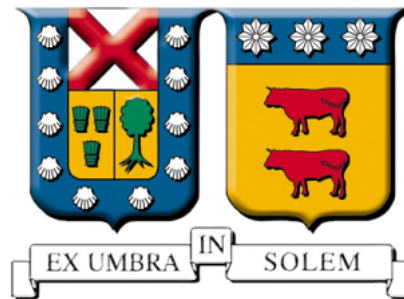


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA
VALPARAÍSO - CHILE



INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO PARA RUAUMOKO2D

PAULO ENRIQUE TARUD CONTRERAS
paulo.tarud@gmail.com

MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL EN INFORMÁTICA

PROFESOR GUÍA: DR. HUBERT HOFFMANN

ENERO 2013

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA
VALPARAÍSO - CHILE

TÍTULO DE LA MEMORIA:
**INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO PARA
RUAUMOKO2D**

AUTOR:
PAULO ENRIQUE TARUD CONTRERAS

MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL EN INFORMÁTICA DE LA UNIVERSIDAD
TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA.

Dr. Hubert Hoffmann

M.Sc. Patricio Bonelli

Enero de 2013.
Valparaíso, Chile.

Agradecimientos

Agradezco a mis padres por todo el apoyo incondicional que me brindaron, por darme fortaleza y sabiduría para seguir adelante y poder finalizar una etapa importante en mi vida.

A mis hermanos por todo el apoyo entregado.

A mis compañeros que me ayudaron cuando lo necesité.

A los profesores que me entregaron el conocimiento y me formaron como profesional, en especial a los profesores Hubert Hoffmann y Patricio Bonelli por apoyarme en el transcurso del desarrollo de esta memoria.

A Patricio Quintana Gallo, un usuario experto de Ruaumoko, por su buena disposición desinteresada y por la ayuda entregada en el desarrollo de la interfaz.

A mis amigos por el constante apoyo otorgado en esta etapa.

A los funcionarios de la Universidad por hacer una Universidad grata y limpia.

Resumen

Una interfaz de usuario es un medio por el cual un usuario puede comunicarse con un software en particular. Cuán fácil de utilizar es una aplicación de software depende principalmente de la facilidad de uso de la interfaz de usuario del mismo.

Por otro lado, el análisis estructural es una tarea imprescindible para los ingenieros estructurales al momento de diseñar una estructura. El análisis estructural es la determinación de los efectos de las cargas y condiciones externas como sismos, nieve, lluvia, viento, etc, en las estructuras físicas y sus componentes. Del análisis estructural se obtienen las deformaciones y los esfuerzos. Las deformaciones se utilizan en general para determinar si se está fuera de un rango establecido por normativa o arquitectura. Los esfuerzos se utilizan para cuantificar la resistencia que deben tener los elementos estructurales, es decir, diseñarlos de manera que pueda servir ante las solicitaciones impuestas.

Ruaumoko2D es un potente programa para el análisis estructural, pero este carece de una interfaz gráfica de usuario. Para ingresar los datos de la estructura el usuario debe crear un archivo de texto en un orden preestablecido, lo que hace más difícil de usar para los ingenieros estructurales.

El presente trabajo desarrollará una interfaz gráfica de usuario programada en la biblioteca Qt con el fin de hacer más amigable, intuitivo, seguro, rápido y sencillo el ingreso de los datos necesarios para llevar a cabo el análisis de una estructura determinada.

Palabras claves: Interfaz Gráfica de Usuario, Ruaumoko2D, Análisis Estructural, Diseño Estructural.

Abstract

A user interface is the way an user communicates with a specific software. How easy to use is a software application depends primarily on the ease of use of its user interface.

On the other hand, the structural analysis is an essential task for structural engineers when designing a structure. The structural analysis is the determination of the effects of loads and external conditions such as earthquakes, snow, rain, wind, etc in the structures and its materials. From structural analysis you can get deformations and efforts. Deformations are used to determine if you are outside a range established by norms or architecture. Efforts are used to quantify the resistance that the structural elements should have, that is, to design them in a way that will resist the solicitations imposed.

Ruaumoko2D is a powerful software for structural analysis, but it lacks of a graphical user interface. To enter the structure data the user must create a text file in a predetermined order, which makes more difficult to use for engineers structural.

In this work a graphical user interface will be programmed in the library Qt to make more friendly, intuitive, secure, fast and easy entering the data that is needed to perform the analysis of a given structure.

Keywords: Graphical User Interface, Ruaumoko2D, Structural Analysis, Structural Design.

