

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“EVALUACIÓN DEL FACTOR DE REDUNDANCIA R_R Y
DEL FACTOR DE REDUCCIÓN DE LAS FUERZAS
SÍSMICAS”**

Previa a la obtención de Grado Académico o Título de:

INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR:

HECTOR OSWALDO BERNAL DÍAZ

SANGOLQUÍ, MARZO del 2008

RESUMEN

En el Ecuador se han realizado muy pocas investigaciones sobre el factor de reducción de fuerzas sísmicas, esto ha generado la obligación de estudiar de forma más detallada y concisa el comportamiento del mismo.

Sabiendo que el factor de reducción de fuerzas sísmicas R esta compuesto por: Factor por Ductilidad R_{μ} , Factor de Sobre resistencia R_{Ω} y Factor de Redundancia R_R , la presente tesis profundizará sobre el estudio del factor de redundancia R_R , para lo cual se han analizado 432 estructuras con el fin de obtener redundancia en función de la ductilidad por curvatura tanto en vigas como en columnas para estribo simple, doble y bincha.

Hay que considerar que la gran cantidad de factores que intervienen en la sobre resistencia, expresamente hacen que sea difícil esta de cuantificar.

La estructura detallada de una edificación es decisión conjunta del ingeniero estructural y del arquitecto y está dictada por la función del proyecto, por criterios estéticos y limitaciones como forma y tamaño del lote de terreno, pero la importancia de la ductilidad que deben presentar cada uno de los elementos estructurales es algo que no se tiene muy en cuenta, por tal motivo es necesario orientar al análisis detallado del comportamiento de la curva Factor de Redundancia vs Ductilidad, para de esta manera tener un mayor criterio de construcción relacionado en la cantidad de acero que deben presentar tanto vigas como columnas.

ABSTRACT

In the Ecuador they have been carried out very few investigations about the factor of reduction of seismic forces, this has generated the obligation of studying in a detailed and more concise way the behavior of the same one.

Knowing that the factor of reduction of seismic forces R this compound for: Factor for Ductility, Factor of About resistance and Factor of Redundancy, the present thesis will deepen on the study of the factor of redundancy, for that which 432 structures have been analyzed with the purpose of obtaining redundancy in function of the ductility for bend as much in beams as in columns for simple stirrup, bend and bincha.

It is necessary to consider that the great quantity of factors that you/they intervene in the envelope resistance, expressly makes that it is difficult this of quantifying.

The detailed structure of a construction is the structural engineer's combined decision and of the architect and it is dictated by the function of the project, for aesthetic approaches and limitations like form and size of the land lot, but the importance of the ductility that should present each one of the structural elements it is something that one doesn't have very in bill, for such a reason it is necessary to guide to the detailed analysis of the behavior of the curve Factor of Redundancy vs Ductility, for this way to have a bigger approach of related construction in the quantity of steel that you/they should present as much beams as columns.

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el **Sr. Hector Oswaldo Bernal Díaz** como requerimiento parcial a la obtención del título de Ingeniero Civil.

Sangolquí, marzo del 2008

Dr. Roberto Aguiar Falconí

Ing. M.Sc. Marcelo Romo Proaño.

REVISADO POR

Ing. Jorge Zúñiga Gallegos

DEDICATORIA

A mi Dios, quien siempre ha estado conmigo cada momento de mi vida, sosteniéndome, dándome fuerzas y no dejando que resbale y caiga.

A mi padre, Oswaldo, y a mi madre, Alicia, que con dedicación y esfuerzo me han apoyado cada momento del transcurso de ésta carrera, animándome pese a los obstáculos que se han presentado en el camino y por enseñarme el temor a Dios.

A mis hermanos, Diego, Danilo, David y José que han sido mis verdaderos amigos, quienes siempre desde el lugar en el cual se hayan encontrado, su apoyo ha sido incondicional.

A mí querida amiga y novia, Gaby que siempre ha estado conmigo en el transcurso de mi carrera apoyándome.

Oswaldo Bernal Díaz

AGRADECIMIENTO

Agradezco de una manera muy especial al Dr. Roberto Aguiar Falconí, quien con su paciencia y dedicación supo encaminarme por las sendas del conocimiento y la investigación.

Al Ing. Marcelo Romo Proaño quien ha sido un apoyo en el desarrollo de la presente tesis.

