr> <tr> <td>Vigas 8</td> <td>1</td> <td>279.8</td> <td>0.25</td> <td></td> <td>69.95</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2</td> <td>279.8</td> <td></td> <td>0.30</td> <td>167.88</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: right;">951.32</td> </tr> </tbody> </table>	Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal	Vigas S	1	280.20	0.25		70.05		2	280.20		0.30	168.12	Vigas P	1	559.2	0.25		139.80		2	559.2		0.30	335.52	Vigas 8	1	279.8	0.25		69.95		2	279.8		0.30	167.88						951.32		17.95 Eu	17,076.19 Eu																														
Comentario	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal																																																																														
Vigas S	1	280.20	0.25		70.05																																																																														
	2	280.20		0.30	168.12																																																																														
Vigas P	1	559.2	0.25		139.80																																																																														
	2	559.2		0.30	335.52																																																																														
Vigas 8	1	279.8	0.25		69.95																																																																														
	2	279.8		0.30	167.88																																																																														
					951.32																																																																														
TOTAL CAPÍTULO 1: VIGAS					50,941.39 Eu																																																																														

APLICACIÓN DE PRECIOS

PILARES

Código	Ud.	Descripción	Medición	Precio	Importe				
1.1	M3	HORMIGÓN H-30 EN PILARES Hormigón para pilares pantalla, HA-30/B/20/IV+H, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, colocado con bomba							
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>	<u>Alto</u>	<u>Subtotal</u>		
		Columna C1	31	4.00	0.30	0.30	11.16		
		Columna C1	62	3.00	0.30	0.30	16.74		
		Columna C2	31	3.00	0.30	0.30	8.37		
							36.27	108.70 Eu	3,942.55 Eu
1.2	KG	ACERO ARMAR B 500 SD Acero en barras corrugadas B 500 SD de límite elástico ≥ 500 N/mm ² , de diámetro hasta 16 mm, para el armado de pilares							
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ø</u>	<u>Kg./m.l.</u>	<u>Subtotal</u>		
		Columna C1	31	229.2	8	0.395	2,806.55		
			31	250.8	16	1.58	12,284.18		
		Columna C2	31	40.8	8	0.395	499.60		
			31	29.04	16	1.58	1,422.38		
							17,012.71	1.07 Eu	18,203.60 Eu
1.3	M2	ENCOFRADOS PARA PILARES Montaje y desmontaje de encofrado con plafones metálicos para pilares de sección rectangular, para revestir, de altura hasta 5 m							
		<u>Comentario</u>	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>	<u>Alto</u>	<u>Subtotal</u>		
		Columna C1	62	4.00	0.30		74.40		
			62	4.00		0.30	74.40		
		Columna C1	124	3.00	0.30		111.60		
			124	3.00		0.30	111.60		
		Columna C2	62	3.00	0.30		55.80		
			62	3.00		0.30	55.80		
							483.60	14.42 Eu	6,973.51 Eu
TOTAL CAPÍTULO 2: PILARES									29,119.66 Eu
TOTAL PRESUPUESTO									80,061.05 Eu

Capítulo 7

ANÁLISIS DE RESULTADOS

7.1 INTRODUCCIÓN

Una vez expuestos en los capítulos 5 y 6 los resultados del dimensionamiento en detalle y de la estimación del coste estructural de ejecución, se presenta a continuación un análisis comparativo entre el coste de ejecución de los diferentes modelos.

A continuación se explica la influencia del comportamiento dúctil en el análisis, diseño y costo de un edificio sometido a la acción sísmica.

Primero se estudian las razones de la diferencia de precios entre los modelos del edificio de 4 niveles, relativas a la ductilidad. Luego se hace lo mismo para los modelos del edificio de 8 niveles, tomando en cuenta en ambas comparativas, la influencia de las distintas partidas en el costo total de los modelos.

7.2 EDIFICIO DE 4 NIVELES

Según se observa en la Tabla 41, mostrada en el capítulo 6, para la edificación de 4 niveles, el costo de ejecución de la edificación aumenta en proporción con el coeficiente de ductilidad.

A su vez, en la Figura 30 se muestra gráficamente el incremento de precio con relación al coeficiente de ductilidad.

Se aprecia que el costo de ejecución de los modelos con coeficiente de ductilidad $\mu=3$ y $\mu=4$ presentan un incremento brusco con relación a los otros modelos. Esto se debe al aumento de las secciones que se le imponen tanto a las vigas como a los pilares de estos modelos.

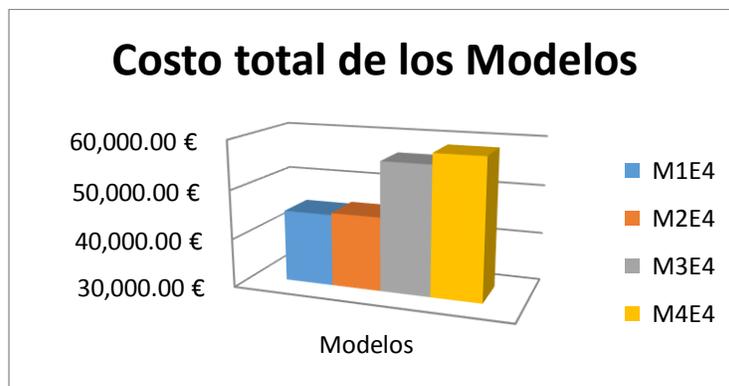


Figura 30. Costo total de los modelos M1E4, M2E4, M3E4 y M4E4

Por su parte, las Figuras 31 y 32 presentan el comportamiento del aumento de costo de ejecución de las vigas y de los pilares con relación al coeficiente de ductilidad.

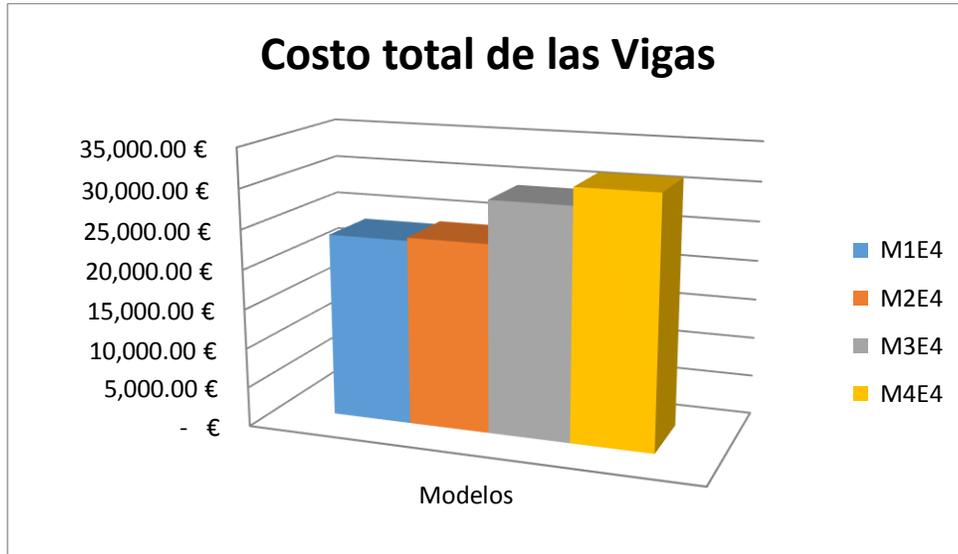


Figura 31. Costo total de vigas de los modelos M1E4, M2E4, M3E4 y M4E4

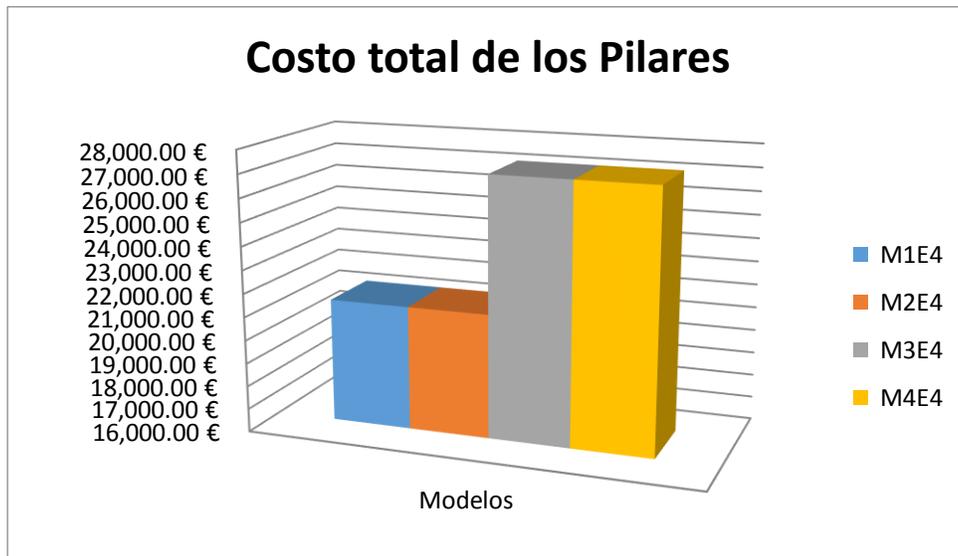


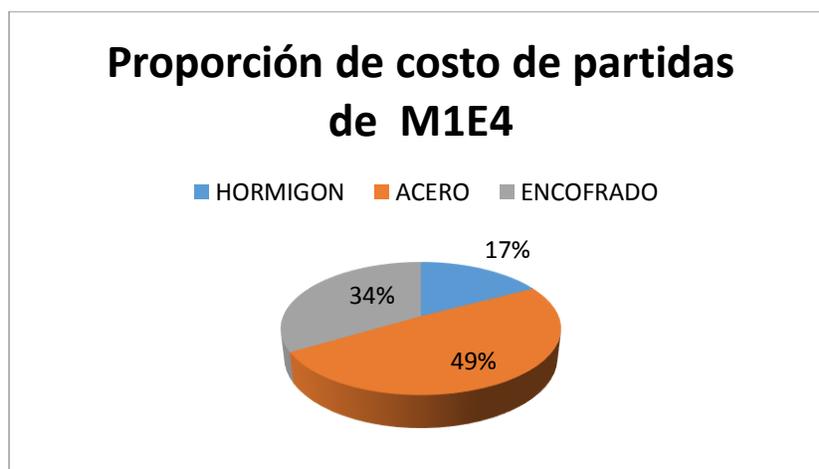
Figura 32. Costo total de pilares de los modelos M1E4, M2E4, M3E4 y M4E4

En la Tabla 45 se presenta un resumen por partidas, hormigón, acero y encofrado, de los distintos modelos del edificio de 4 niveles. Además, en las Figuras 33, 34, 35 y 36 se observa la proporción del costo de ejecución en relación al costo total de cada uno de los modelos.

Tabla 45. Resumen de presupuesto por partida para el edificio de 4 niveles

M1E4			
	Hormigón	Acero	Encofrados
Vigas	4,067.07 €	11,030.01 €	8,286.80 €
Pilares	3,664.55 €	10,982.75 €	6,705.30 €
M2E4			
	Hormigón	Acero	Encofrados
Vigas	4,067.07 €	11,431.32 €	8,286.80 €
Pilares	3,664.55 €	10,982.75 €	6,705.30 €
M3E4			
	Hormigón	Acero	Encofrados
Vigas	5,423.20 €	12,674.20 €	11,049.30 €
Pilares	4,759.70 €	14,791.96 €	7,599.34 €
M4E4			
	Hormigón	Acero	Encofrados
Vigas	6,778.99 €	13,026.77 €	11,551.54 €
Pilares	4,759.70 €	14,791.96 €	7,599.34 €

La proporción del costo de las distintas partidas es similar en los cuatro modelos. Se muestra que la partida más costosa es la del acero de refuerzo, representando aproximadamente un 50% del total. A su vez, el encofrado representa un 33 %, siendo el hormigón la partida que menos influye en el costo de ejecución de los modelos con un 17 %.

**Figura 33.** Proporción de costo de partidas del modelo M1E4

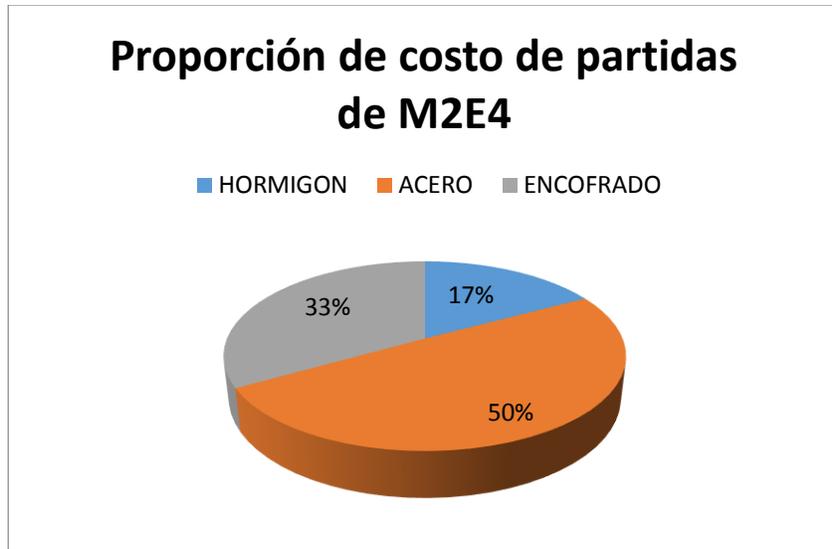


Figura 34. Proporción de costo de partidas del modelo M2E4

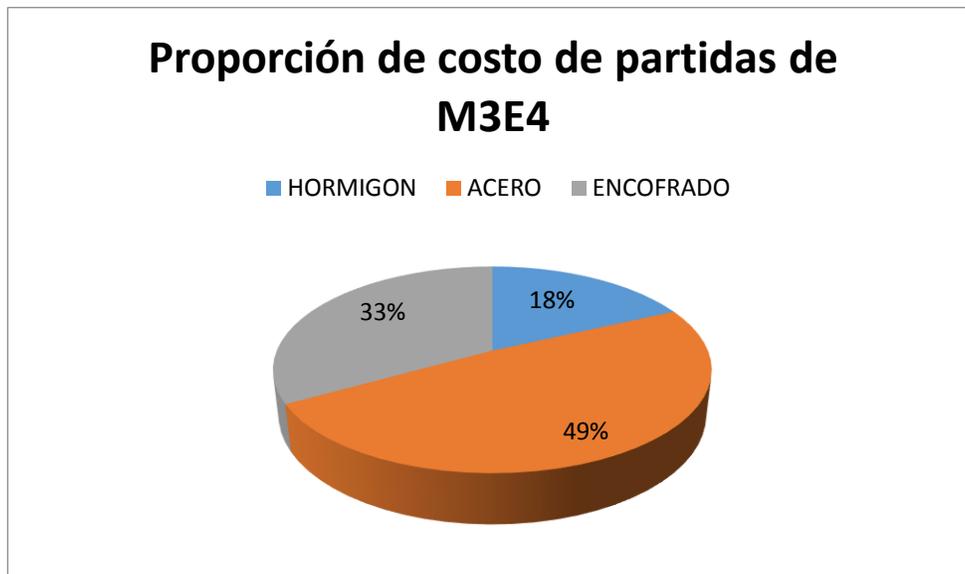


Figura 35. Proporción de costo de partidas del modelo M3E4

En el modelo con coeficiente de ductilidad $\mu = 4$ el acero presenta un ligero decremento en proporción al resto de partidas con respecto a los modelos con coeficiente de ductilidad menor.

Esto se debe a que en este modelo las secciones de los elementos resistentes considerados tienen mayores dimensiones.

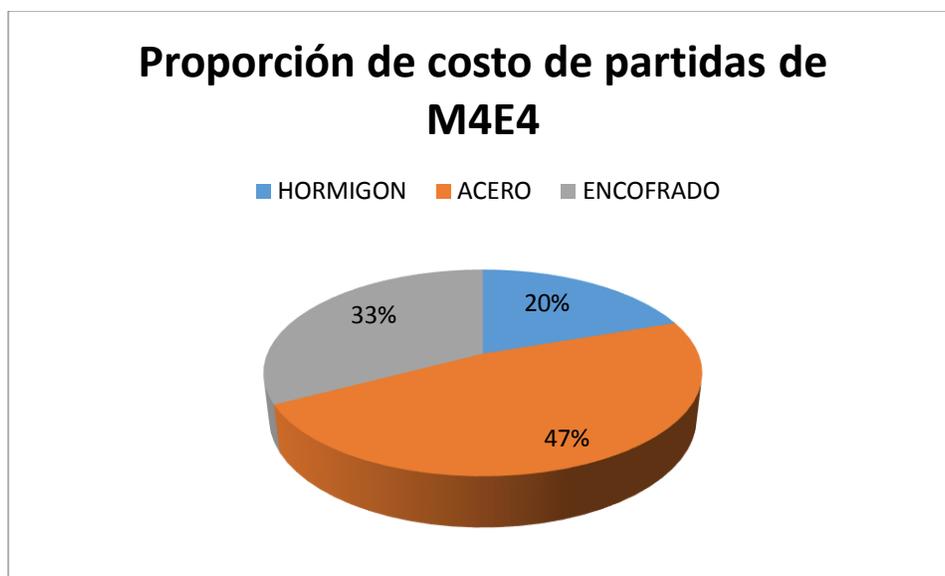


Figura 36. Proporción de costo de partidas del modelo M4E4

Tanto el costo del hormigón como del encofrado dependen de la geometría de las vigas y pilares del modelo.

Para los modelos estudiados, la elección de las secciones se hizo en base a los criterios y especificaciones que tiene la norma NCSE-02 al respecto. Esta norma describe la organización estructural que deben poseer los edificios de acuerdo al valor del coeficiente de ductilidad con el cual van a ser diseñados.

En el caso de los modelos con coeficientes de ductilidad $\mu = 1$ y $\mu = 2$, se modelaron forjados unidireccionales con vigas planas. Por esta razón, las vigas de estos modelos fueron diseñadas con un canto de 300 mm, con independencia de las demás consideraciones que se suelen tomar en cuenta al momento de diseñar.

La NCSE-02 especifica que para modelos con coeficientes de ductilidad $\mu = 3$ y $\mu = 4$, las estructuras con vigas de hormigón armado tienen que ser de canto; por consiguiente se ha elegido un canto en el que el descuelgue bajo el forjado es superior a la profundidad de cálculo de la cabeza comprimida de la sección fisurada. Esto es a pesar de que, por las solicitaciones a las que están siendo sometidas las vigas, pueden diseñarse con un canto menor.

Con relación a la base, se utilizaron las dimensiones mínimas requeridas.

En la Figura 37 se observa cómo las dimensiones mínimas requeridas por norma influyeron de forma directa al costo de ejecución del encofrado y el hormigón de los modelos.