Índice general

Agradecimientos	I
Resumen	II
Abstract	III
1. Descripción General del Problema	1
1.1. Introducción	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo General	2
1.2.2. Objetivos Específicos	3
2. Ruaumoko2D	4
2.1. Tipos de análisis	4
2.2. Opciones de análisis	5
2.3. Opciones geométricas	5
2.4. Representaciones de las masas	6
2.5. Opciones de amortiguación	6
2.6. Tipos de miembros	6
2.7. Leyes de histéresis	7
2.8. Datos de entrada	7
2.9. Salida	7
2.10. Post-procesador del archivo de salida	8
2.11. SPECTRA	9
3. Creación de Archivo de Texto de Entrada de Ruaumoko2D mediante Interfaz Gráfica de Usuario	10
3.1. Ventana principal	10
3.2. Creación de la grilla	10
3.3. Descripción de entorno de trabajo	11

ÍNDICE GENERAL

3.4. Ingreso de parámetros de control del análisis, parámetros estructurales y parámetros de salida y ploteo, parámetros de iteraciones y ondulaciones	13
3.5. Edición de parámetros de los nodos	15
3.6. Edición de entrada de desplazamiento relativo de entrepisos	15
3.7. Ingreso propiedades de los miembros	16
3.7.1. Agregar FRAME	16
3.7.2. Agregar SPRING	18
3.7.3. Agregar STRUCTURAL-WALL	19
3.7.4. Agregar DAMPER	20
3.7.5. Agregar MULTI-SPRING	21
3.7.6. Agregar REINFORCED CONCRETE PLASTIC-HINGE SPRING	22
3.8. Creando elementos de la estructura	23
3.9. Edición de cargas en los nodos	25
3.10. Edición de pesos en los nodos	25
3.11. Edición de factores dinámicos de carga	25
3.12. Edición parámetros de la excitación	26
3.13. Generar archivo de entrada de Ruaumoko2D	27
3.14. Guardar/Abrir proyecto	28
3.14.1. Guardar proyecto	28
3.14.2. Abrir proyecto	29
3.15. Agregar más funcionalidades a la interfaz	29
3.15.1. Agregar nuevo tipo de miembro	29
3.15.1.1. Método para crear arreglos	29
3.15.1.2. Métodos para editar parámetros	31
3.15.1.3. Métodos para mostrar parámetros	31
3.15.1.4. Copiar datos	32
3.15.1.5. Liberar memoria asignada a los arreglos	32
3.15.2. Agregar nueva ley de histéresis	32
4. Ejemplo Sencillo de Archivo de Texto de Ruaumoko2D	33
4.1. Parámetros de control del análisis, Parámetros estructurales, Parámetros de salida y ploteo, Parámetros de iteraciones y ondulaciones	35
4.2. Nodos	36
4.3. Entrada de desplazamiento relativo de entrepisos	36
4.4. Topología y geometría de los miembros	36
4.4.1. Columna	36
4.4.1.1. Propiedades básicas de la sección	37
4.4.1.2. Propiedades elásticas de la sección	37

ÍNDICE GENERAL

4.4.1.3.	Factores bilineales del miembro y propiedades de la rótula plástica	37
4.4.1.4.	Superficie de fluencia	38
4.4.1.5.	Parámetros de la ley de histéresis	39
4.4.2.	Muro	39
4.4.2.1.	Propiedades básicas de la sección	39
4.4.2.2.	Propiedades elásticas de la sección	40
4.4.2.3.	Factores bilineales del miembro y propiedades de la rótula plástica	40
4.4.2.4.	Superficie de fluencia	41
4.4.2.5.	Parámetros de la ley de histéresis	41
4.4.3.	Viga	42
4.4.3.1.	Propiedades básicas de la sección	42
4.4.3.2.	Propiedades elásticas de la sección	42
4.4.3.3.	Factores bilineales del miembro y propiedades de la rótula plástica	43
4.4.3.4.	Condiciones de fluencia	43
4.4.3.5.	Parámetros de la ley de histéresis	43
4.5.	Pesos concentrados a nivel de piso	44
4.6.	Cargas externas estáticas en los nodos	45
4.7.	Parámetros de la excitación	45
4.8.	Resultado	46
Conclusiones		48
Bibliografía		50
A. Descripción Detallada del Archivo de Texto de Entrada de Ruaumoko2D		51
A.1.	Título del análisis	53
A.2.	Parámetros de control del análisis	53
A.3.	Parámetros estructurales	54
A.4.	Intervalos de salida y parámetros de ploteo	55
A.5.	Control de iteración y velocidades de ondulación	55
A.6.	Control de salida del Tiempo-historia	56
A.7.	Nodos	57
A.8.	Entrada de desplazamiento relativo de entrepisos (sólo si NLEVEL > 2 en A.4)	58
A.9.	Topología y geometría de los miembros	58
A.10.	Tabla de propiedades de los miembros	59
A.11.	Información de las propiedades de los miembros	59
A.11.1.	Propiedades del tipo de miembro FRAME	59
A.11.1.1.	Propiedades básicas de la sección	59
A.11.1.2.	Propiedades elásticas de la sección	60