A la Carrera de Ingeniería Civil de la Escuela Politécnica del Ejército y todos sus docentes, directores y personal administrativo, quienes han fomentado los conocimientos adquiridos.

Oswaldo Bernal Díaz

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I

FACTOR DE REDUCCIÓN DE LAS FUERZAS SÍSMICAS

1.1.	DEFINICIÓN.....	1
1.2.	COMPONENTES DEL FACTOR DE REDUCCIÓN DE LAS FUERZAS SÍSMICAS (R).....	3
1.3.	PRESENTACIÓN DEL CEC 2000.....	4
1.4.	FACTOR DE REDUCCIÓN POR DUCTILIDAD.....	9
1.5.	FACTOR DE SOBRERESISTENCIA.....	12
1.6.	EFFECTO $P - \Delta$	17
1.7.	IMPORTANCIA DEL ESTUDIO.....	19

CAPÍTULO II

FACTOR DE REDUNDANCIA

2.1	INTRODUCCIÓN.....	22
2.2.	DEFINICIÓN.....	22
2.3.	MODELOS DE TSOPELAS Y HUSAIN.....	24
2.3.1.	ÍNDICES DE REDUNDANCIA.....	25
2.3.2.	ÍNDICES DE RESISTENCIA " r_s "	26
2.3.3.	ÍNDICE DE VARIACIÓN DE REDUNDANCIA " r_v ".....	26
2.4.	MODELO PROPUESTO DE CALCULO DEL FACTOR DE REDUNDANCIA DE FUERZAS SÍSMICAS.....	29
2.4.1	MECANISMO DE COLAPSO.....	30
2.5.	CALCULO DEL FACTOR DE CALIDAD (Q) SEGÚN LA NORMATIVA DE GUATEMALA.....	32
2.5.1	SISTEMA ESTRUCTURAL.....	32
2.5.1.1.	SISTEMA CAJÓN "E1".....	33
2.5.1.2.	SISTEMA DE MARCOS "E2".....	33
2.5.1.3.	SISTEMA DE MARCOS ORDINARIOS.....	33
2.5.1.4.	E2 - 2 SISTEMA DE MARCOS ESPECIALES.....	33
2.5.1.5.	"E3" SISTEMA COMBINADO DE MUROS Y MARCOS.....	34
2.5.1.6.	"E4" SISTEMA DUAL DE MUROS Y MARCOS.....	34
2.5.1.7.	"E5" PÉNDULO INVERTIDO.....	35
2.5.1.8.	COMBINACIÓN DE SISTEMAS ESTRUCTURALES.....	35
2.5.2.	CONFIGURACIÓN DE LA EDIFICACIÓN.....	35
2.5.3.	REDUNDANCIA ESTRUCTURAL.....	36
2.5.4.	PRESENCIA DE MUROS O RIOSTRAS (ÍNDICE q3).....	37
2.5.5.	CONFIGURACIÓN DE PLANTA	38
2.5.6.	REGULARIDAD EN PLANTA (ÍNDICE q4).....	38
2.5.7.	EXCENTRICIDAD EN PLANTA (ÍNDICE q5).....	39
2.5.8.	ISOTROPÍA EN PLANTA (ÍNDICE q6).....	39
2.5.9.	CONFIGURACIÓN VERTICAL.....	39
2.5.10.	REGULARIDAD EN ELEVACIÓN (ÍNDICE q7).....	40
2.5.11.	CONDICIÓN DE "PISO SUAVE" (ÍNDICE q8).....	40
2.5.12.	FACTOR (R_0) PARA LOS SISTEMAS ESTRUCTURALES.....	41

CAPÍTULO III

ECUACIÓN DEL FACTOR DE REDUNDANCIA

3.1.	ESTRUCTURA DE ANÁLISIS DE DOS VANOS.....	46
3.2.	VARIACIÓN DE " r_s " CON EL NUMERO DE PISOS.....	48
3.3.	VARIACIÓN DE " r_v " CON EL NUMERO DE PISOS.....	50
3.4.	VARIACIÓN DE R_R CON EL NUMERO DE PISOS.....	53
3.4.1.	VALORES DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN ELÁSTICA ($K_{ve}=0.12$)....	54
3.4.2.	VALORES DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN ELÁSTICA ($K_{ve}=0.22$)....	58
3.4.3.	VALORES DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN ELÁSTICA ($K_{ve}=0.35$)....	62
3.5.	RESULTADOS DEL FACTOR DE REDUNDANCIA DE FUERZAS SÍSMICAS CON LA METODOLOGÍA PROPUESTA.....	66
3.6.	COMPARACIÓN DE VALORES MEDIDOS PARA ($K_{ve}=0.12, 0.22, 0.35$ y metodología propuesta).....	74