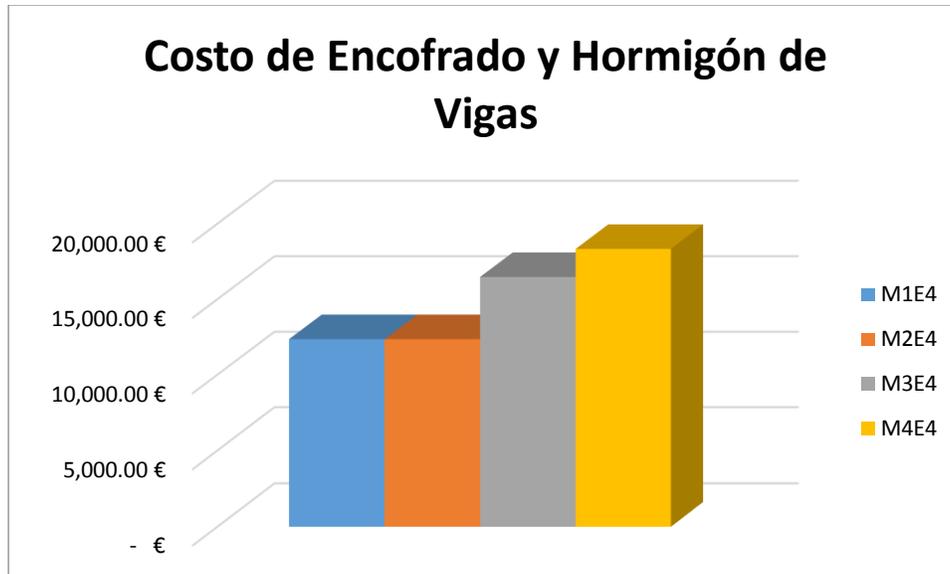


Figura 37. Costo de encofrado y hormigón de vigas en los modelos M1E4, M2E4, M3E4 y M4E4

Con relación a los pilares, la NCSE-02 impone una dimensión mínima de acuerdo a la aceleración sísmica de cálculo a_c . En el caso que nos compete, la dimensión mínima es de 250 mm, la cual fue respetada al diseñar los modelos.

Para los primeros dos modelos del edificio de 4 niveles se diseñaron los pilares con las mismas secciones. Por su parte, las dimensiones de los pilares de los modelos con coeficiente de ductilidad $\mu = 3$ y $\mu = 4$ son mayores. Esta relación se muestra en la Figura 38.

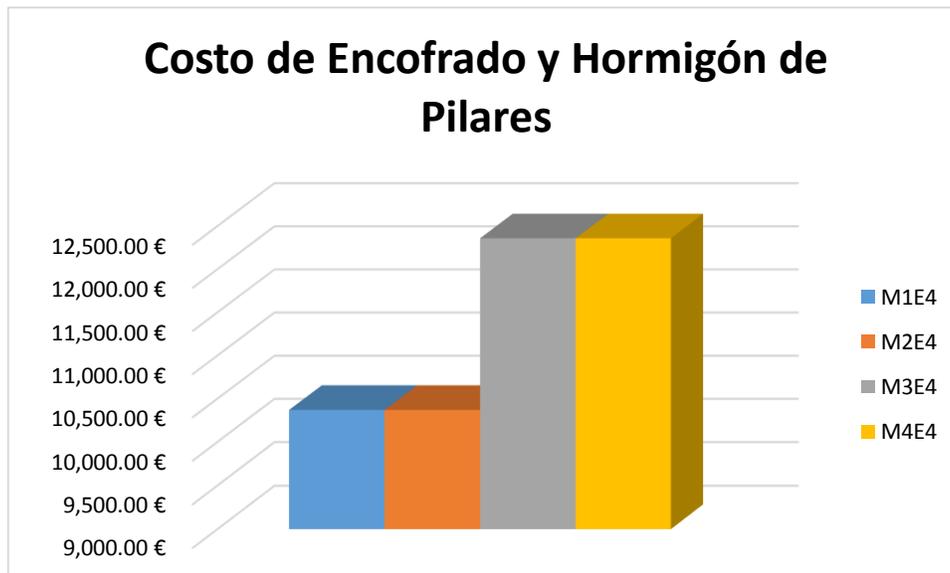


Figura 38. Costo de encofrado y hormigón de pilares en los modelos M1E4, M2E4, M3E4 y M4E4

En las figuras 33, 34, 35 y 36 se observa que las partidas más costosas son las relativas al acero de refuerzo.

Por su parte, en la Figura 39 se muestra que en las vigas, en general, el costo de ejecución del acero estructural de refuerzo aumenta con relación al coeficiente de ductilidad utilizado.

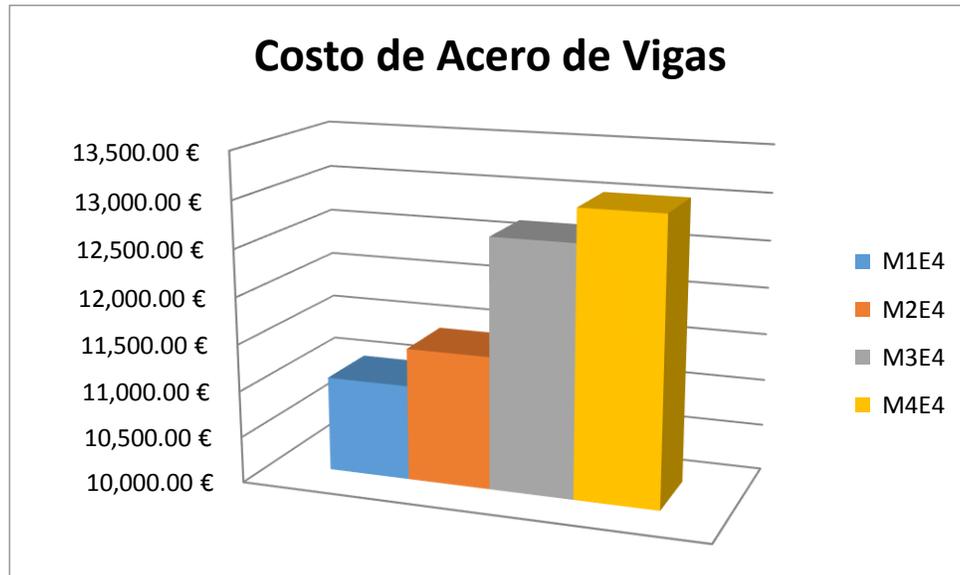
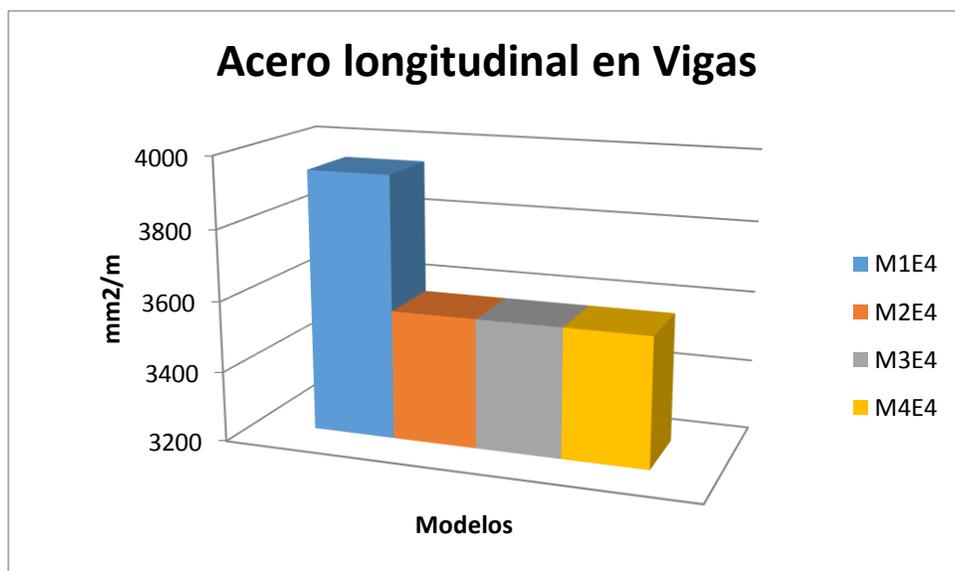
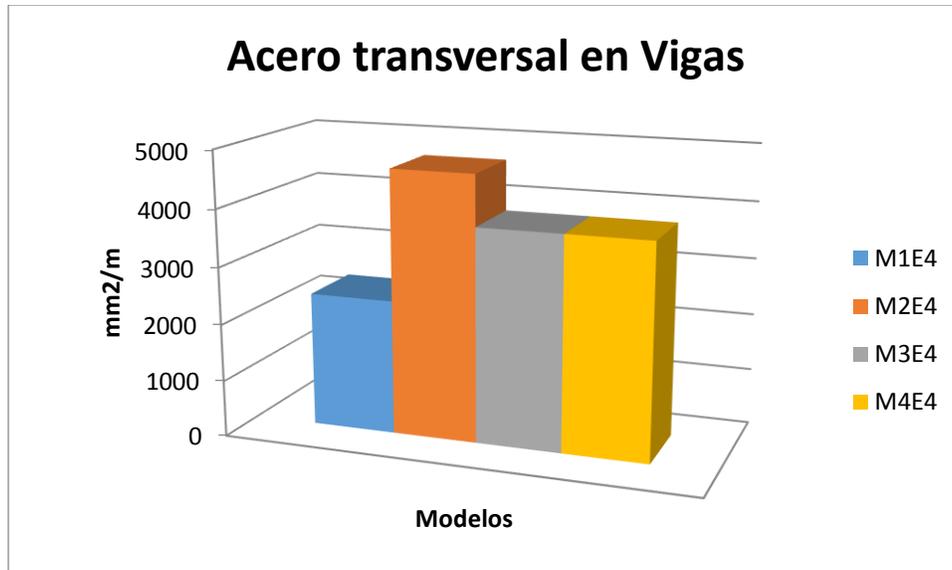


Figura 39. Costo de acero de vigas de los modelos M1E4, M2E4, M3E4 y M4E4

En las Figuras 40 se observa el área de refuerzo, tanto longitudinal como transversal de los cuatro modelos del edificio de 4 niveles.



(a)



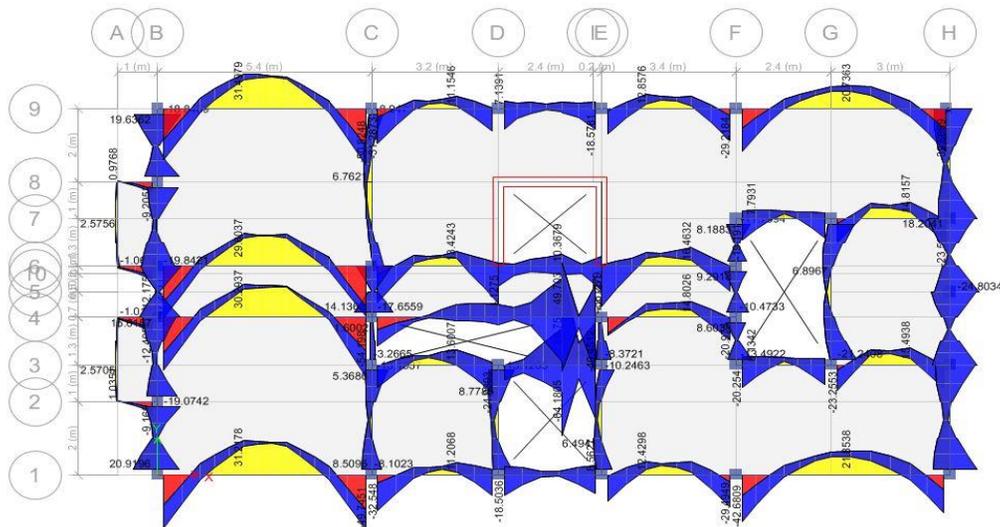
(b)

Figura 40. (a) Acero longitudinal y (b) transversal de vigas de los modelos M1E4, M2E4, M3E4 y M4E4

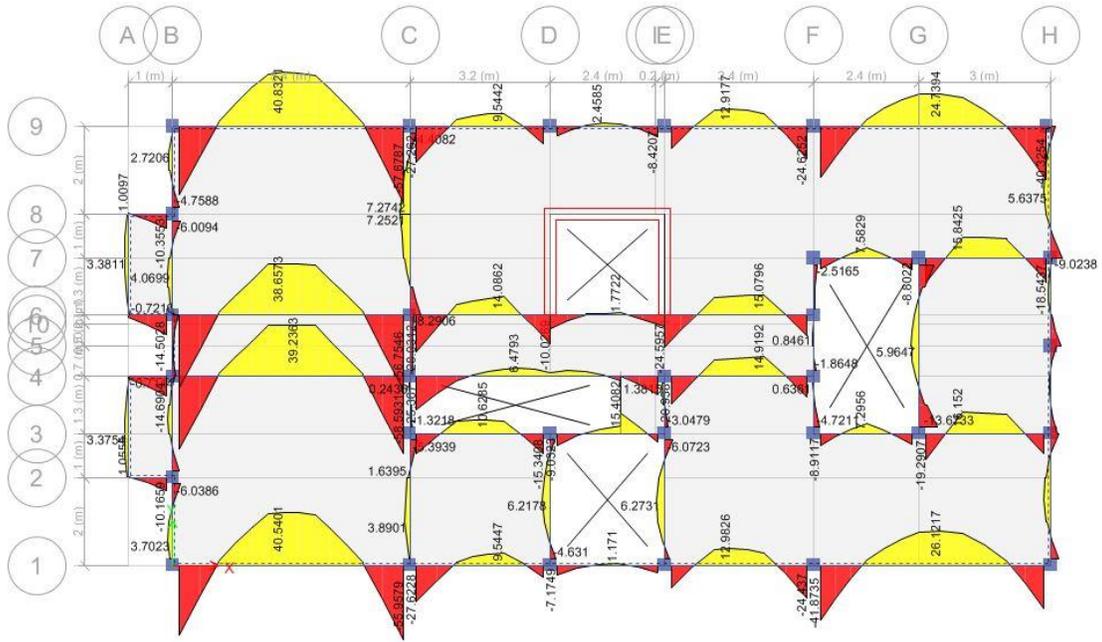
De acuerdo a la figura, se aprecia un comportamiento disímil entre ambos tipos de refuerzo.

Además, se observa que el modelo con coeficiente de ductilidad $\mu=1$ posee un mayor refuerzo longitudinal de acero estructural que los demás modelos.

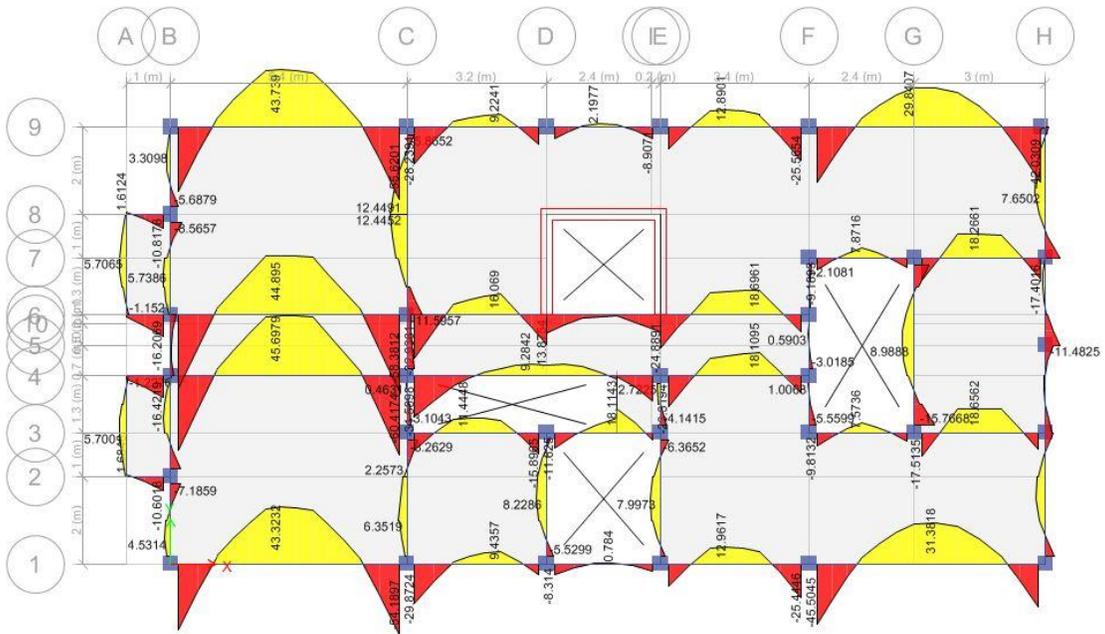
En la Figura 41 se muestran los diagramas de momento flector a los que están sometidas las vigas del primer nivel de los cuatro modelos del edificio de 4 niveles.



(a)

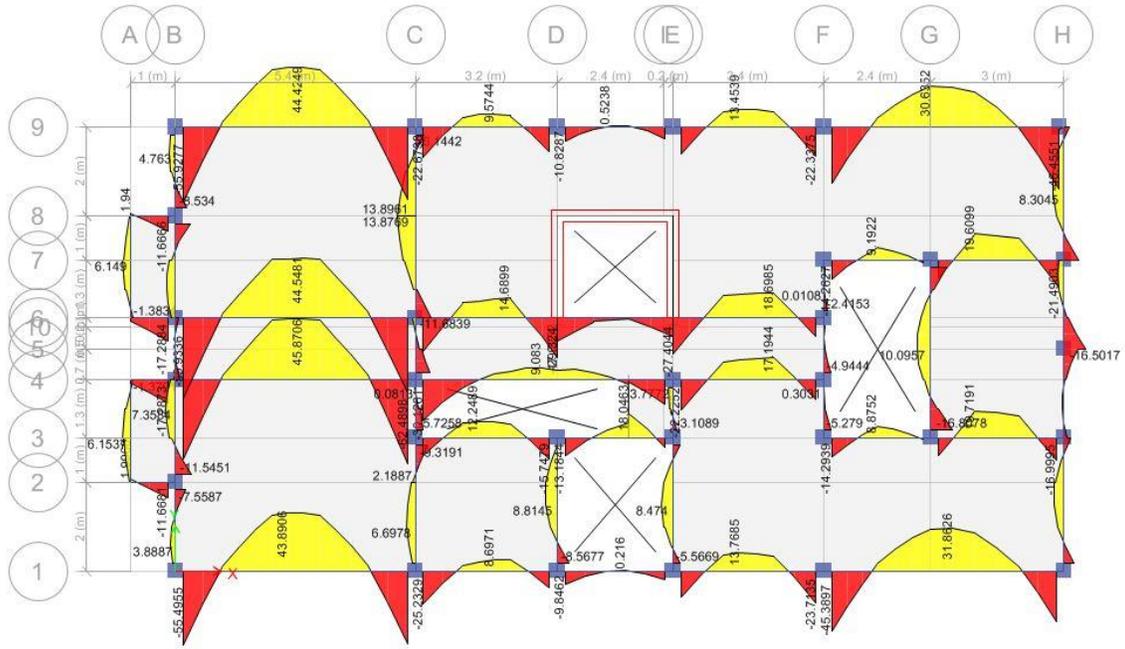


(b)



(c)

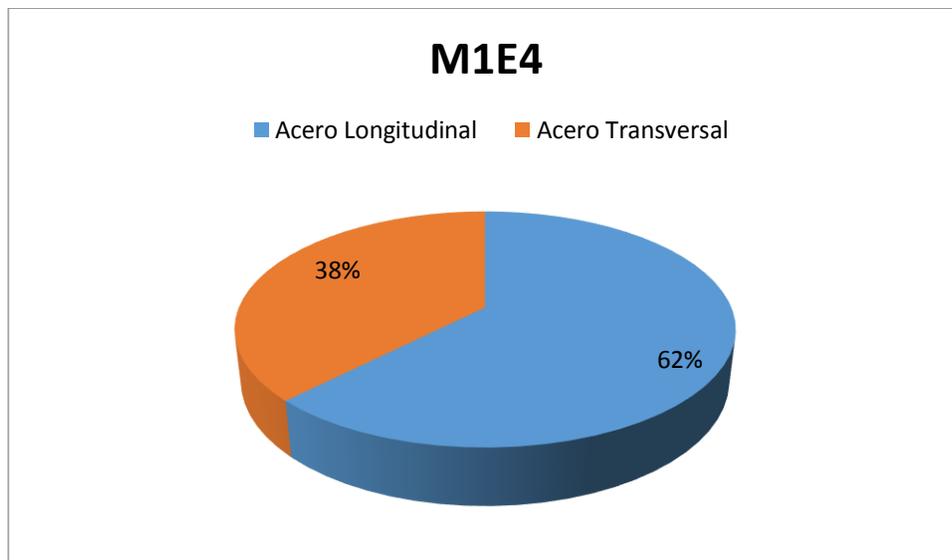
ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL COMPORTAMIENTO POR DUCTILIDAD...