ÍNDICE GENERAL

A.11.1.3. Factores bilineales del miembro y propiedades de la rótula plástica (Sólo si IHYST > 0)	61
A.11.1.4. Amortiguación específica del material (Sólo si ICTYPE = 5 ó 7 en A.2)	61
A.11.1.5. Fuerzas iniciales fijas del miembro (Sólo si ICOND = 1)	61
A.11.1.6. Condiciones de fluencia de la viga	61
A.11.1.7. Superficie de fluencia para la viga-columna de hormigón en el extremo 1 del miembro	62
A.11.1.8. Superficie de fluencia para la viga-columna de acero en el extremo 1 del miembro	62
A.11.1.9. Superficie de fluencia para la viga-columna cuadrática en el extremo 1 del miembro	62
A.11.1.10. Superficie de fluencia para la viga-columna asimétrica en el extremo 1 del miembro	63
A.11.1.11. Parámetros inelásticos de corte (Sólo si IGA = 1)	63
A.11.1.12. Parámetros inelásticos de corte (Sólo si IGA = 2)	63
A.11.1.13. Parámetros de degradación de la resistencia (Sólo si ILOS > 0)	64
A.11.1.14. Parámetros de degradación de la rigidez (Sólo si IHYST > 0)	64
A.11.2. Propiedades del tipo de miembro SPRING	65
A.11.2.1. Propiedades básicas de la sección	65
A.11.2.2. Amortiguación específica del material (Sólo si ICTYPE = 5 ó 7 en A.2)	66
A.11.2.3. Superficie de fluencia (Sólo si ITYPE = 1)	66
A.11.2.4. Superficie de fluencia (Sólo si ITYPE = 2)	66
A.11.2.5. Superficie de fluencia (Sólo si ITYPE = 3)	67
A.11.2.6. Superficie de fluencia (Sólo si ITYPE = 4)	67
A.11.2.7. Superficie de fluencia (Sólo si ITYPE = 5)	67
A.11.2.8. Parámetros de degradación de la resistencia (Sólo si ILOS > 0)	68
A.11.2.9. Parámetros de degradación de la rigidez (Sólo si IHYST > 0)	68
A.11.3. Propiedades del tipo de miembro STRUCTURAL-WALL	69
A.11.3.1. Propiedades básicas de la sección	69
A.11.3.2. Propiedades del hormigón y el acero	69
A.11.3.3. Amortiguación específica del material (Sólo si ICTYPE = 5 ó 7 en A.2)	69
A.11.3.4. Parámetros para la sección pared estándar (ICOND = 0)	70
A.11.3.5. Parámetros para la sección pared numérica (ICOND = 1)	70
A.11.4. Propiedades del tipo de miembro DAMPER	71
A.11.4.1. Propiedades básicas	71
A.11.4.2. Límites de las acciones del amortiguador	71
A.11.5. Propiedades del tipo de miembro MULTI-SPRING	72

ÍNDICE GENERAL

A.11.5.1. Parámetros de control	72
A.11.5.2. Propiedades de la sección	72
A.11.5.3. Parámetros de degradación de la resistencia longitudinal (Sólo si ILOS > 0)	73
A.11.5.4. Parámetros de degradación de la resistencia de corte (Sólo si KLOS > 0)	73
A.11.5.5. Amortiguación específica del material (Sólo si ICTYPE = 5 ó 7 en A.2)	73
A.11.5.6. Parámetros de degradación de la rigidez (Sólo si IHYST > 0) . .	73
A.11.6. Propiedades del tipo de miembro REINFORCED CONCRETE PLASTIC HINGE SPRING	74
A.11.6.1. Parámetros de control	74
A.11.6.2. Propiedades del material de hormigón	74
A.11.6.3. Propiedades del material de acero	74
A.11.6.4. Amortiguación específica del material (Sólo si ICTYPE = 5 ó 7 en A.2)	75
A.11.6.5. Propiedades de la ley de histéresis del hormigón confinado. . . .	75
A.11.6.6. Propiedades de la ley de histéresis del recubrimiento de hormigón.	75
A.11.6.7. Propiedades de la ley de histéresis del acero de refuerzo.	75
A.11.6.8. Propiedades de la ley de histéresis del hormigón cortante.	75
A.11.7. Leyes de histéresis	76
A.11.7.1. Ley lineal elástica (IHYST = 0)	76
A.11.7.2. Ley elasto plástica (IHYST = 1)	76
A.11.7.3. Ley inelástica bilineal (IHYST = 2)	76
A.11.7.4. Ley Ramberg-Osgood (IHYST = 3)	76
A.11.7.5. Ley takeda modificada (IHYST = 4)	76
A.11.7.6. Ley bilineal con inactividad (IHYST = 5)	76
A.11.7.7. Ley SINA trilineal degradante (IHYST = 8)	77
A.11.7.8. Ley bilineal elástica (IHYST = 15)	77
A.11.7.9. Ley elástica no lineal (IHYST = 16)	77
A.11.7.10. Ley elástica degradante (IHYST = 17)	77
A.11.7.11. Ley pico orientada (IHYST = 27)	77
A.11.7.12. Ley SINA modificada (IHYST = 31)	77
A.11.7.13. Ley bilineal modificada (IHYST = 32)	77
A.11.7.14. Ley de albañilería puntual (IHYST = 33)	78
A.11.7.15. Ley hiperbólica (IHYST = 34)	78
A.11.7.16. Ley degradante bilinear con desface (IHYST = 35)	78
A.11.7.17. Ley bilineal de origen centrado revisado (IHYST = 38)	78
A.11.7.18. Ley de acero Dodd-Restrepo (IHYST = 39)	78