CAPÍTULO IV

FACTOR DE REDUNDANCIA Y DUCTILIDAD POR CURVATURA

4.1.	INTRODUCCIÓN.....	77
4.2.	DUCTILIDAD POR CURVATURA EN VIGAS.....	78
4.3.	DUCTILIDAD POR CURVATURA EN COLUMNAS.....	82
4.4.	VARIACIÓN DEL FACTOR DE REDUNDANCIA CON DUCTILIDAD POR CURVATURA EN VIGAS (DOS VANOS).....	99
4.5.	VARIACIÓN DEL FACTOR DE REDUNDANCIA CON DUCTILIDAD POR CURVATURA EN COLUMNAS (DOS VANOS)	101
4.5.1.	VARIACIÓN DEL FACTOR DE REDUNDANCIA CON DUCTILIDAD POR CURVATURA EN COLUMNAS ESTRIBO SIMPLE	102
4.5.2.	VARIACIÓN DEL FACTOR DE REDUNDANCIA CON DUCTILIDAD POR CURVATURA EN COLUMNAS ESTRIBO DOBLE.....	103
4.5.3.	VARIACIÓN DEL FACTOR DE REDUNDANCIA CON DUCTILIDAD POR CURVATURA EN COLUMNAS ESTRIBO Y GANCHO.....	104
4.5.4.	VARIACIÓN DEL FACTOR DE REDUNDANCIA CON DUCTILIDAD POR CURVATURA EN COLUMNAS TODOS LOS CASOS (2 Y 3 VANOS).....	105
4.5.5.	VARIACIÓN DEL FACTOR DE REDUNDANCIA CON DUCTILIDAD POR CURVATURA EN VIGAS Y COLUMNAS (DOS Y TRES VANOS).....	106

CAPÍTULO V

CALCULO DEL FACTOR DE REDUCCIÓN DE FUERZAS SÍSMICAS GLOBAL "R"

5.1.	INTRODUCCIÓN.....	109
5.1.1.	FACTOR DE REDUCCIÓN DE FUERZAS SÍSMICAS (R) PARA SUELOS (S_1, S_2, S_3, S_4).....	110

5.1.1.1. FACTOR DE DUCTILIDAD R_{μ}	110
5.1.1.2. FACTOR DE SOBRESISTENCIA R_{Ω}	114
5.1.1.3. FACTOR DE REDUNDANCIA R_r EN FUNCIÓN DEL PERIODO METODOLOGÍA PROPUESTA.....	120
5.1.1.4. CALCULO DEL FACTOR DE REDUCCIÓN DE FUERZAS SÍSMICAS (R).	121

CAPÍTULO VI

COMENTARIOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. COMENTARIOS.....	132
6.2. CONCLUSIONES.....	133
6.3. RECOMENDACIONES.....	136
 BIBLIOGRAFÍA.....	 137

LISTADO DE TABLAS

CAPÍTULO I

FACTOR DE REDUCCIÓN DE LAS FUERZAS SÍSMICAS

PRESENTACIÓN DEL CEC 2000

Tabla 1.1.	Espesor del estrato para suelos cohesivos.....	6
Tabla 1.2.	Valor Factor Z.....	7
Tabla 1.3.	Coefficientes de Reducción de Respuesta Estructural R.....	8

FACTOR DE REDUCCIÓN POR DUCTILIDAD

Tabla 1.4.	Características del Factor R en Función de la Ductilidad.....	9
Tabla 1.5.	Valores Obtenidos para la Variable a	12

FACTOR DE SOBRERESISTENCIA

Tabla 1.6.	Valores de Sobrerresistencia Obtenidos por Varios Investigadores.....	15
-------------------	---	-----------

CAPÍTULO II

FACTOR DE REDUNDANCIA

REDUNDANCIA ESTRUCTURAL

Tabla 2.1.	Representación de los Valores del Índice q_1 en Función de los Tramos Presentes en la Estructura.....	36
Tabla 2.2.	Representación de los Valores del Índice q_2 en Función del Numero de Ejes Estructurales.....	37