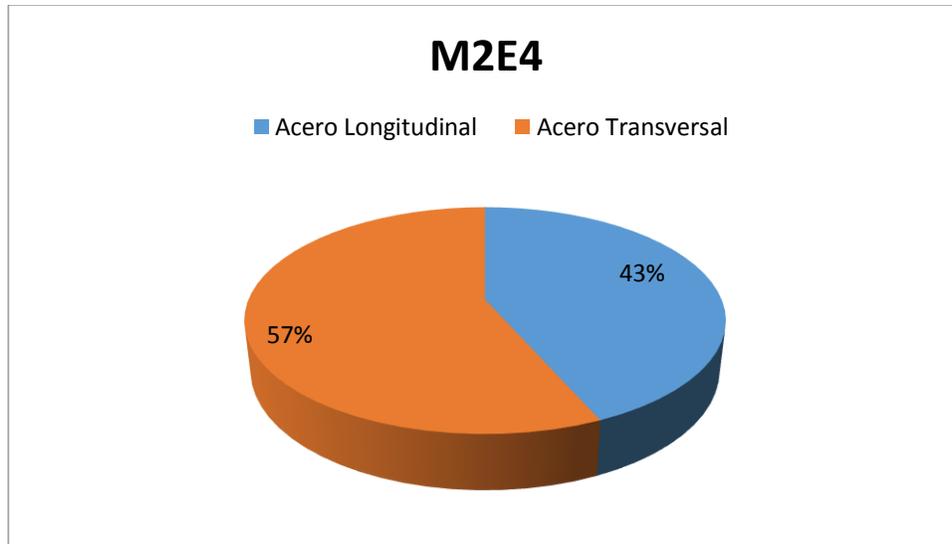
(d)

Figura 41. Diagramas de momentos flectores en vigas de los modelos (a) M1E4, (b) M2E4, (c) M3E4 y (d) M4E4

Con relación al diseño del refuerzo longitudinal de las vigas, el modelo con coeficiente de ductilidad $\mu = 1$ presenta un 19 % más de acero longitudinal de refuerzo que el modelo con coeficiente de ductilidad $\mu = 2.$, Figura 42.



(a)



(b)

Figura 42. Acero longitudinal de vigas de los modelos (a) MIE4 y (b) M2E4

La diferencia se debe a que los modelos fueron diseñados con combinaciones de carga diferente.

La combinación de acciones más desfavorable en el modelo con coeficiente de ductilidad $\mu=1$, llamada combinación C6, combina la sobrecarga de uso, el peso propio, la carga permanente, el sismo en la dirección X y un 30% del sismo en la dirección Y.

Por su parte, en los modelos con coeficiente de ductilidad $\mu = 2$, $\mu = 3$ y $\mu = 4$, la más desfavorable es la llamada combinación C4, la cual combina un 150% de la sobrecarga de uso y un 135% del peso propio y de la carga permanente.

La carga sísmica sólo fue determinante en el diseño del modelo de ductilidad $\mu=1$ dado que las fuerzas resultantes del espectro de respuesta para este modelo son mayores y por lo tanto, tienen mayor impacto al momento de ser aplicadas.

En la Figura 43 se muestran los espectros de respuestas correspondientes a los modelos de los cuatro coeficientes de ductilidad.

El espectro de respuesta utilizado para analizar los modelos con coeficiente de ductilidad $\mu = 1$ posee aceleraciones 50,00%, 66,66% y 75,00% mayores que los de los modelos con coeficiente de ductilidad $\mu = 2$, $\mu = 3$ y $\mu = 4$ respectivamente.

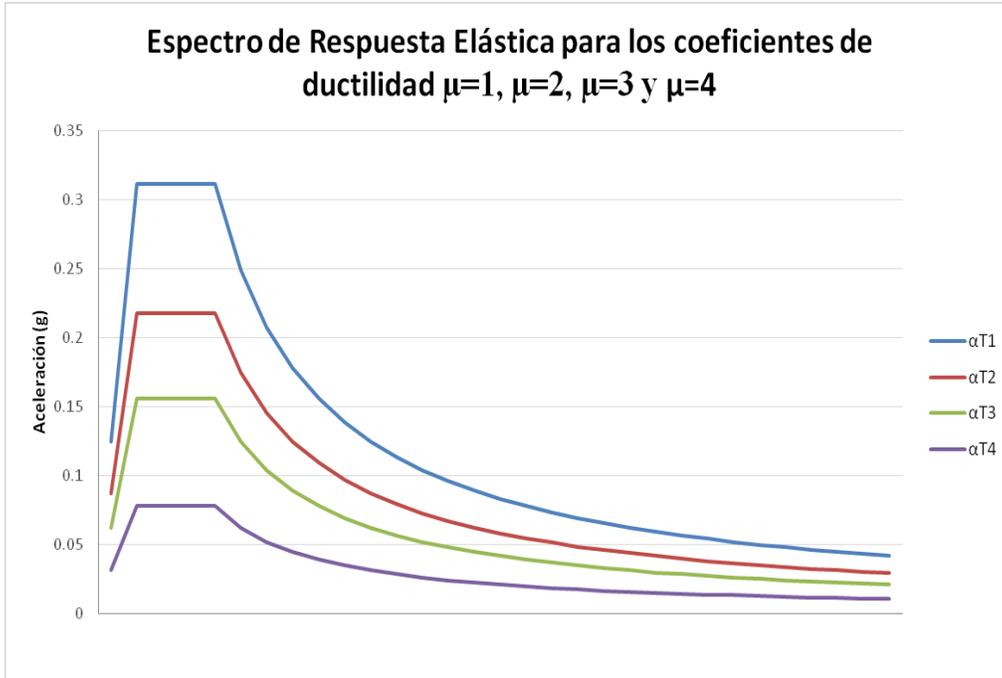
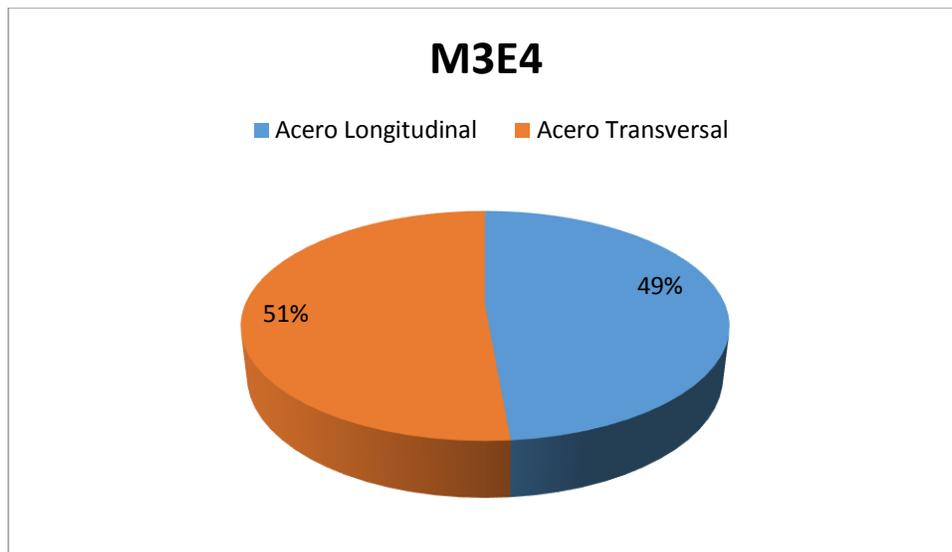
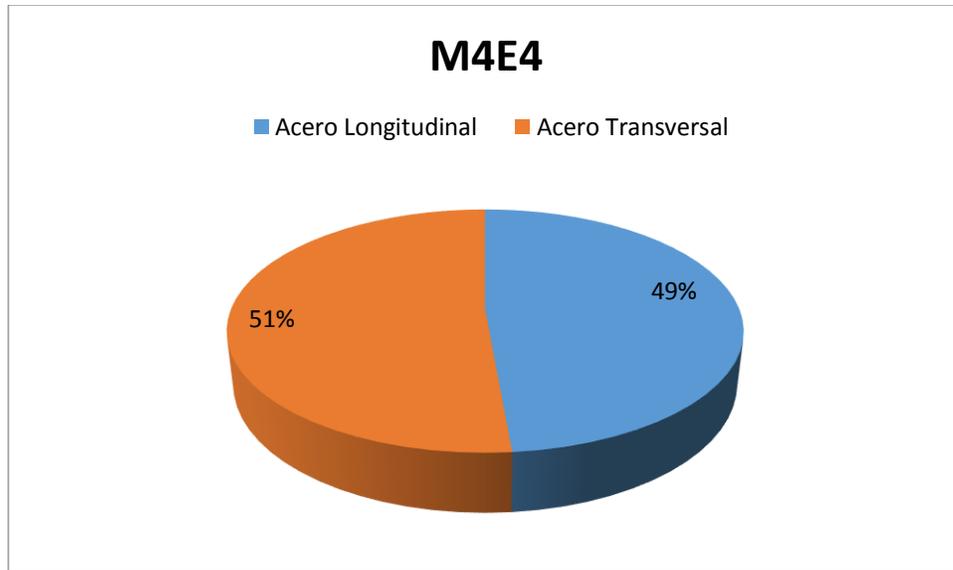


Figura 43. Espectro de respuesta de los modelos con coeficiente de ductilidad $\mu = 1$, $\mu = 2$, $\mu = 3$ y $\mu = 4$

Con relación a los modelos diseñados con coeficiente de ductilidad $\mu = 3$ y $\mu = 4$, a pesar de que las dimensiones de las vigas del modelo M4E4 son mayores, poseen igual porcentaje de acero de refuerzo longitudinal, como se muestra en la Figura 44.



(a)



(b)

Figura 44. Acero longitudinal de vigas de los modelos (a) M3E4 y (b) M4E4

La dispar relación entre el acero de refuerzo longitudinal y transversal de las vigas se exhibe en la Figura 45.

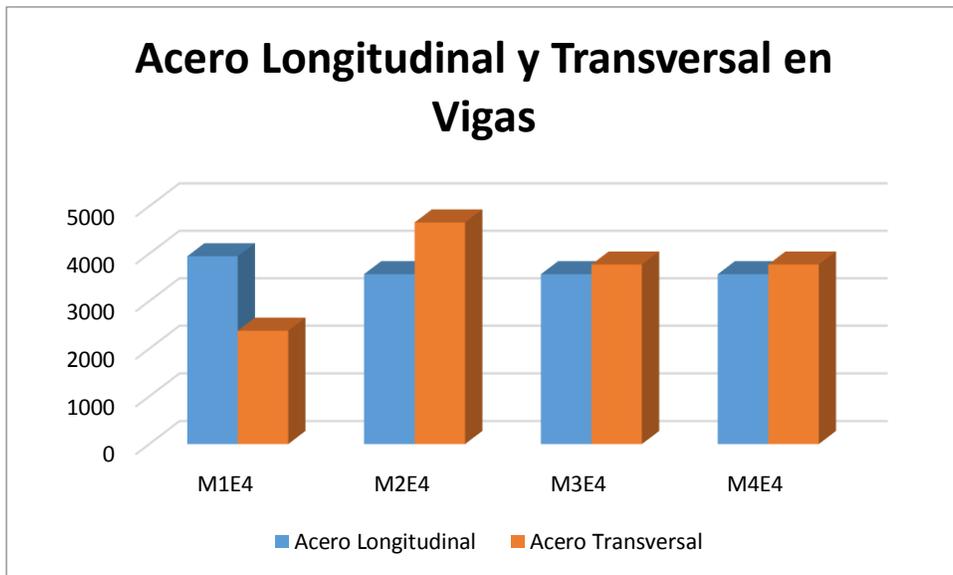
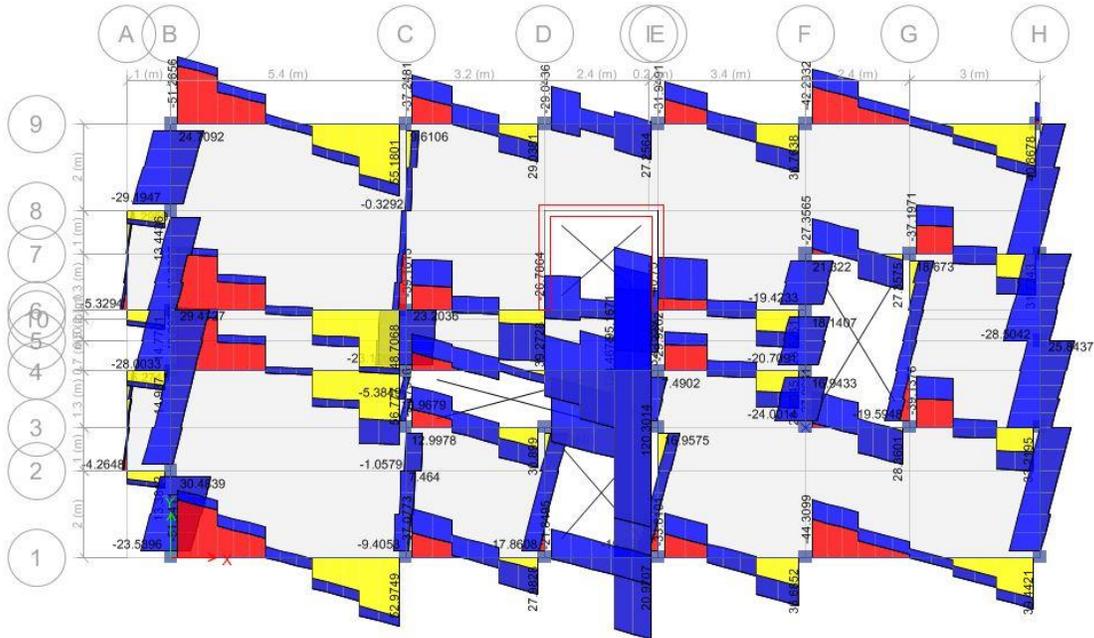


Figura 45. Acero longitudinal y transversal de vigas de los modelos M1E4, M2E4, M3E4 y M4E4

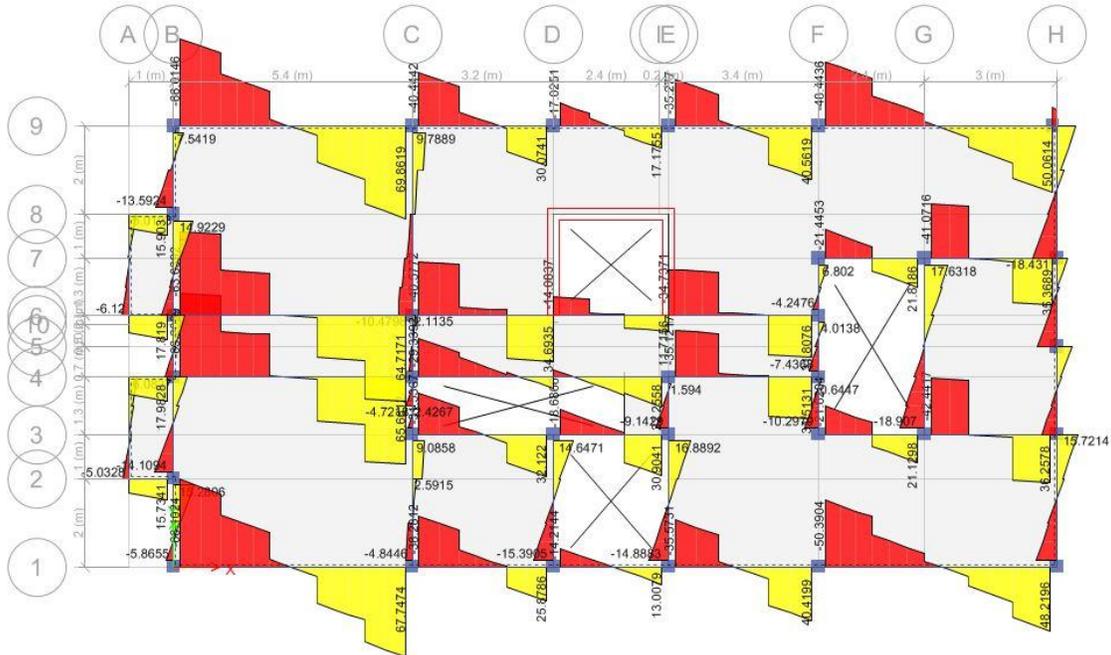
En consonancia con esto, en la Figura 46 se observa que las solicitaciones a cortante del modelo M1E4 son mayores que la de los otros modelos, a pesar de lo cual el armado es menor que en los demás.

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL COMPORTAMIENTO POR DUCTILIDAD...