FACTOR (R_o) PARA LOS SISTEMAS ESTRUCTURALES

Tabla 2.3.	Valores del Factor de Reducción de Fuerzas Sísmicas en Función de Sistemas Estructuras y Sistemas de Resistencia de Fuerza Lateral.....	41
Tabla 2.4.	Reporte de Parámetros de Calidad y Factor R.....	43

CAPÍTULO III

ECUACIÓN DEL FACTOR DE REDUNDANCIA

ESTRUCTURA DE ANÁLISIS DE DOS VANOS

Tabla 3.1.	Dimensiones para Vigas de Estructuras Calculadas.....	46
Tabla 3.2.	Dimensiones para Columnas de Estructuras Calculadas.....	47

VALORES DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN ELÁSTICA ($K_{ve}=0.12$)

Tabla 3.3.	Valores de $K_{ve}=0.12$ para Edificaciones de 1, 2, 3, 4 Pisos Dos Vanos.....	54
Tabla 3.4.	Valores de $K_{ve}=0.12$ para Edificaciones de 4, 5, 6 Pisos Dos Vanos.....	55

VALORES DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN ELÁSTICA ($K_{ve}=0.22$)

Tabla 3.5.	Valores de $K_{ve}=0.22$ para 1, 2, 3, 4 Pisos Dos Vanos.....	58
Tabla 3.6.	Valores de $K_{ve}=0.22$ para 4, 5, 6 Pisos Dos Vanos.....	59

VALORES DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN ELÁSTICA ($K_{ve}=0.35$)

Tabla 3.7.	Valores de $K_{ve}=0.35$ para 1, 2, 3, 4 Pisos Dos Vanos.....	62
Tabla 3.8.	Valores de $K_{ve}=0.35$ para 4, 5, 6, Pisos Dos Vanos.....	63

RESULTADOS DEL FACTOR DE REDUNDANCIA DE FUERZAS SÍSMICAS CON METODOLOGÍA PROPUESTA

Tabla 3.9.	Valores de R_r con la Metodología Propuesta para un Piso y Dos Vanos.....	67
Tabla 3.10.	Valores de R_r con la Metodología Propuesta para Dos Pisos y Dos Vanos.....	68
Tabla 3.11.	Valores de R_r con la Metodología Propuesta para Tres Pisos y Dos Vanos.....	69
Tabla 3.12.	Valores de R_r con la Metodología Propuesta para Cuatro Pisos y Dos Vanos.....	70
Tabla 3.13.	Valores de R_r con la Metodología Propuesta para Cinco Pisos y Dos Vanos.....	71
Tabla 3.14.	Valores de R_r con la Metodología Propuesta para Seis Pisos y Dos Vanos.....	72

COMPARACIÓN DE VALORES MEDIDOS PARA ($K_{ve}=0.12, 0.22, 0.35$ y metodología propuesta)

Tabla 3.15.	Valores Medios de R_r para $K_{ve}=0.12, 0.22, 0.35$ y Metodología Propuesta.....	74
--------------------	---	-----------

CAPÍTULO IV FACTOR DE REDUNDANCIA Y DUCTILIDAD POR CURVATURA

DUCTILIDAD POR CURVATURA EN VIGAS

Tabla 4.1.	Dimensiones de Vigas y Carga Muerta en Edificio de Dos Vanos.....	79
Tabla 4.2.	Cuantías para Vigas.....	79
Tabla 4.3.	Armaduras Inferior y Superior en Vigas para 1, 2, 3, 4, 5, 6 Niveles	80
Tabla 4.4.	Ductilidades de Todas las Vigas Analizadas.....	82

DUCTILIDAD POR CURVATURA EN COLUMNAS

Tabla 4.5.	Dimensiones de Columnas y Carga Muerta en Edificios de Dos Vanos.....	83
Tabla 4.6.	Cargas Calculadas para la Estructura de un Piso, Dos Pisos y Tres Pisos.....	83
Tabla 4.7.	Cargas Calculadas para la Estructura de Cuatro y Cinco Pisos.....	84
Tabla 4.8.	Cargas Calculadas para la Estructura de Seis Pisos.....	85
Tabla 4.9.	Cuantías de Columnas.....	85