Esto se debe a los requerimientos de la EHE-08 sobre el armado del acero transversal de las vigas con ductilidad moderada, alta y muy alta ($\mu = 2$, $\mu = 3$ y $\mu = 4$)



(a)

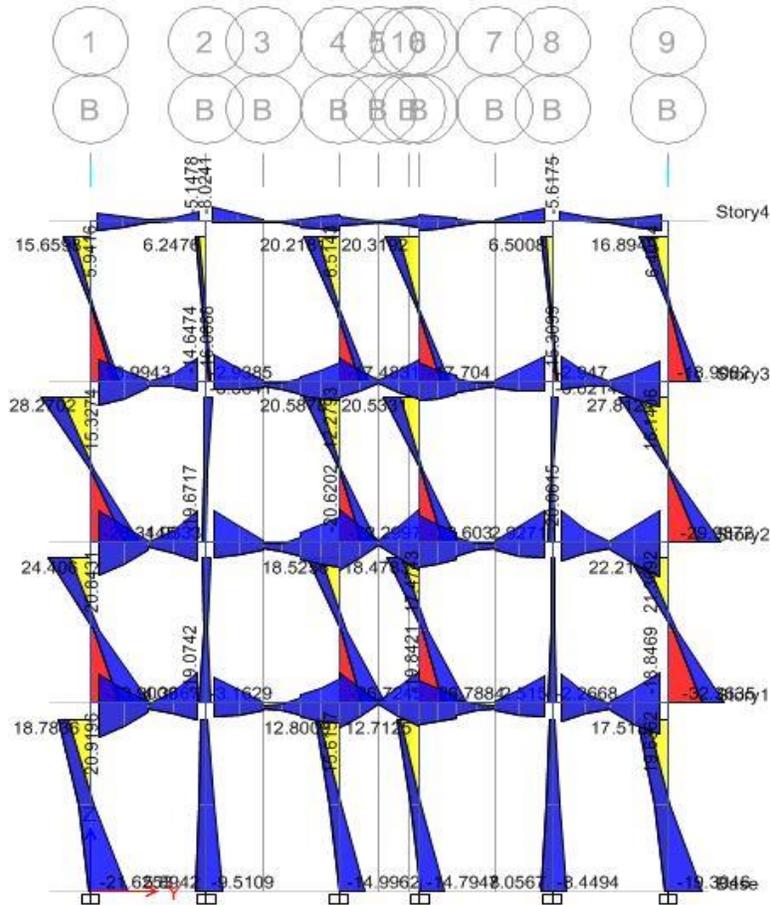


(b)

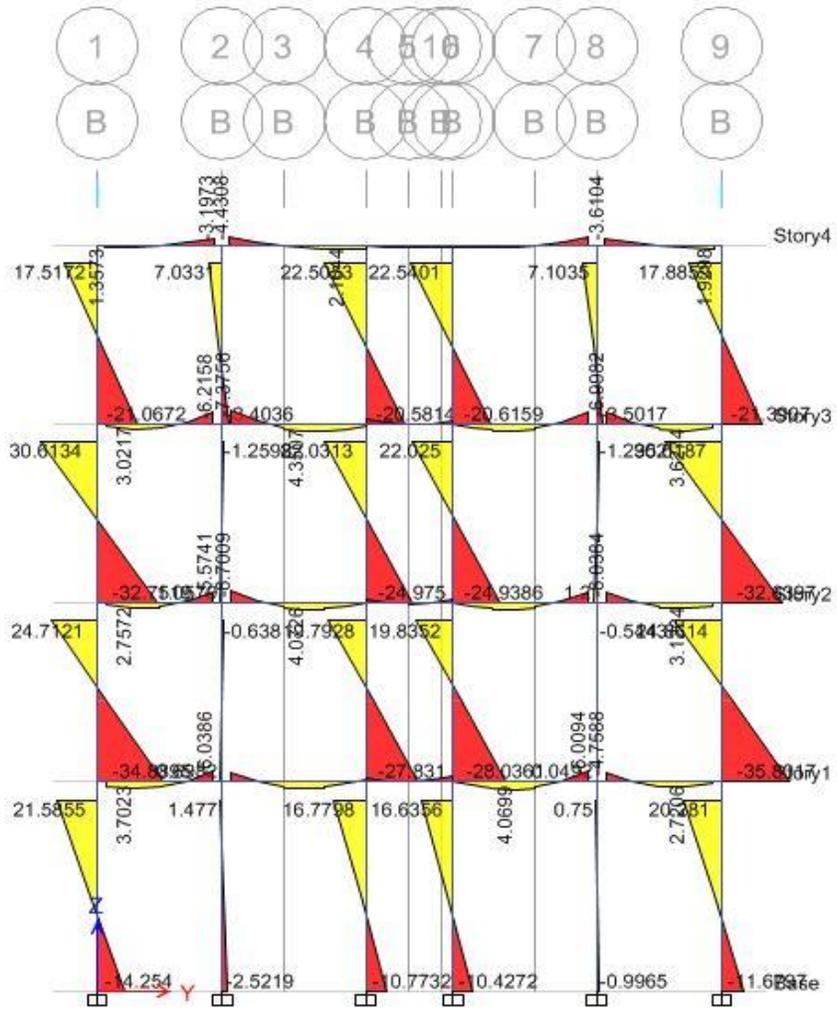
ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL COMPORTAMIENTO POR DUCTILIDAD...

Para el diseño de estructuras que posean las ductilidades mencionadas, la EHE-08 propone calcular el cortante aislando el elemento y suponiendo que las secciones de los extremos han plastificado, formando rótulas plásticas en las uniones. Además, disminuye la resistencia a cortante del hormigón con lo cual las vigas deben armarse de forma más densa a como lo harían de ser armadas basándose en las solicitaciones a cortante ordinarias.

Con relación a los pilares, a pesar de que las solicitaciones son muy parecidas, tal y como se muestra en las Figuras 47 y 48, los pilares de los modelos M3E4 y M4E4 tienen mayor dimensión que en los demás modelos. Esta diferencia se debe a la imposición que existe en el diseño sismorresistente sobre pilar fuerte y viga débil. Así, como las vigas de los modelos diseñados con coeficiente de ductilidad $\mu = 3$ y $\mu = 4$ fueron diseñadas con mayor resistencia que las de los demás modelos, los pilares de éste deben diseñarse de forma tal que en caso de rotura, rompan primero las vigas.

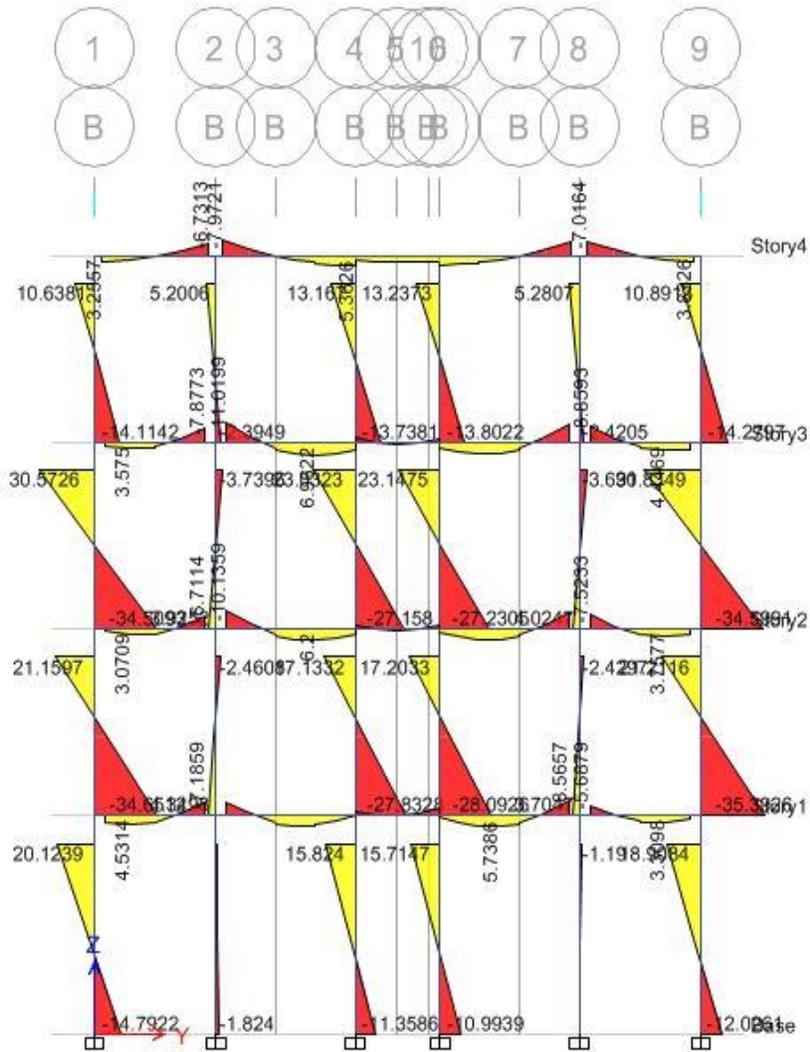


(a)

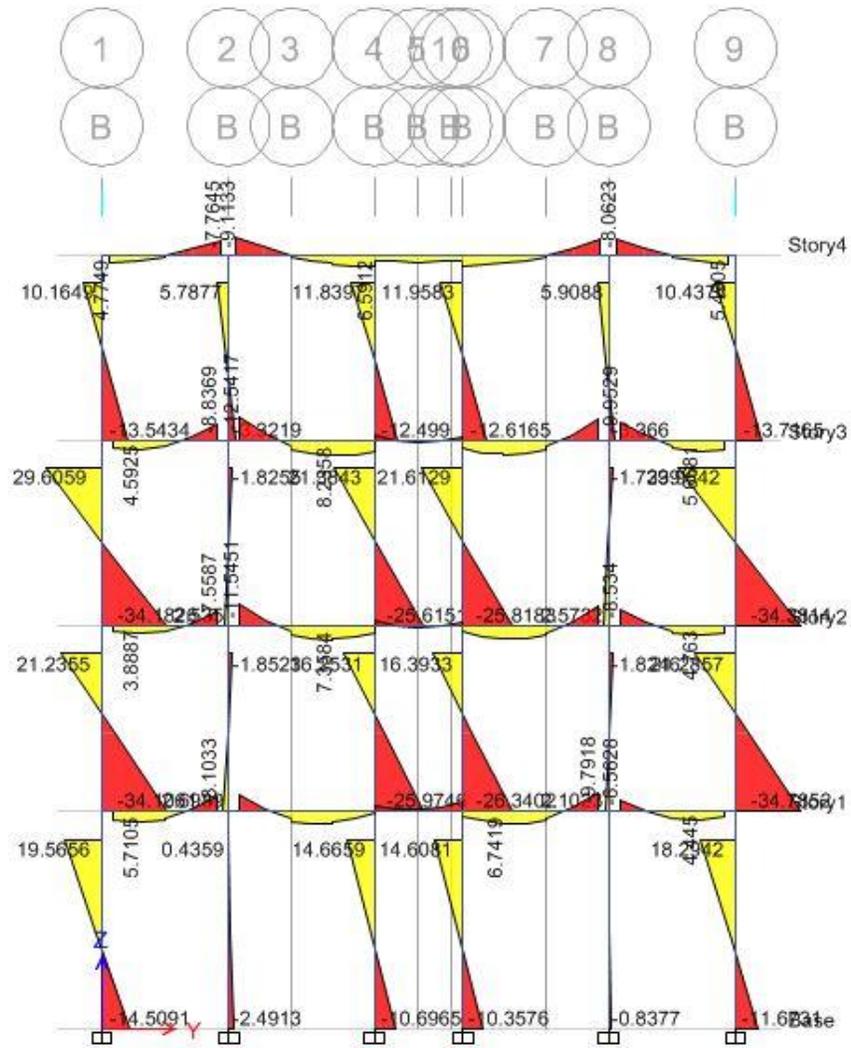


(b)

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL COMPORTAMIENTO POR DUCTILIDAD...



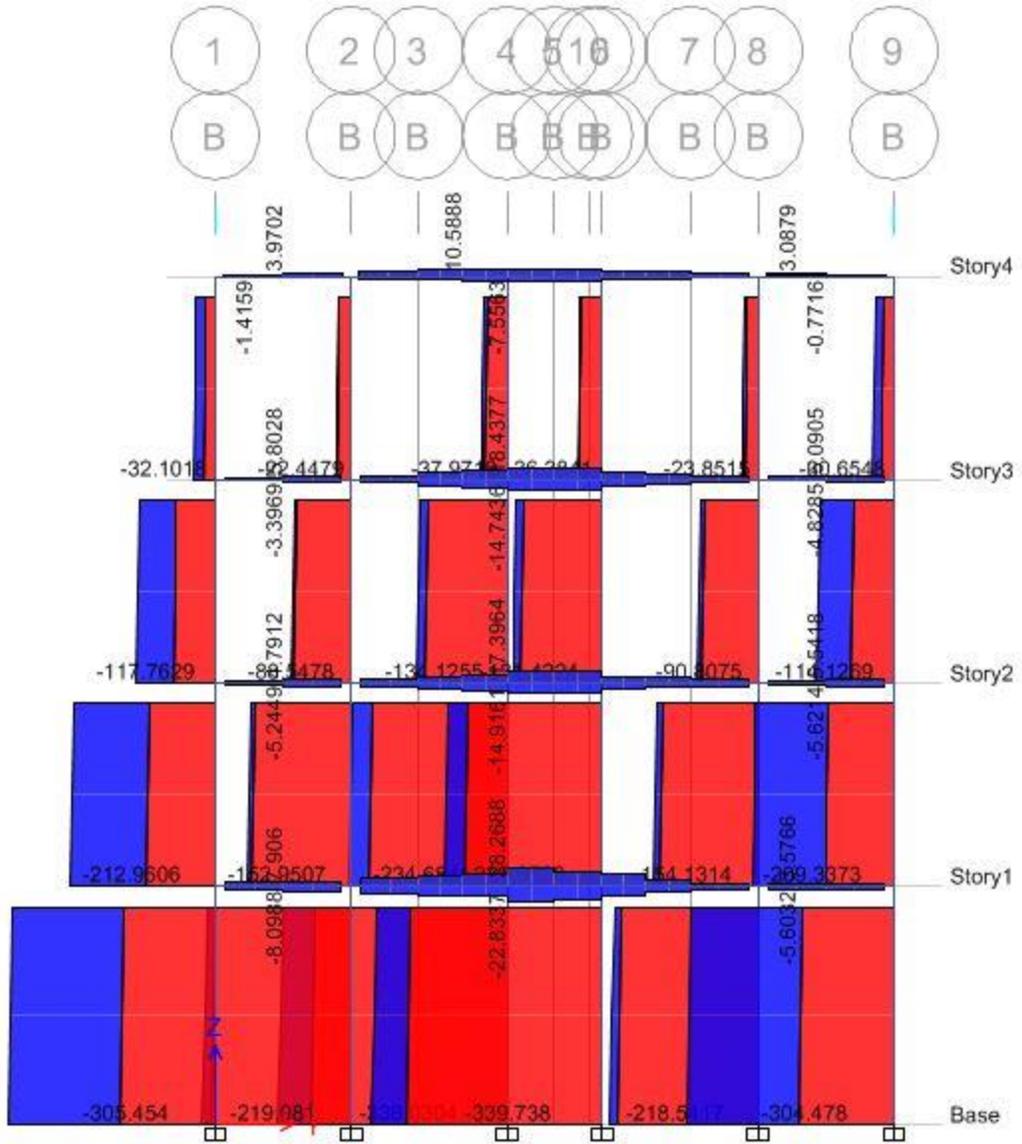
(C)



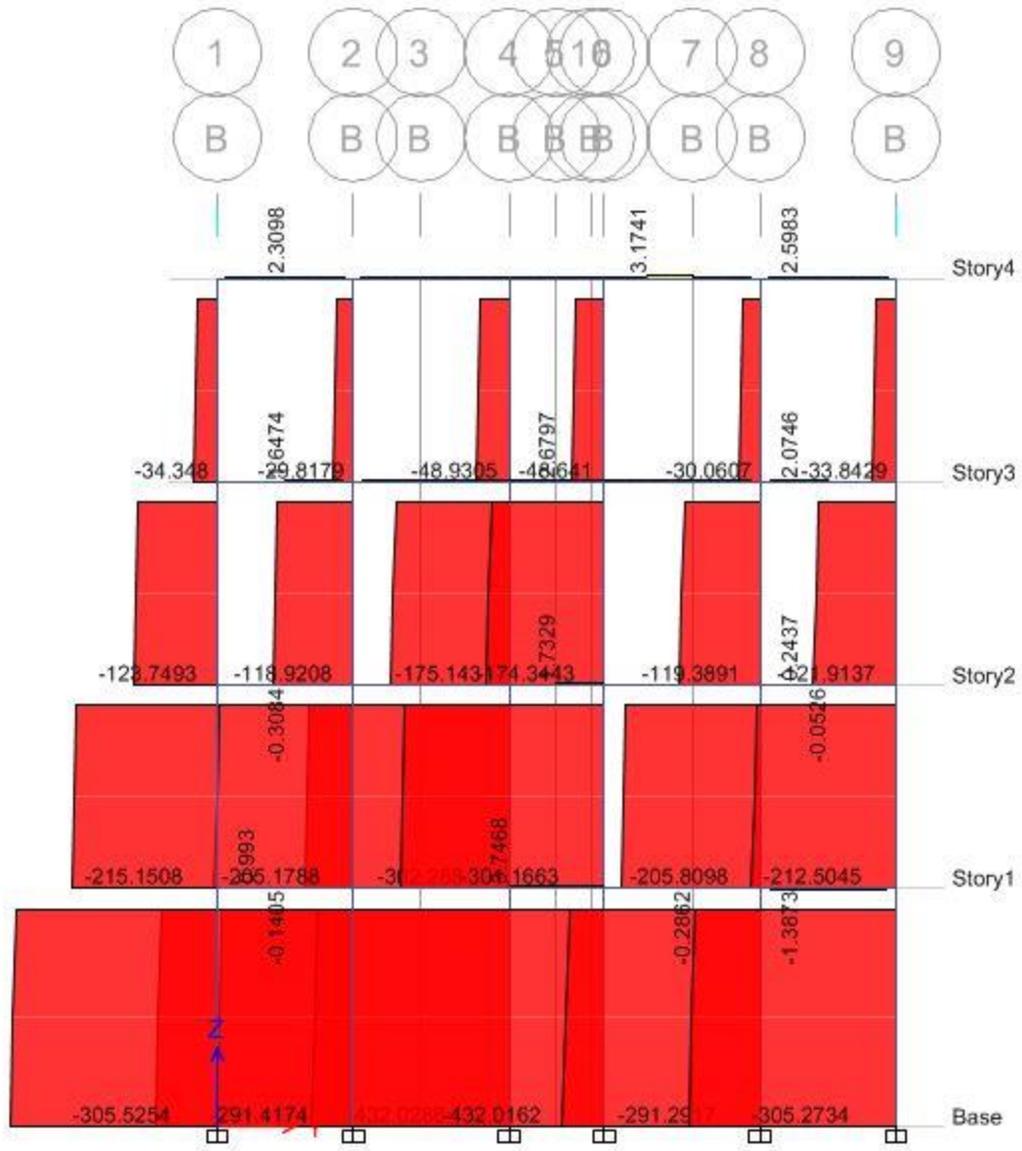
(d)

Figura 47. Diagramas de momentos flectores en pilares en modelos (a) M1E4, (b) M2E4, (c) M3E4 y (d) M4E4

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL COMPORTAMIENTO POR DUCTILIDAD...