Tabla 4.10. Armaduras para Columnas de Todos los Tipos de Secciones Analizadas, con si Tipo de Cuantías Respectivas.....	86
Tabla 4.11. Ductilidades de Todas la Columnas Obtenidas (Edificio de Un piso, Dos Vanos).....	89
Tabla 4.12. Ductilidades de Todas la Columnas Obtenidas (Edificio de Dos pisos, Dos Vanos).....	89
Tabla 4.13. Ductilidades de Todas la Columnas Obtenidas (Edificio de Tres pisos, Dos Vanos).....	90
Tabla 4.14. Ductilidades de Todas la Columnas Obtenidas (Edificio de Cuatro pisos, Dos Vanos)....	91
Tabla 4.15. Ductilidades de Todas la Columnas Obtenidas (Edificio de Cinco pisos, Dos Vanos).....	92
Tabla 4.16. Ductilidades de Todas la Columnas Obtenidas (Edificio de Seis pisos, Dos Vanos).....	94
Tabla 4.17. Ductilidades de Todas la Columnas Obtenidas con su Respectivo Valor de R_r (Edificio de Uno y Dos Pisos con Dos Vanos).....	96
Tabla 4.18. Ductilidades de Todas la Columnas Obtenidas con su Respectivo Valor de R_r (Edificio de Tres y Cuatro Pisos con Dos Vanos).....	97
Tabla 4.19. Ductilidades de Todas la Columnas Obtenidas con su Respectivo Valor de R_r (Edificio de Cinco y Seis Pisos con Dos Vanos).....	98

CAPÍTULO V

CALCULO DL FACTOR DE REDUCCIÓN DE FUERZAS SÍSMICAS GLOBAL "R'

FACTOR DE DUCTILIDAD R_μ	
Tabla 5.1. Valores Obtenidos para la Variable (a) Según el Tipo de Suelo.....	110

LISTADO DE FIGURAS

CAPÍTULO I FACTOR DE REDUCCIÓN DE LAS FUERZAS SÍSMICAS

PRESENTACIÓN DEL CEC 2000	
Figura 1.1.	Zonificación Sísmica del Ecuador..... 7
FACTOR DE SOBRESISTENCIA	
Figura 1.2.	Modelo del Bloque del ACI (hormigón)..... 13
Figura 1.3.	Modelo Real del Acero..... 14
Figura 1.4.	Modelo Real del hormigón..... 14
Figura 1.5.	Modelo Elasto Perfectamente Plástico (acero)..... 15

CAPÍTULO II FACTOR DE REDUNDANCIA

ÍNDICE DE VARIACIÓN DE REDUNDANCIA "r_v"	
Figura 2.1.	Marco Plano Genérico con la Formación de Rotulas Plásticas..... 28
Figura 2.2.	Índice de Variación de Redundancia en Función del Numero de Rotulas Plásticas en el Mecanismo de Colapso para Varios Niveles y Correlación entre Elementos Fuertes..... 29

CAPÍTULO III ECUACIÓN DEL FACTOR DE REDUNDANCIA

ESTRUCTURA DE ANÁLISIS DE DOS VANOS	
Figura 3.1.	Vista en Planta..... 47
Figura 3.2.	Tipos de Confinamiento para las Columnas..... 48
VARIACIÓN DE "r_s" CON EL NUMERO DE PISOS	
Figura 3.3.	Valores Medios de la Variación del "r _s " en Función del Numero de Pisos.... 48
Figura 3.4.	Comparación de Valores Medios para Estructuras de Dos y Tres Vanos..... 49
Figura 3.5.	Comparación de las Desviaciones Estándar de "r _s " en Función del Numero de Pisos..... 49
Figura 3.6.	Comparación de Dos y Tres Vanos Producto de la Relación del Índice de Resistencia +/- la Desviación Estándar en Función al Numero de Pisos..... 50
VARIACIÓN DE "r_v" CON EL NUMERO DE PISOS	
Figura 3.7.	Diagrama Índice de Redundancia por Variación en Función del Numero de Pisos 50
Figura 3.8.	Diagrama Índice de Redundancia por Variación (Valores Medios) de Dos y Tres Vanos en Función al Numero de Pisos..... 51
Figura 3.9.	Diagrama de la Desviación Estándar del Índice de Redundancia por Variación en Función del Numero de Pisos de Dos y Tres Vanos..... 52
Figura 3.10.	Diagrama del Índice de Redundancia por Variación +/- la Desviación Estándar en Función del Numero de Pisos de Dos y Tres Vanos..... 52

**VALORES DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN
ELÁSTICA (Kve=0.12)**

Figura 3.11. Diagrama Dispersión de la Variación del Factor de Redundancia en Función del Numero de Pisos para un Kve=0.12 para Dos Vanos.....	56
Figura 3.12. Diagrama Valores Medios de la Variación del Factor de Redundancia en Función del Numero de Pisos para un Kve=0.12 para Dos y Tres Vanos.....	56
Figura 3.13. Desviación Estándar de los Valores del Factor de Redundancia en Función del Numero de Pisos para un Kve=0.12 para Dos y Tres Vanos.....	57
Figura 3.14. Comparación de Dos y Tres Vanos Consecuencia de la Relación del Factor de Redundancia +/- la Desviación Estándar en Función al Numero de Pisos para Kve=0.12.....	57

**VALORES DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN
ELÁSTICA (Kve=0.22)**

Figura 3.15. Diagrama Dispersión de la Variación del Factor de Redundancia en Función del Numero de Pisos para un Kve=0.22 para Dos Vanos.....	60
Figura 3.16. Diagrama Valores Medios de la Variación del Factor de Redundancia en Función del Numero de Pisos para un Kve=0.22 para Dos y Tres Vanos.....	60
Figura 3.17. Desviación Estándar de los Valores del Factor de Redundancia en Función del Numero de Pisos para un Kve=0.22 para Dos y Tres Vanos.....	60
Figura 3.18. Comparación de Dos y Tres Vanos Consecuencia de la Relación del Factor de Redundancia +/- la Desviación Estándar en Función al Numero de Pisos para Kve=0.22.....	61

**VALORES DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN
ELÁSTICA (Kve=0.35)**

Figura 3.19. Diagrama Dispersión de la Variación del Factor de Redundancia en Función del Numero de Pisos para un Kve=0.35 para Dos Vanos.....	64
Figura 3.20. Diagrama Valores Medios de la Variación del Factor de Redundancia en Función del Numero de Pisos para un Kve=0.35 para Dos y Tres Vanos.....	64
Figura 3.21. Desviación Estándar de los Valores del Factor de Redundancia en Función del Numero de Pisos para un Kve=0.35 para Dos y Tres Vanos.....	65
Figura 3.22. Comparación de Dos y Tres Vanos Consecuencia de la Relación del Factor de Redundancia +/- la Desviación Estándar en Función al Numero de Pisos para Kve=0.35.....	65

**RESULTADOS DEL FACTOR DE REDUNDANCIA DE FUERZAS
SÍSMICAS CON LA METODOLOGÍA PROPUESTA**

Figura 3.23. Mecanismo de Colapso para un Piso Dos Vanos, Representado por la Formación de Rotulas.....	67
Figura 3.24. Mecanismo de Colapso para Dos Pisos Dos Vanos, Representado por la Formación de Rotulas.....	68
Figura 3.25. Mecanismo de Colapso para Tres Pisos Dos Vanos, Representado por la Formación de Rotulas.....	69
Figura 3.26. Mecanismo de Colapso para Cuatro Pisos Dos Vanos, Representado por la Formación de Rotulas.....	70
Figura 3.27. Mecanismo de Colapso para Cinco Pisos Dos Vanos, Representado por la Formación de Rotulas.....	71

Figura 3.28.	Mecanismo de Colapso para Seis Pisos Dos Vanos, Representado por la Formación de Rotulas.....	72
Figura 3.29	Valores Medios de la Dispersión Factor de Redundancia en Función al Numero de Pisos, Metodología Propuesta (Dos Vanos).....	73

**COMPARACIÓN DE VALORES MEDIDOS PARA
(Kve=0.12, 0.22, 0.35 y metodología propuesta)**

Figura 3.30.	Comparación de los Diagramas de los Valores Medios de RR para Kve=0.12, 0.22, 0.35 y Metodología Propuesta (Dos Vanos).....	75
---------------------	---	----

**CAPÍTULO IV
FACTOR DE REDUNDANCIA Y DUCTILIDAD POR
CURVATURA**

INTRODUCCIÓN

Figura 4.1.	Modelo Trilineal y un Momento Actuante Md ante un Sismo my Fuerte.....	78
--------------------	--	----