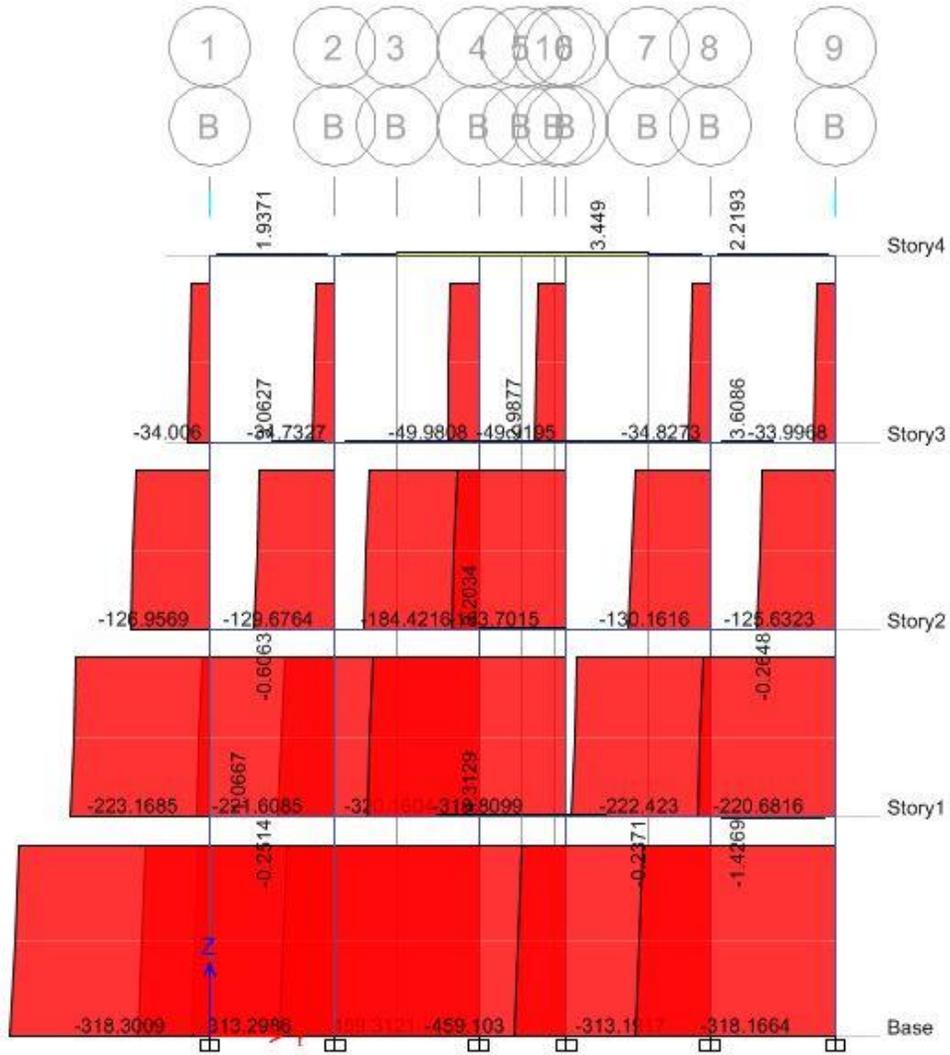


(a)

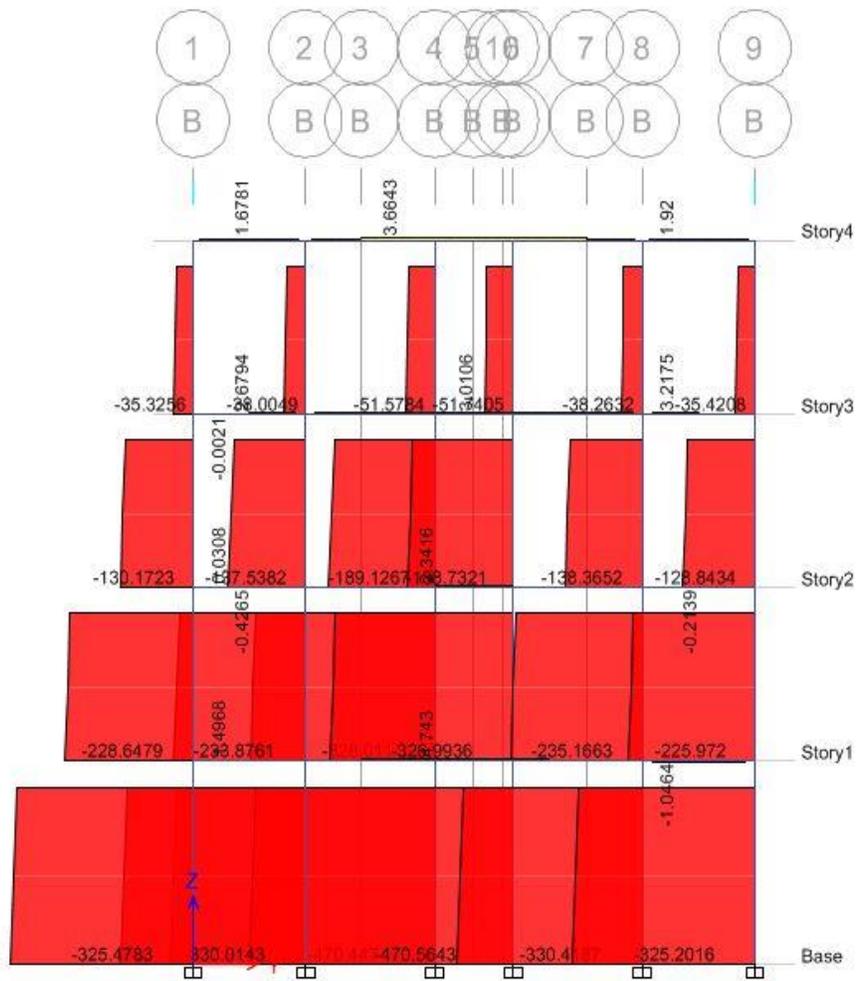


(b)

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL COMPORTAMIENTO POR DUCTILIDAD...



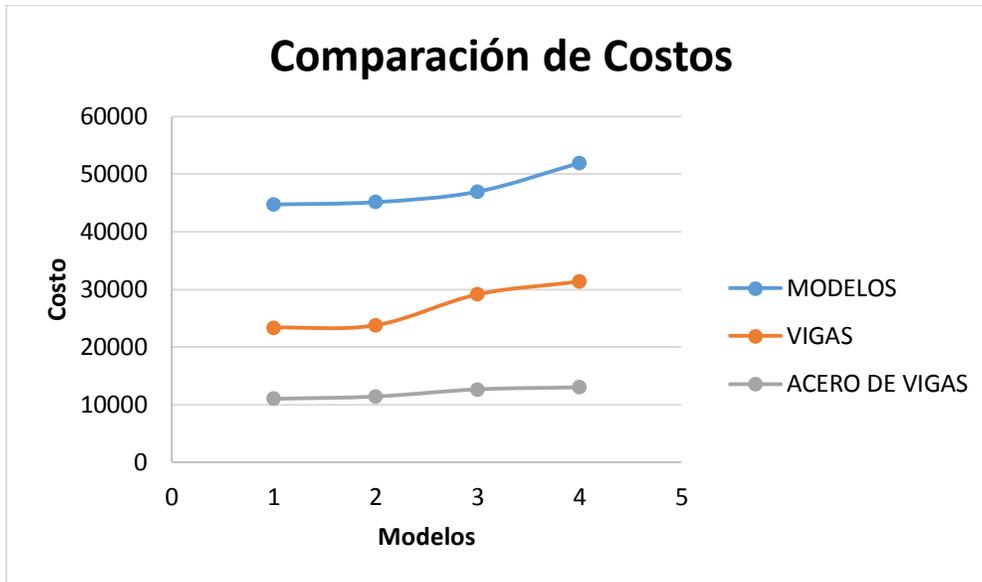
(c)



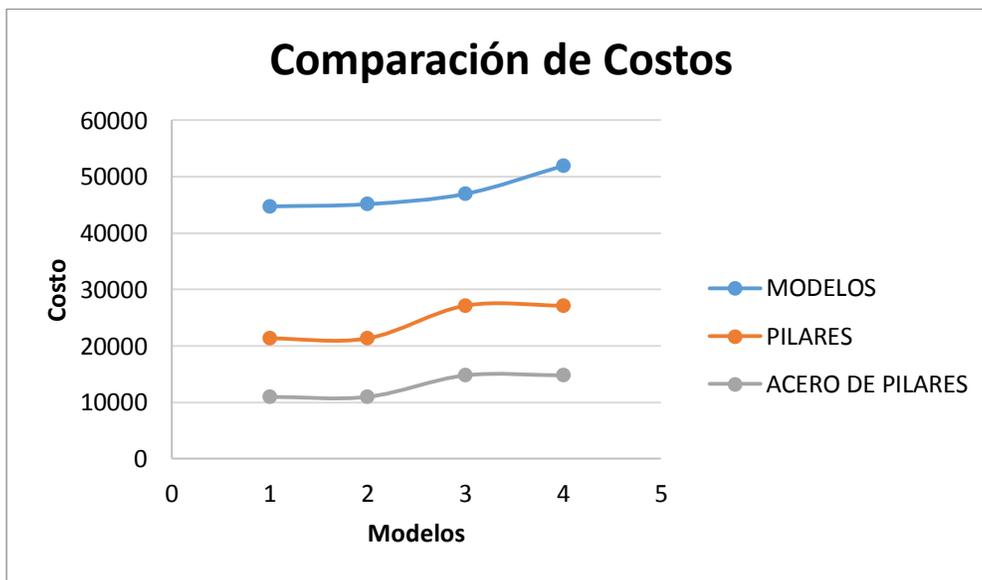
(d)

Figura 48. Diagramas de fuerzas axiales en pilares en modelos (a) M1E4, (b) M2E4, (c) M3E4 y (d) M4E4

En la Figura 49 se muestra una comparación entre los costos de las partidas tanto de las vigas como de los pilares de los modelos del edificio de 4 niveles.



(a)



(b)

Figura 49. Comparación del costo de partidas en (a) vigas y (b) pilares de los modelos

Se observa que para el costo total de los modelos, el comportamiento del costo de ejecución de las vigas es más parecido al costo total que el de los pilares. Además, se observa que en general, el costo del acero es el más influyente entre las partidas ejecutadas.

7.3 EDIFICIO DE 8 NIVELES

En contraste con el costo de ejecución de los modelos del edificio de 4 niveles, en la Tabla 42 del capítulo 6 se observa que, en general, el costo de ejecución de los modelos del edificio de 8 niveles disminuye a medida que aumenta el coeficiente de ductilidad.

En la Figura 50 se muestra gráficamente la relación inversamente proporcional entre el costo de ejecución de los modelos y el coeficiente de ductilidad. Así, mientras mayor es el coeficiente de ductilidad con el que se diseña el modelo, menor es el costo de ejecución del mismo.

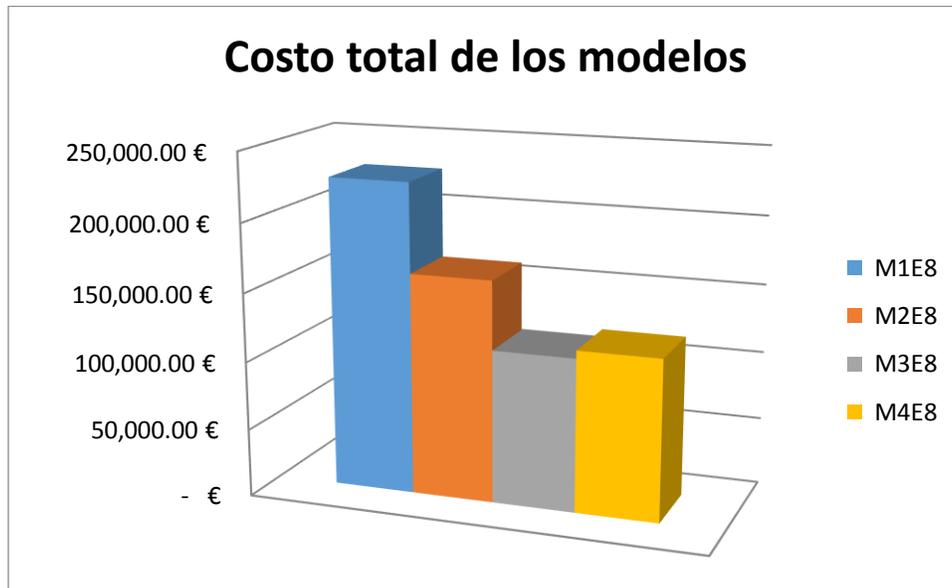


Figura 50. Costo total de los modelos M1E8, M2E8, M3E8 y M4E8

En las Figuras 51 y 52 se muestra cómo esta disminución es más dramática en el costo de los pilares.



Figura 51. Costo total de vigas de los modelos M1E8, M2E8, M3E8 y M4E8

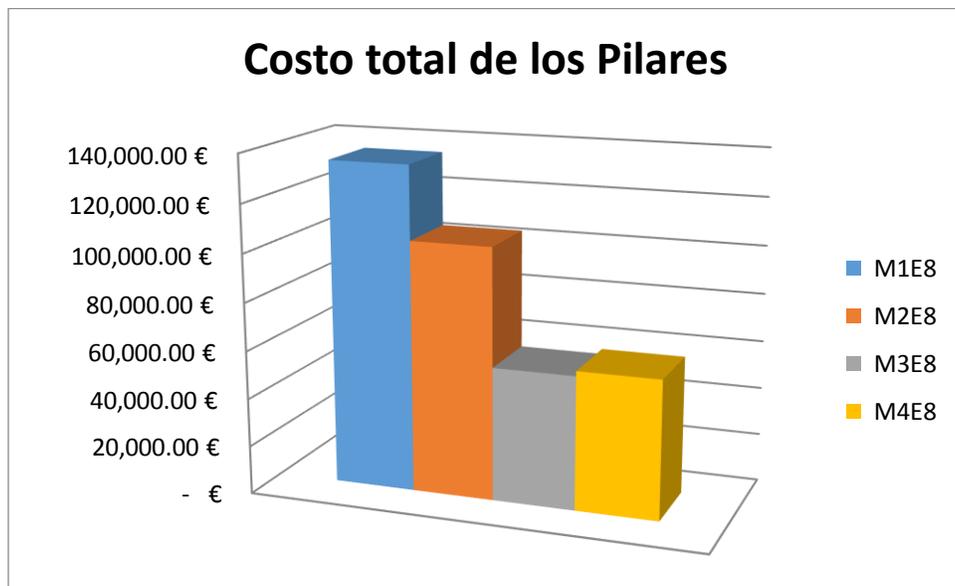


Figura 52. Costo total de pilares de los modelos M1E8, M2E8, M3E8 y M4E8

En la Tabla 46 se presenta un resumen por partidas, hormigón, acero y encofrado, de los distintos modelos del edificio de 8 niveles. Además, en las Figuras 53, 54, 55 y 56 se observa la proporción del costo en relación al costo total de cada uno de los modelos.

Tabla 46. Resumen de presupuesto por partida para edificio de 8 niveles.

M1E8			
	Hormigón	Acero	Encofrados
Vigas	15,953.98 €	55,760.68 €	20,918.75 €
Pilares	30,285.18 €	78,379.50 €	26,374.18 €
M2E8			
	Hormigón	Acero	Encofrados
Vigas	10,530.78 €	29,785.81 €	17,905.30 €
Pilares	12,063.53 €	75,698.80 €	16,807.95 €
M3E8			
	Hormigón	Acero	Encofrados
Vigas	10,846.39 €	24,326.23 €	22,098.60 €
Pilares	9,106.61 €	31,926.01 €	14,572.85 €
M4E8			
	Hormigón	Acero	Encofrados
Vigas	13,557.99 €	24,326.23 €	23,103.09 €
Pilares	9,662.61 €	32,950.21 €	15,109.28 €

La proporción del costo de las distintas partidas es similar en los modelos con coeficientes de ductilidad $\mu = 1$ y $\mu = 2$. Se observa que la partida más costosa es la del acero de refuerzo, representando más de un 63 % del total. A su vez, el encofrado represente un 20 %, siendo el hormigón la partida que menos influye en el costo de ejecución de los modelos.

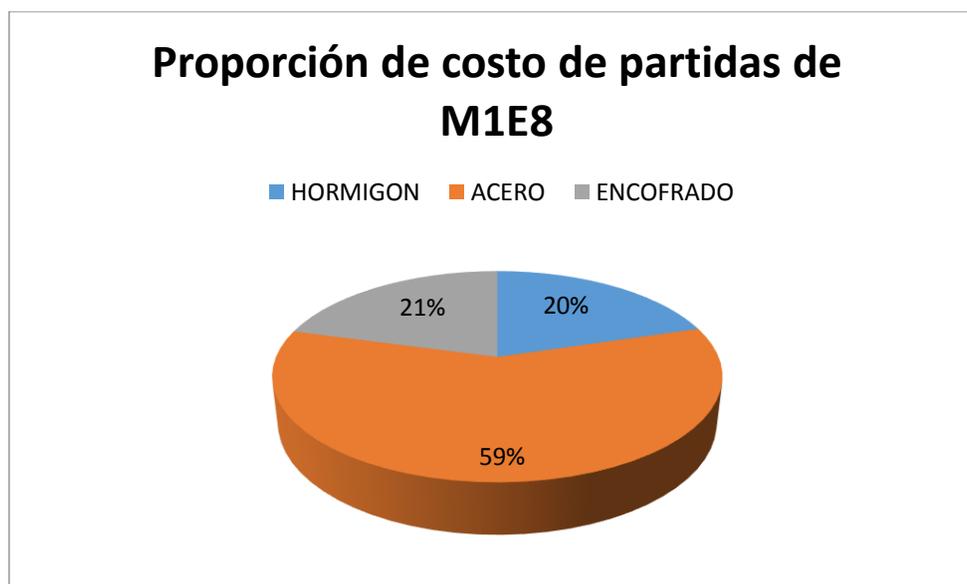


Figura 53. Proporción de costo de partidas del modelo M1E8

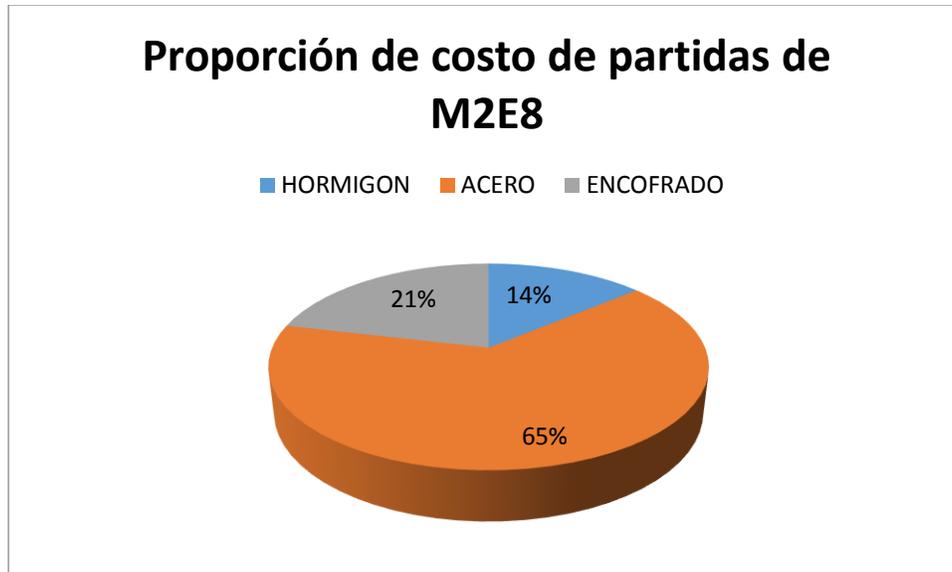


Figura 54. Proporción de costo de partidas del modelo M2E8

Por su parte, en los modelos diseñados con coeficientes de ductilidad $\mu = 3$ y $\mu = 4$, a pesar de que la partida del acero de refuerzo continúa siendo la más costosa, la proporción de la misma con respecto al costo total desciende en aproximadamente un 18 %. Así, el acero de refuerzo representa alrededor de un 49 % del costo total, el encofrado un 33 %, siendo el hormigón, una vez más, la partida con menor costo de ejecución.