DUCTILIDAD POR CURVATURA EN VIGAS

Figura 4.2.	Vista en Planta.....	78
Figura 4.3.	Secciones en Estructura de 6 Pisos.....	79
Figura 4.4.	Sección Transversal de una Viga Simplemente Reforzada, Diagramas de Deformaciones y Esfuerzos.....	81

DUCTILIDAD POR CURVATURA EN COLUMNAS

Figura 4.5.	Vista en Planta de Áreas Cooperantes Presentes en la Loza.....	82
--------------------	--	----

**VARIACIÓN DEL FACTOR DE REDUNDANCIA CON DUCTILIDAD
POR CURVATURA EN VIGAS (DOS VANOS)**

Figura 4.6.	Diagrama de Dispersión Factor de Redundancia en Función de la Ductilidad Presente de Vigas (Dos Vanos).....	99
Figura 4.7.	Diagrama Ajuste de Curvas con sus Respectiveas Ecuaciones en Vigas (Dos Vanos).....	100

**VARIACIÓN DEL FACTOR DE REDUNDANCIA CON DUCTILIDAD
POR CURVATURA EN COLUMNAS (DOS VANOS)**

Figura 4.8.	Diagrama de Dispersión Factor de Redundancia en Función de la Ductilidad presente en Columnas (Dos Vanos).....	101
--------------------	--	-----

Figura 4.9. Diagrama Ajuste de Curvas con sus Respectivas Ecuaciones en Columnas (Dos Vanos).....	101
---	------------

VARIACIÓN DEL FACTOR DE REDUNDANCIA CON DUCTILIDAD POR CURVATURA EN COLUMNAS ESTRIBO SIMPLE

Figura 4.10. Diagrama Factor de Redundancia en Función de la Ductilidad Con Ajuste de Curvas y sus Respectivas Ecuaciones en Columnas y Estribo Simple (Dos Vanos)	102
---	------------

VARIACIÓN DEL FACTOR DE REDUNDANCIA CON DUCTILIDAD POR CURVATURA EN COLUMNAS ESTRIBO DOBLE

Figura 4.11. Diagrama Factor de Redundancia en Función de la Ductilidad con Ajuste de Curvas y sus Respectivas Ecuaciones en Columnas y Estribo Doble (Dos Vanos)	103
--	------------

VARIACIÓN DEL FACTOR DE REDUNDANCIA CON DUCTILIDAD POR CURVATURA EN COLUMNAS ESTRIBO Y GANCHO

Figura 4.12. Diagrama Factor de Redundancia en Función de la Ductilidad con Ajuste de Curvas y sus Respectivas Ecuaciones en Columnas (Estribo y Gancho en Dos V:	104
--	------------

VARIACIÓN DEL FACTOR DE REDUNDANCIA CON DUCTILIDAD POR CURVATURA EN COLUMNAS TODOS LOS CASOS (DOS Y TRES VANOS)

Figura 4.13. Diagrama Factor de Redundancia en Función de la Ductilidad con Ajuste de Curvas Todos los Casos en Columnas (Dos Vanos y Tres Vanos).....	105
---	------------

VARIACIÓN DEL FACTOR DE REDUNDANCIA CON DUCTILIDAD POR CURVATURA EN VIGAS Y COLUMNAS (DOS Y TRES VANOS)

Figura 4.14. Diagrama Factor de Redundancia en Función de la Ductilidad con Ajuste de Curva y su Respectiva Ecuación en Vigas.....	106
---	------------

Figura 4.15. Diagrama Factor de Redundancia en Función de la Ductilidad con Ajuste de Curva y su Respectiva Ecuación en Columnas.....	106
--	------------

**CAPÍTULO V
CALCULO DEL FACTOR DE REDUCCIÓN DE FUERZAS
SÍSMICAS GLOBAL "R"**

FACTOR DE DUCTILIDAD R_{μ}

Figura 5.1. Factor de Ductilidad en Función del Periodo de Ductilidades de 2, 3, 4 para Tipo de Suelo S1.....	111
--	------------

Figura 5.2.	Factor de Ductilidad en Función del Periodo de Ductilidades de 2, 3, 4 para Tipo de Suelo S2.....	112
Figura 5.3.	Factor de Ductilidad en Función del Periodo de Ductilidades de 2, 3, 4 para Tipo de Suelo S3.....	112
Figura 5.4.	Factor de Ductilidad en Función del Periodo de Ductilidades de 2, 3, 4 para Tipo de Suelo S4.....	113
FACTOR DE SOBRERESISTENCIA R_{Ω}		
Figura 5.5.	Ajuste de Curva: Factor de Sobrerresistencia en Función del Periodo para Dos y Tres Vanos con su Respectiva Ecuación..... $\gamma = 0.5\%$	115
Figura 5.6	Ajuste de Curva: Factor de Sobrerresistencia en Función del Periodo para Dos y Tres Vanos con su Respectiva Ecuación..... $\gamma = 1\%$	116
Figura 5.7.	Ajuste de Curva: Factor de Sobrerresistencia en Función del Periodo para Dos y Tres Vanos con su Respectiva Ecuación..... $\gamma = 1.5\%$	117
Figura 5.8.	Ajuste de Curva: Factor de Sobrerresistencia en Función del Periodo para Dos y Tres Vanos con su Respectiva Ecuación..... $\gamma = 2\%$	118
FACTOR DE REDUNDANCIA R_R EN FUNCIÓN DEL PERIODO METODOLOGÍA PROPUESTA		
Figura 5.9.	Ajuste de Curva con Metodología Propuesta: Factor de Redundancia en Función del Periodo.....	120
CALCULO DEL FACTOR DE REDUCCIÓN DE FUERZAS SÍSMICAS (R)		
Figura 5.10.	Factor de Reducción de la Fuerzas Sísmicas en Función del Periodo con Derivas de 0.5%, 1%, 1.5% y 2% para un suelo tipo S1 y Ductilidad..... $\mu = 2$	122
Figura 5.11.	Factor de Reducción de la Fuerzas Sísmicas en Función del Periodo con Derivas de 0.5%, 1%, 1.5% y 2% para un suelo tipo S1 y Ductilidad $\mu = 3$	123
Figura 5.12.	Factor de Reducción de la Fuerzas Sísmicas en Función del Periodo con Derivas de 0.5%, 1%, 1.5% y 2% para un suelo tipo S1 y Ductilidad $\mu = 4$	123
Figura 5.13.	Factor de Reducción de la Fuerzas Sísmicas en Función del Periodo con Derivas de 0.5%, 1%, 1.5% y 2% para un suelo tipo S2 y Ductilidad $\mu = 2$	124
Figura 5.14.	Factor de Reducción de la Fuerzas Sísmicas en Función del Periodo con Derivas de 0.5%, 1%, 1.5% y 2% para un suelo tipo S2 y Ductilidad $\mu = 3$	125
Figura 5.15.	Factor de Reducción de la Fuerzas Sísmicas en Función del Periodo con Derivas de 0.5%, 1%, 1.5% y 2% para un suelo tipo S2 y Ductilidad $\mu = 4$	126
Figura 5.16.	Factor de Reducción de la Fuerzas Sísmicas en Función del Periodo con Derivas de 0.5%, 1%, 1.5% y 2% para un suelo tipo S3 y Ductilidad $\mu = 2$	126
Figura 5.17.	Factor de Reducción de la Fuerzas Sísmicas en Función del Periodo con Derivas de 0.5%, 1%, 1.5% y 2% para un suelo tipo S3 y Ductilidad $\mu = 3$	127
Figura 5.18.	Factor de Reducción de la Fuerzas Sísmicas en Función del Periodo con Derivas de 0.5%, 1%, 1.5% y 2% para un suelo tipo S3 y Ductilidad $\mu = 4$	127
Figura 5.19.	Factor de Reducción de la Fuerzas Sísmicas en Función del Periodo con Derivas de 0.5%, 1%, 1.5% y 2% para un suelo tipo S4 y Ductilidad $\mu = 2$	128
Figura 5.20.	Factor de Reducción de la Fuerzas Sísmicas en Función del Periodo con Derivas de 0.5%, 1%, 1.5% y 2% para un suelo tipo S4 y Ductilidad $\mu = 3$	128
Figura 5.21.	Factor de Reducción de la Fuerzas Sísmicas en Función del Periodo con Derivas de 0.5%, 1%, 1.5% y 2% para un suelo tipo S4 y Ductilidad $\mu = 4$	129