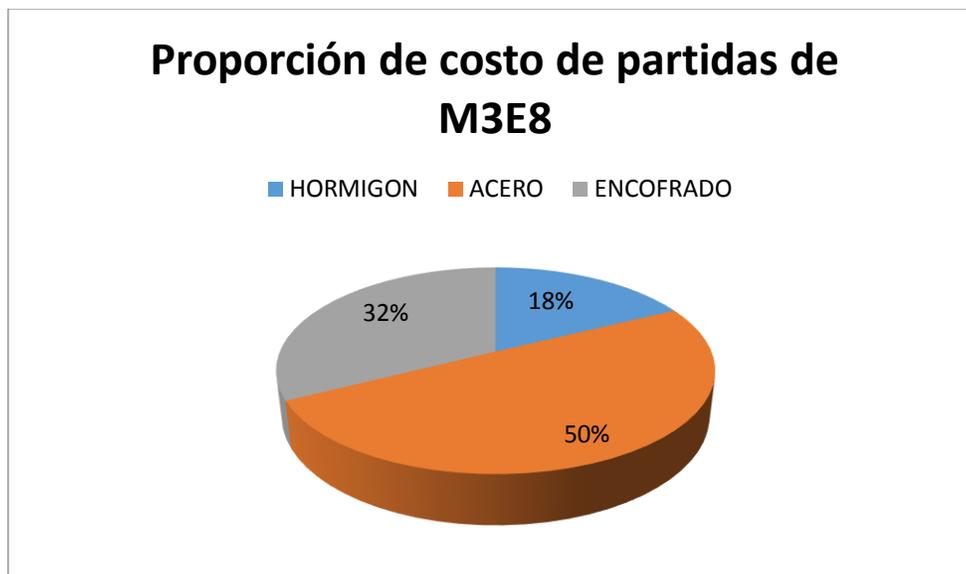


Figura 55. Proporción de costo de partidas del modelo M3E8

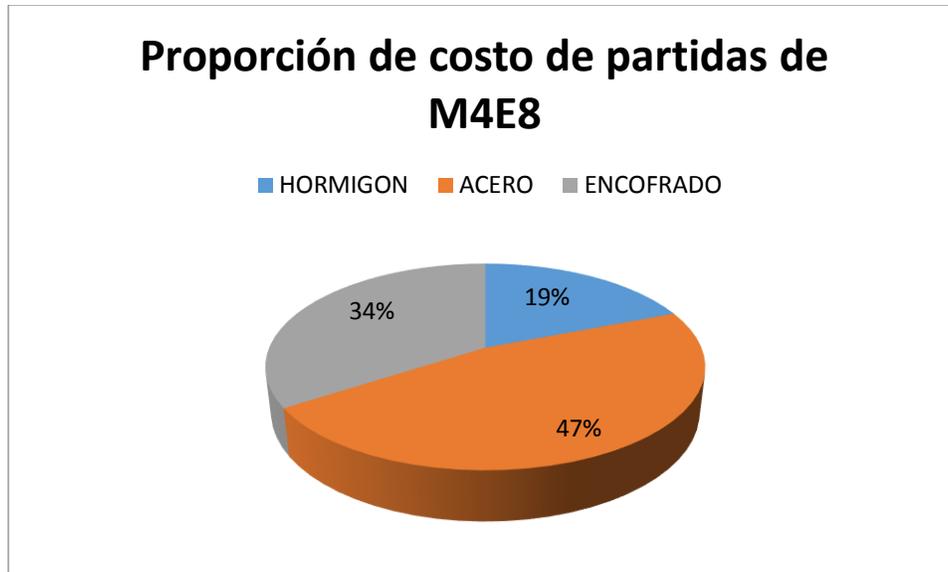


Figura 56. Proporción de costo de partidas del modelo M4E8

Con relación a las Figuras 33, 34, 35 y 36, del apartado 7.2.1 se observa que la proporción de partidas en los modelos diseñados con coeficiente de ductilidad $\mu = 3$ y $\mu = 4$ es muy parecida a la de los modelos del edificio de 4 niveles.

Las vigas de los modelos con coeficiente de ductilidad $\mu = 1$ y $\mu = 2$ y de acuerdo a los criterios que impone la norma NCSE-02 sobre su geometría, fueron diseñados con un canto de 300 mm. En los modelos del edificio de 8 niveles, debido a las solicitaciones a las que están sometidas, las vigas tienen una dimensión de la base mayor que las de los modelos del edificio de 4 niveles, aumentando el costo de ejecución del encofrado y el hormigón.

Por otro lado, las vigas de los modelos con coeficientes de ductilidad $\mu = 3$ y $\mu = 4$ fueron diseñadas con las dimensiones mínimas permitidas por la norma al igual que en los modelos del edificio de 4 niveles.

En la Figura 57 se muestra cómo el aumento de las solicitaciones en los modelos con coeficiente de ductilidad $\mu = 1$ y $\mu = 2$ provoca que aumente el costo de ejecución del encofrado y del hormigón. Así mismo, muestra una vez más cómo la dimensión mínima requerida por norma en los modelos con ductilidad $\mu = 3$ y $\mu = 4$ provoca un mayor costo de ejecución de estos modelos.

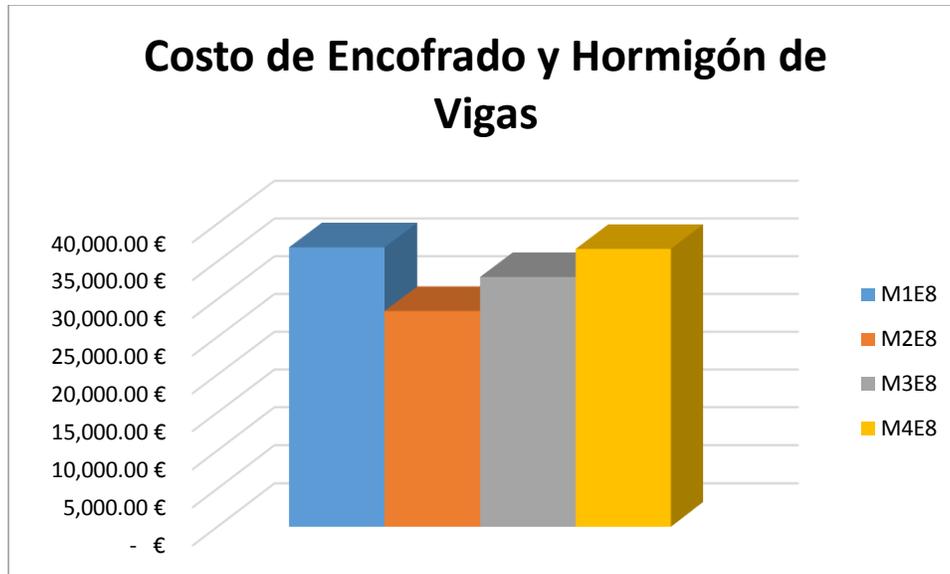


Figura 57. Costo de encofrado y hormigón de vigas en los modelos M1E8, M2E8, M3E8 y M4E8

En el caso de los pilares de los modelos del edificio de 8 niveles, las solicitaciones fueron mayores que para los modelos del edificio de 4 niveles. Así, fueron diseñados con mayor resistencia.

En el caso del modelo con coeficiente de ductilidad $\mu = 1$, la resistencia con la que se diseñaron los pilares aumentó en mayor proporción para cumplir con la norma sismorresistente de pilar fuerte viga débil. Esto se muestra en la Figura 58.



Figura 58. Costo de encofrado y hormigón de pilares en los modelos M1E8, M2E8, M3E8 y M4E8

En las figuras 53, 54, 55 y 56 se observa que las partidas más costosas son las relativas al acero de refuerzo.

Conforme a los costos de ejecución del acero, se observa en la Figura 58 que en las vigas, en general, el refuerzo de acero estructural disminuye con relación al coeficiente de ductilidad utilizado. En este caso, el modelo diseñado con el coeficiente de ductilidad $\mu = 3$ tiene igual costo de ejecución del acero de refuerzo que el diseñado con coeficiente de ductilidad $\mu = 4$.

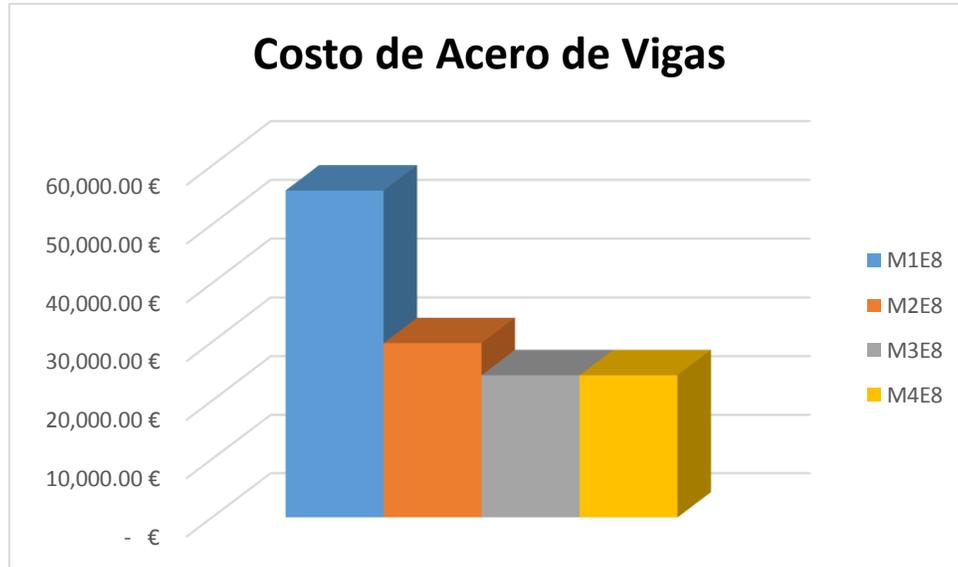
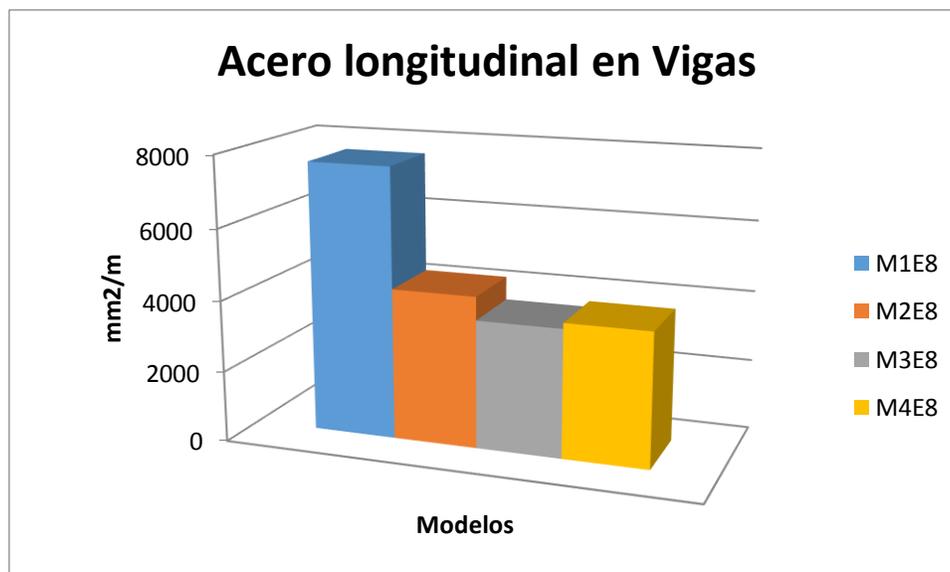
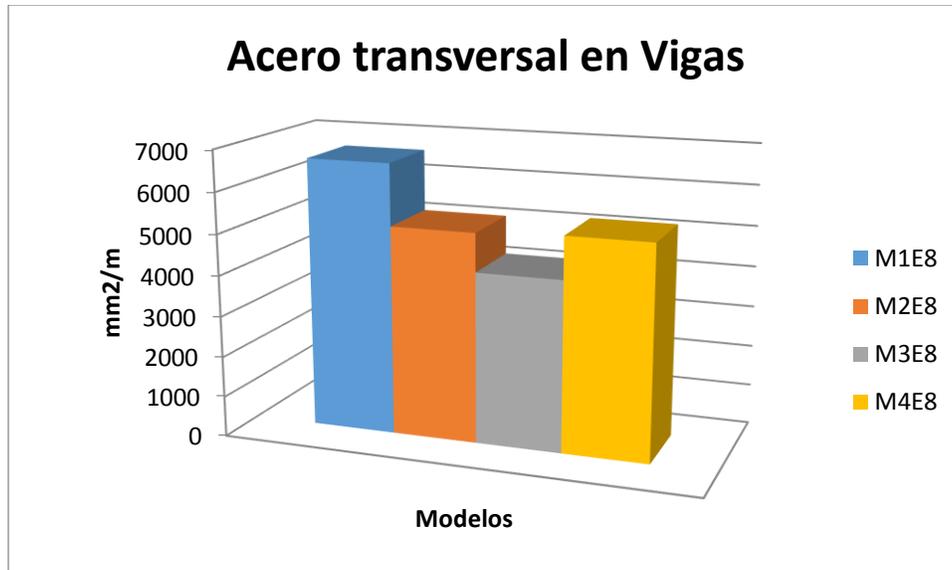


Figura 59. Costo de acero de vigas de los modelos M1E8, M2E8, M3E8 y M4E8

En las Figuras 60 se observa el área de refuerzo, tanto longitudinal como transversal de los cuatro modelos del edificio de 8 niveles. En contraste con los modelos del edificio de 4 niveles, el comportamiento del área de refuerzo longitudinal y transversal es similar.



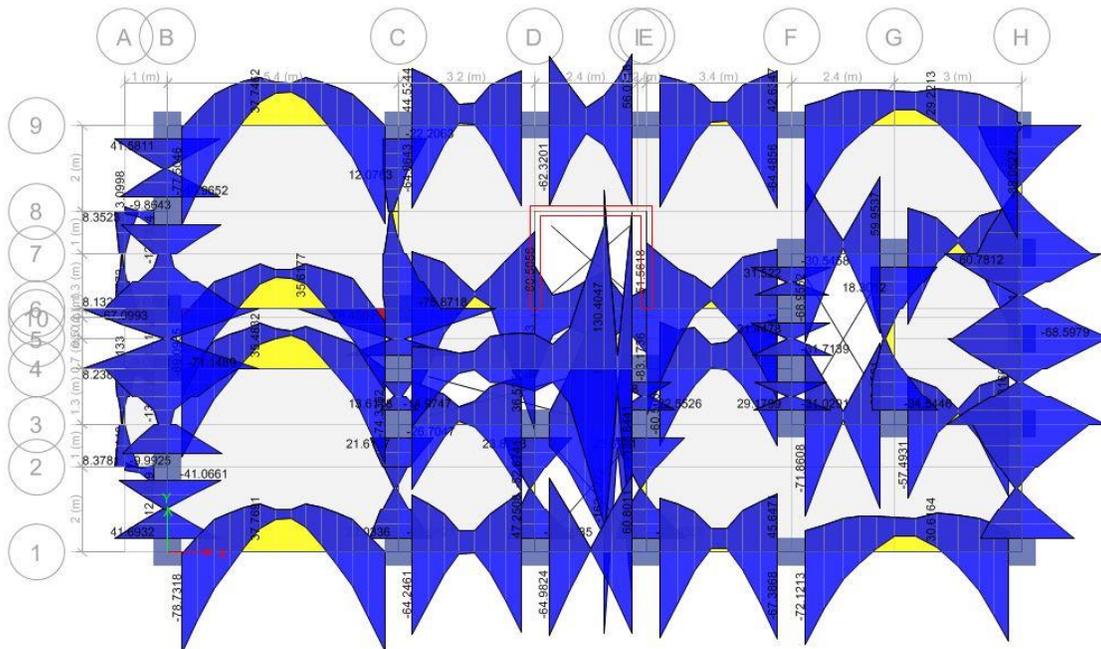
(a)



(b)

Figura 60. (a) Acero longitudinal y (b) transversal de vigas de los modelos M1E8, M2E8, M3E8 y M4E8

La marcada diferencia entre el área de acero longitudinal que necesitan los modelos para soportar las solicitaciones a las que está siendo sometidos, se debe a que los modelos de ductilidad $\mu = 1$ y $\mu = 2$, al igual que el modelo de ductilidad $\mu = 1$ del edificio de 4 niveles, deben soportar una fuerza sísmica superior. En la Figura 61 se observa los esfuerzos que deben soportar las vigas de los distintos modelos.



(a)

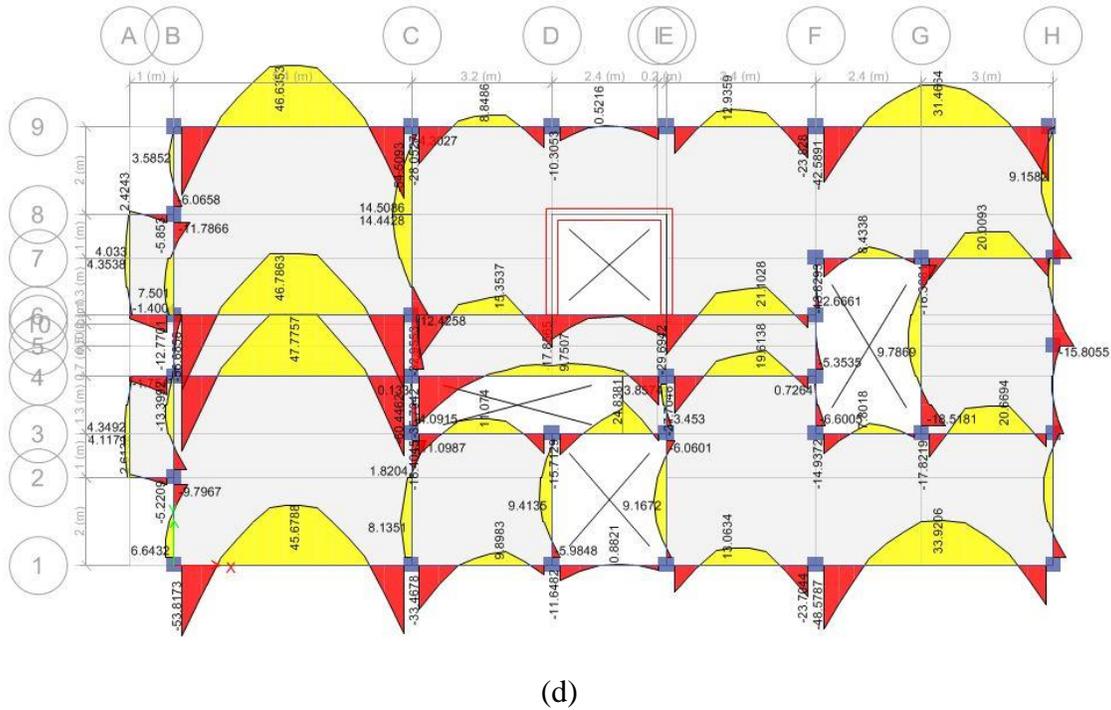
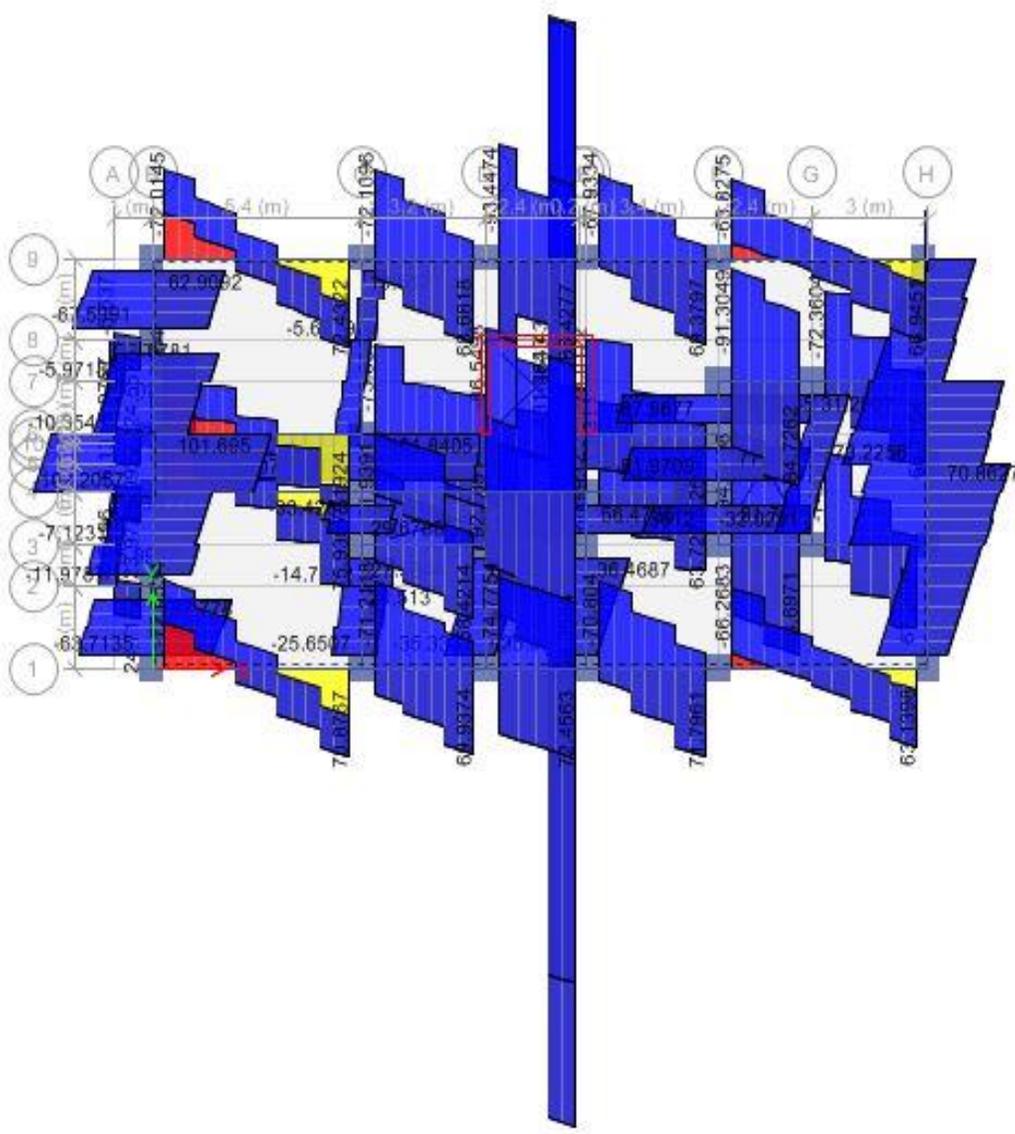
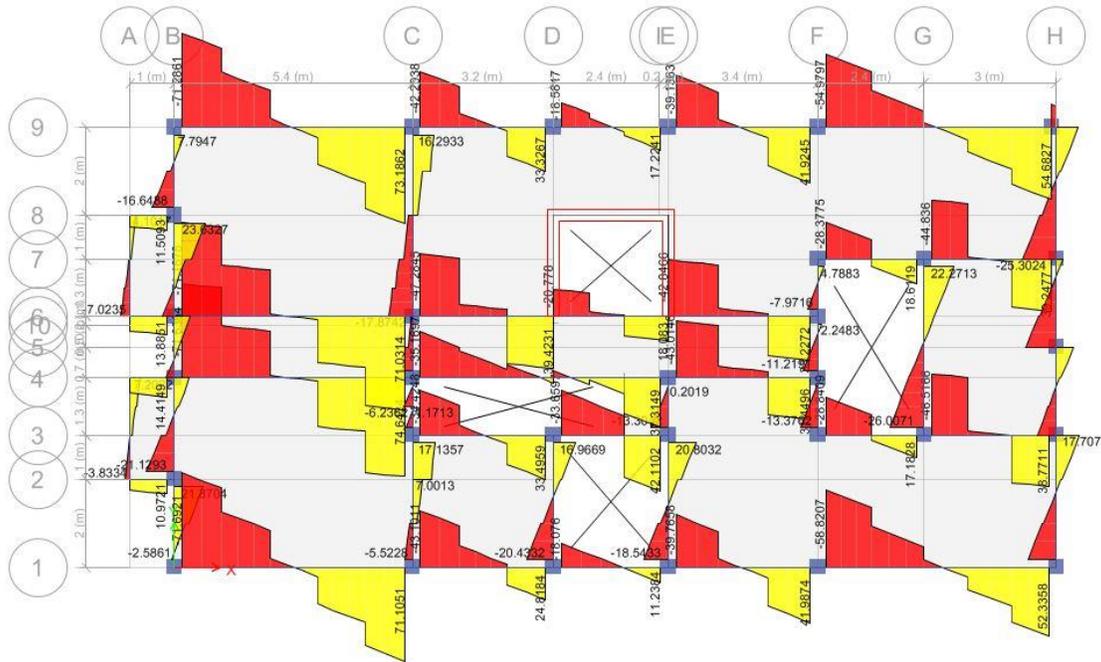


Figura 61. Diagramas de esfuerzos flectores en modelos (a) M1E8, (b) M2E8, (c) M3E8 y (d) M4E8

Por otra parte y en contraste con los modelos del edificio de 4 niveles, el área de acero transversal es mayor en el modelo M1E8 que en los demás. Esto se debe a que a pesar de que por la imposición de la EHE-08 se disminuye la resistencia a cortante del hormigón provocando mayor densidad de armado en los modelos con coeficiente de ductilidad $\mu = 2$, $\mu = 3$ y $\mu = 4$, la sollicitación a esfuerzo a cortante en el modelo M1E8 es tal, que el acero de refuerzo necesario sigue siendo mayor que en los demás. En la Figura 62 se observa la gran magnitud de las sollicitaciones a cortante a las que están sometidas las vigas del modelo diseñado con coeficiente de ductilidad $\mu = 1$.



(a)

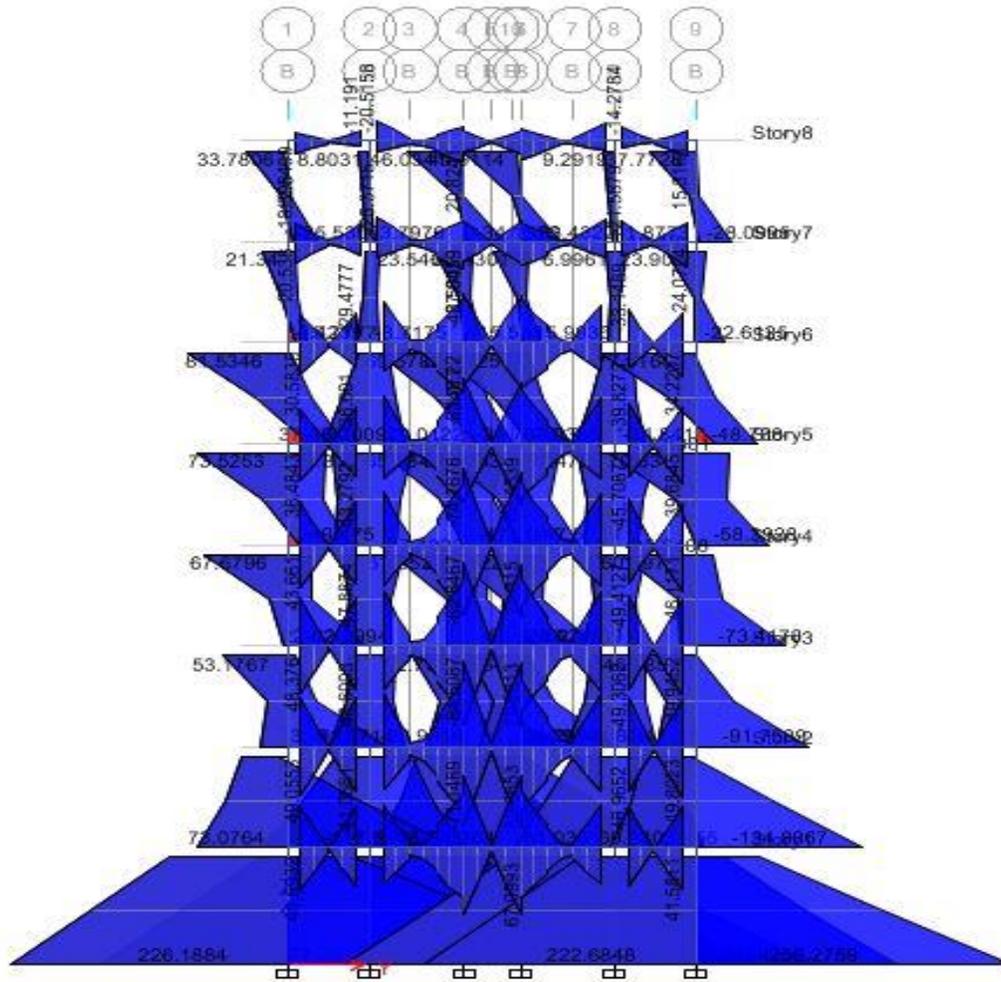


(d)

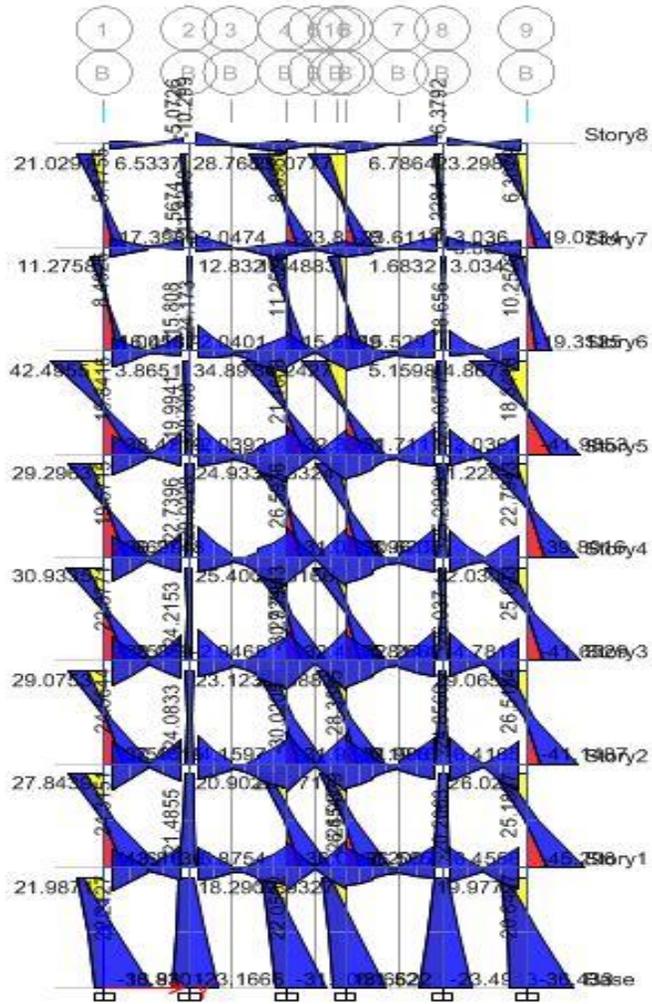
Figura 62. Diagramas de esfuerzos cortantes en modelos (a) M1E8, (b) M2E8, (c) M3E8 y (d) M4E8

Con relación a los pilares, el diseño de sus dimensiones y refuerzo se realizó, en general, en base a las solicitaciones de los mismos y no en base a la norma sismorresistente sobre pilar fuerte viga débil. En las Figuras 63 y 64 se observan los esfuerzos a los que están sometidos los pilares de los modelos.

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL COMPORTAMIENTO POR DUCTILIDAD...

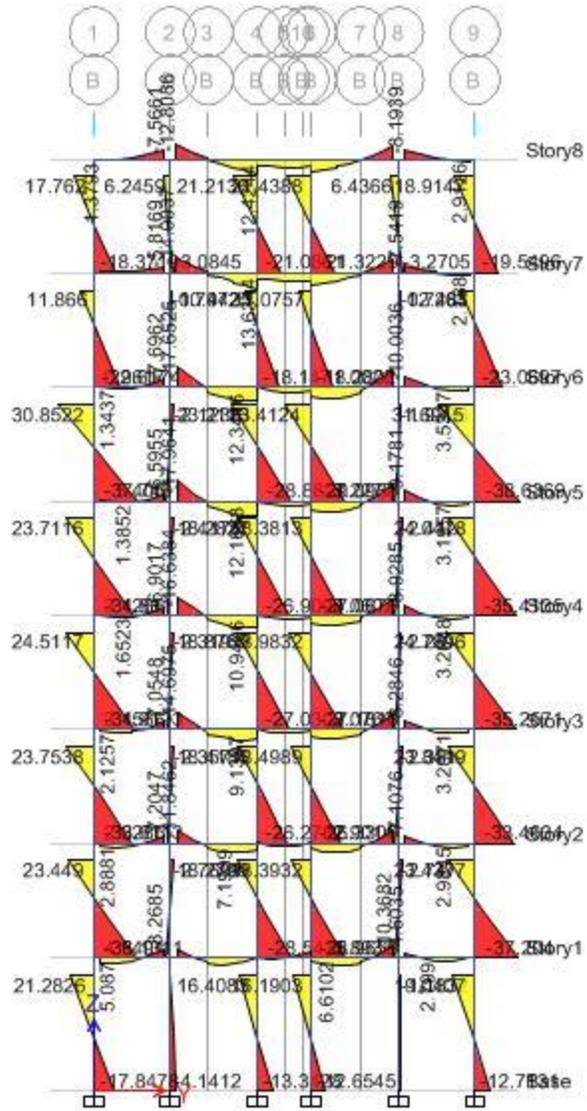


(a)

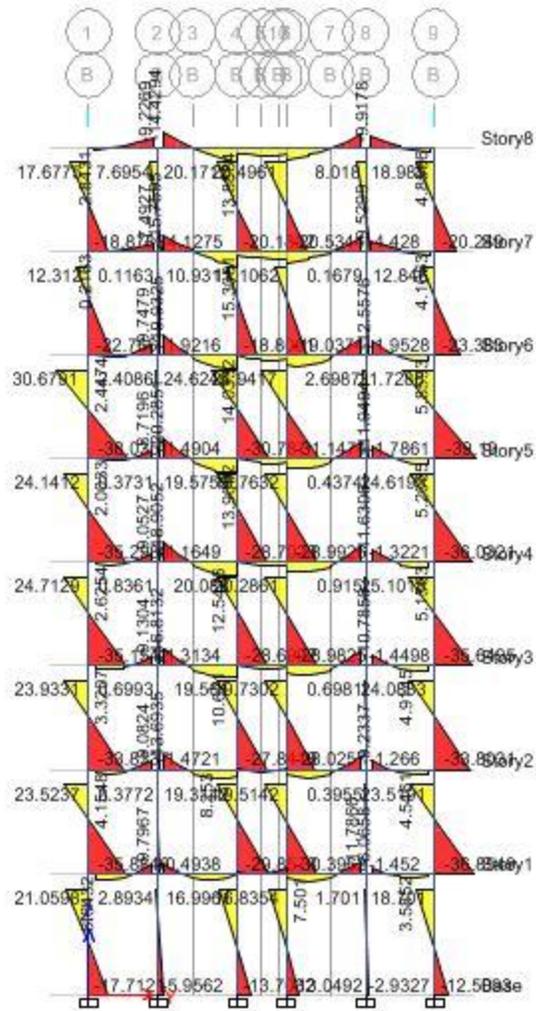


(b)

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL COMPORTAMIENTO POR DUCTILIDAD...



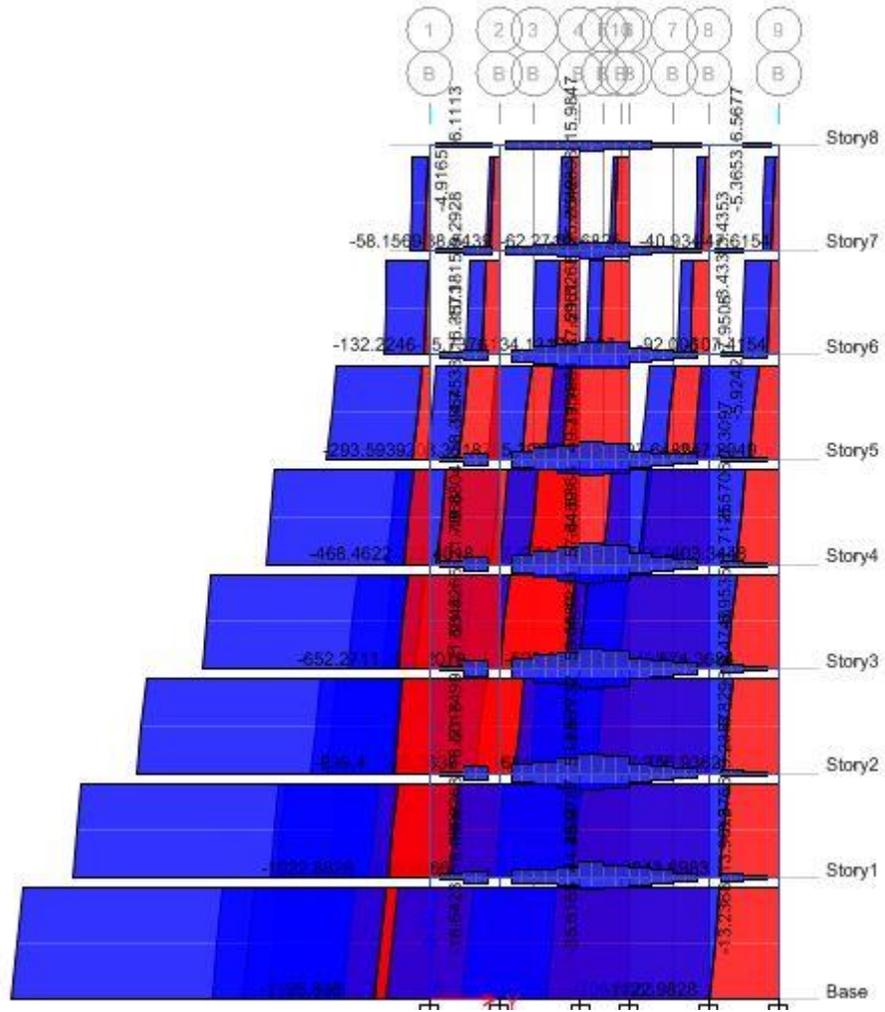
(c)



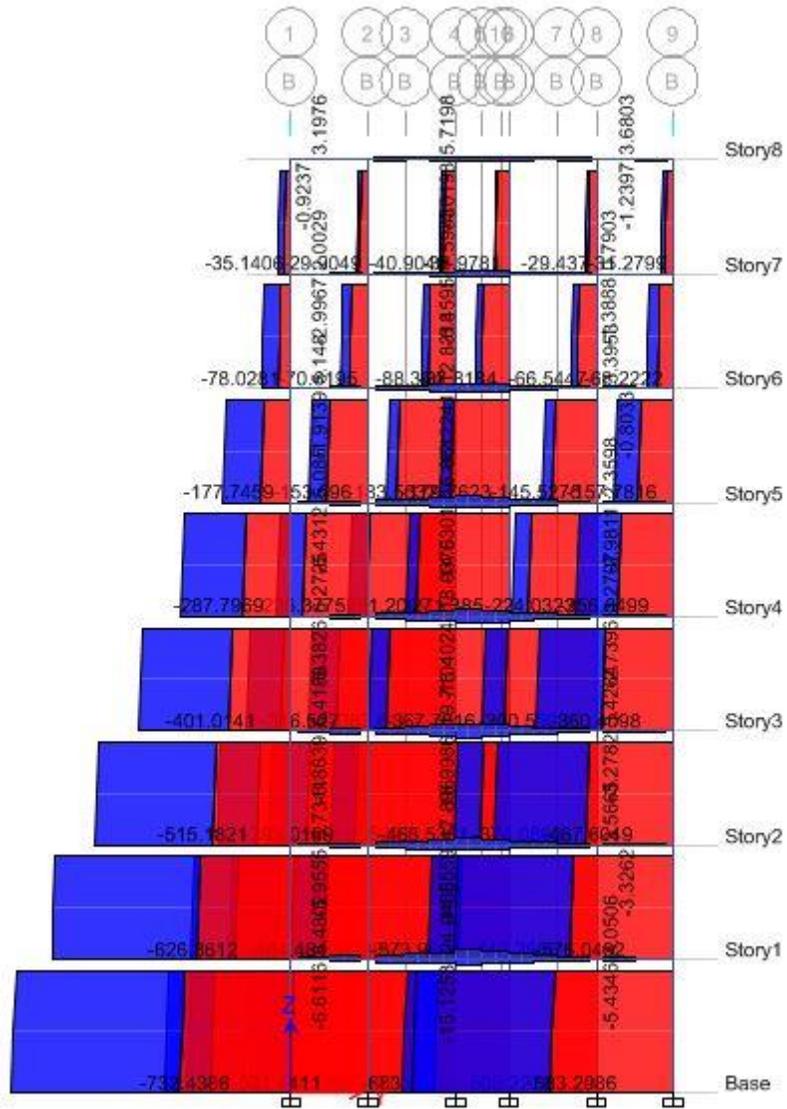
(d)

Figura 63. Diagramas de esfuerzos flectores en modelos (a) M1E8, (b) M2E8, (c) M3E8 y (d) M4E8

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL COMPORTAMIENTO POR DUCTILIDAD...

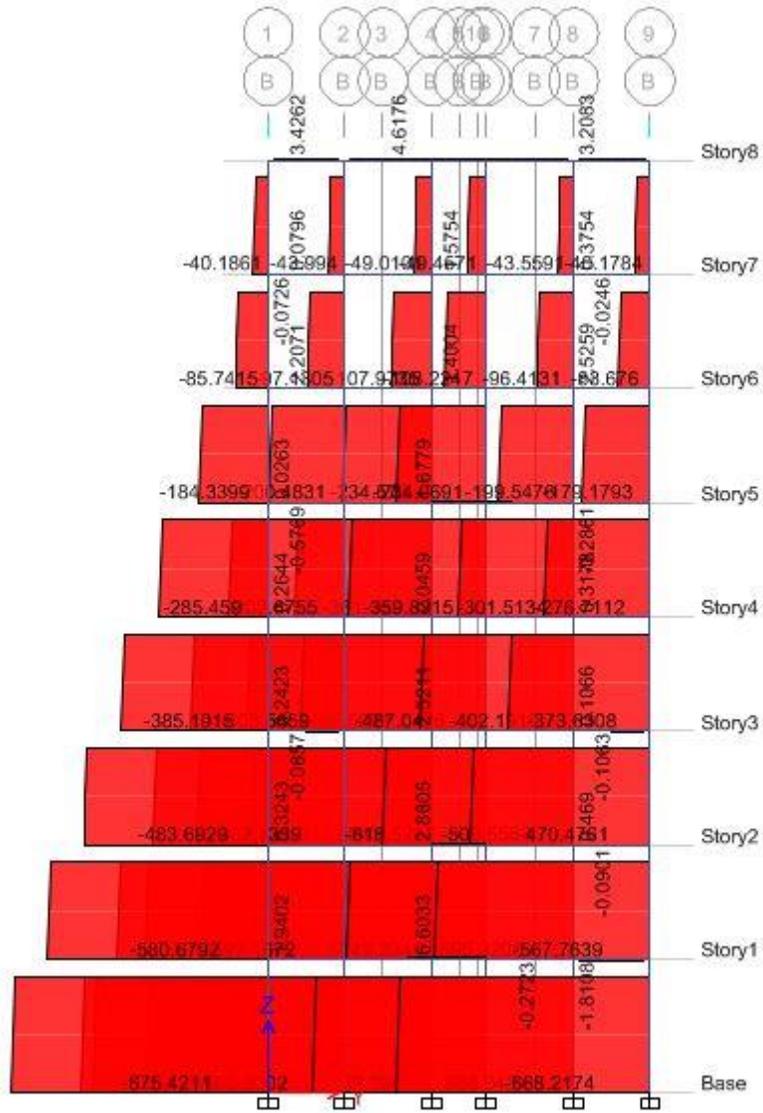


(a)

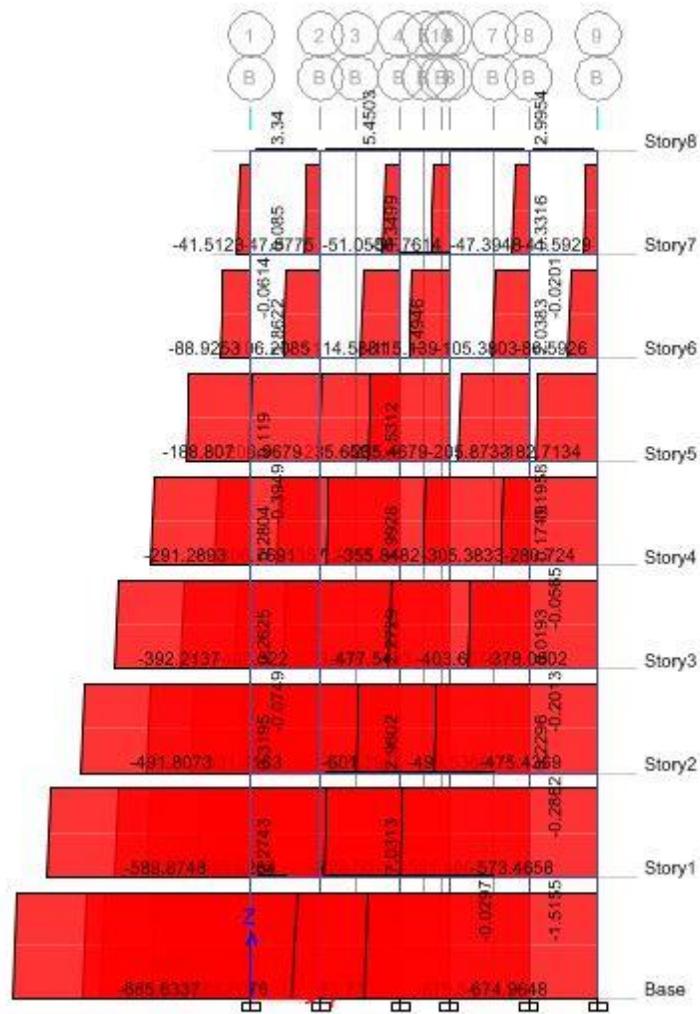


(b)

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL COMPORTAMIENTO POR DUCTILIDAD...



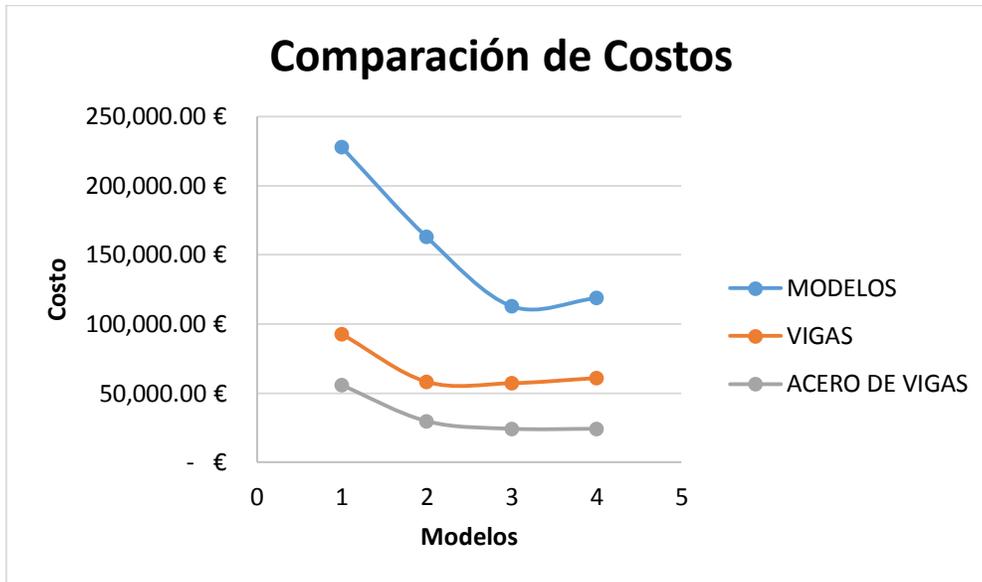
(c)



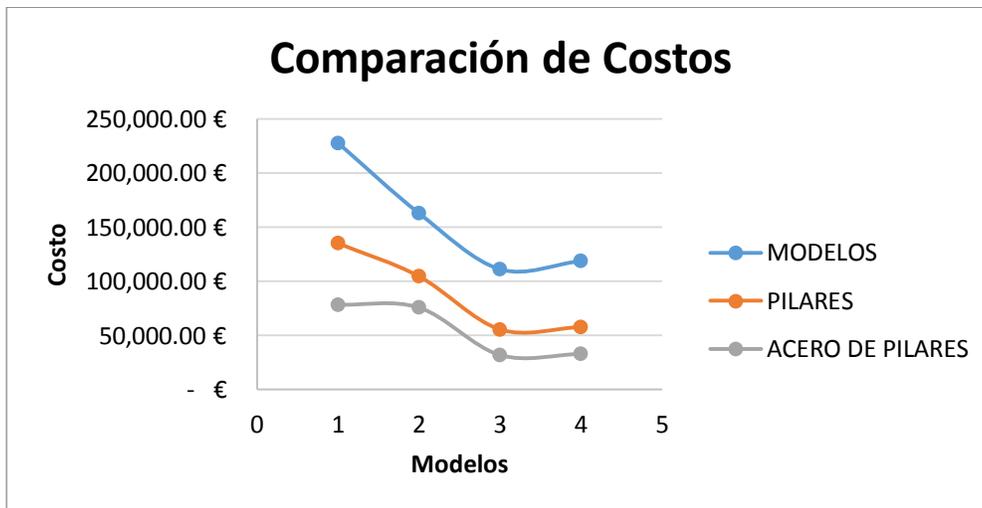
(d)

Figura 64. Diagramas de esfuerzos axiales en modelos (a) MIE8, (b) M2E8, (c) M3E8 y (d) M4E8

En la Figura 65 se muestra una comparación entre los costos de las partidas tanto de las vigas como de los pilares de los modelos del edificio de 8 niveles.



(a)



(b)

Figura 65. Comparación del costo de partidas en (a) vigas y (b) pilares de los modelos

En contraste con los modelos del edificio de 4 niveles, en el edificio de 8 niveles son los pilares los que determinan la relación, en este caso descendente, entre el coeficiente de ductilidad con el que fueron diseñados los modelos y el costo de ejecución de los mismos. Por otra parte y al igual que en el edificio de 4 niveles, el acero es la partida con más influencia en el costo de ejecución de los modelos.

Capítulo 8

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

8.1 INTRODUCCIÓN

Este proyecto versa sobre la influencia del comportamiento por ductilidad en el coste estructural de edificios sometidos a la acción sísmica, analizando la influencia que tiene la elección del valor del coeficiente de comportamiento por ductilidad en dos edificios de 4 y 8 niveles con una tipología edificatoria común en el Sureste español.

Para el análisis se ha empleado el método de las fuerzas estáticas equivalentes y el análisis modal espectral, y se ha escogido como ubicación la ciudad de Lorca, por haberse localizado allí el último sismo de gran envergadura en España acontecido en 2011. Para efectuar los análisis se han generado 4 modelos de cada uno de los edificios, correspondientes a los cuatro coeficientes de ductilidad de la norma de Construcción Sismorresistente Española NCSE-02. Una vez generados los 8 modelos, se ha procedido a su análisis mediante los distintos métodos.

Para el diseño sismorresistente de los elementos se han considerado los parámetros de la citada NCSE-02 y de la Instrucción Española del Hormigón Estructural EHE-08.

Tras obtener los resultados de diseño, se ha procedido a realizar el presupuesto de los diferentes modelos, considerando los costes de ejecución del acero, hormigón y encofrado de las vigas y pilares.

Por último, se han expuesto los resultados obtenidos y se han realizado comparativas entre el coste de ejecución de los distintos modelos de acuerdo a su coeficiente de ductilidad, la influencia en el coste de las distintas partidas y una comparativa entre el comportamiento de los dos tipos de edificios estudiados.

8.2 RESUMEN DEL TRABAJO REALIZADO

A continuación se presenta un resumen de las distintas fases de realización del proyecto:

- Revisión bibliográfica de artículos, estudios, libros y demás publicaciones relativos a los principios de la ingeniería sísmica y a la ductilidad. Además, estudio de la norma sismorresistente española con el fin del posterior diseño de elementos primarios sismorresistentes.
- Estudio estadístico de las tipologías edificatorias a nivel nacional, en especial en el Sureste español para la elección de los edificios a modelar.
- Definición de las acciones y sus combinaciones de acuerdo al tipo de estructura.

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL COMPORTAMIENTO POR DUCTILIDAD...

- Prediseño de los elementos resistentes mediante el método de las fuerzas estáticas equivalentes expuesto en la NCSE-02, a partir de la elaboración propia de hojas de cálculo.
- Desarrollo de los 8 modelos estructurales de los edificios seleccionados mediante el programa ETABS.
- Análisis y verificación de los resultados obtenidos.
- Diseño del acero pasivo necesario para resistir los esfuerzos obtenidos en el análisis.
- Elaboración de planos y obtención del coste estructural de ejecución de las diferentes unidades de obra.
- Análisis comparativo de diversos costes de ejecución de los dos edificios.

8.3 CONCLUSIONES

Las principales conclusiones extraídas del estudio sobre la influencia del comportamiento por ductilidad en el coste estructural de edificios sometidos a la acción sísmica se esquematizan en los siguientes puntos:

Edificio de 4 niveles:

- A mayor coeficiente de ductilidad empleado en el diseño de la estructura, mayor coste de ejecución, debido principalmente a las imposiciones normativas de dimensionamiento mínimo y detalle de las secciones. Esto es, la fuerza sísmica no tiene la relevancia necesaria para implementar, sin sobredimensionar, los preceptos que establece la normativa para las edificaciones con coeficiente de ductilidad 2, 3 y 4.
- El coste de las vigas es el determinante en el aumento del coste total de la estructura. En particular, la imposición de la EHE-08 sobre el acero transversal encarece el coste de las vigas, provocando que el modelo con coeficiente de ductilidad $\mu = 2$ sea más costoso que el del $\mu = 1$.
- El coste de ejecución del acero pasivo es la partida más costosa, representando aproximadamente la mitad del coste total de la estructura.
- El concepto de diseño sismorresistente pilar fuerte-viga débil provoca el encarecimiento del coste de ejecución de los pilares en los modelos con coeficiente $\mu = 4$.

Edificio de 8 niveles:

- A mayor coeficiente de ductilidad empleado en el diseño de la estructura, menor coste de ejecución.
- Las estructuras diseñadas con coeficientes $\mu = 1$ y $\mu = 2$ son más costosas debido a la mayor carga sísmica a la que están expuestas, que es determinante con relación al coste.
- El coste de los pilares es el factor determinante en la disminución del coste de las estructuras.

- La estructura diseñada con coeficiente $\mu = 3$ es la menos costosa, debido a la combinación de menores solicitaciones que las diseñadas con coeficientes $\mu = 1$ y $\mu = 2$, y menores restricciones normativas que la diseñada con coeficiente $\mu = 4$.

8.4 TRABAJOS FUTUROS

Como continuación del trabajo desarrollado en este proyecto, se proponen las siguientes líneas de trabajo futuro:

- Analizar bajo qué condiciones, sin sobredimensionar, es necesario aplicar los preceptos de diseño correspondientes a las edificaciones con ductilidad 2, 3 y 4.
- Ampliar el estudio empleando distintas aceleraciones sísmicas de cálculo.
- Analizar los modelos mediante un análisis estático no lineal o *pushover* para estudiar el daño que se alcanzaría en los distintos diseños y el coste de reparación de los mismos.