ÍNDICE GENERAL

A.11.7.19. Ley Ramberg-Osgood limitada (IHYST = 40)	79
A.11.7.20. Ley Ramberg-Osgood con modificación Pyke (IHYST = 41) . .	79
A.11.7.21. Ley restablecer origen (IHYST = 43)	79
A.11.7.22. Ley de acero Dhakal (IHYST = 53)	79
A.11.7.23. Ley Brian Peng del hormigón (IHYST = 54)	79
A.11.7.24. Ley SINA trilineal degradante modificada (IHYST = 56)	80
A.11.7.25. Ley Takeda trilineal degradante revisada (IHYST = 57)	80
A.11.7.26. Ley Ramberg-Osgood con Alpha (IHYST = 59)	81
A.11.7.27. Ley bilineal elástica con desfase (IHYST = 63)	81
A.12. Pesos concentrados en los nodos	81
A.13. Cargas externas estáticas en los nodos	81
A.14. Factores dinámicos de carga (Sólo si IPVERT < 0 en A.2)	82
A.15. Parámetros de la excitación	83

Capítulo 1

Descripción General del Problema

1.1. Introducción

Una interfaz de usuario es un medio por el cual un usuario puede comunicarse con un software en particular. Cuán fácil de utilizar es una aplicación de software depende principalmente de la facilidad de uso de la interfaz de usuario del software. En el paradigma de ingeniería de software una interfaz de usuario posee una alta prioridad. Muchos de los avances tecnológicos han estado tomando lugar de cómo diseñar una interfaz de usuario [1]. El diseño de la interfaz de usuario depende principalmente de la experiencia del usuario, o cómo el usuario percibe el producto final.

En el campo de la ingeniería de software, el uso de la interfaz de usuario también se llama *Human-Computer-Interaction* [2]. El diseño de interfaces de usuario no puede ser concebido sólo en términos de computadores, ya que también se refiere a todos los otros aspectos donde el usuario interactúa con diversos controles y pantallas. Aviones militares, vehículos, aeropuertos, equipos de audio, y periféricos de computador, son algunos productos que requieren un buen diseño de la interfaz de usuario [2]. Como la interfaz de usuario es el medio físico de comunicación entre una persona y un programa de software o sistema operativo, por lo general es compuesto por algunos de los métodos comunes para la comunicación como comandos, menús, iconos, etc.

Una interfaz gráfica de usuario resuelve los problemas de manipular software mediante líneas de comando. De manera tradicional una interfaz gráfica de usuario sigue naturalmente algún flujo a través de las partes de la interfaz, primero utilizando una ventana, a continuación, cambiando el enfoque a otra ventana [3].

Por otro lado, el diseño estructural, particularmente en estructuras del tipo civil, consta de varias etapas. En primer lugar se tiene una etapa de estructuración, que consiste en establecer cuales son los elementos estructurales que deben ser capaces de resistir la estructura. Dependiendo de que tipo de estructura se está diseñando, participan diferentes tipos de equipos, en el caso particular de un edificio, el equipo de arquitectura es el que está a cargo de establecer las posiciones y dimensiones generales de los elementos estructurales.

En segundo lugar hay una etapa de prediseño en la cual se analiza la factibilidad de la estructuración establecida en la etapa anterior, dependiendo de cuán lejos se está de un diseño factible, pueden darse varias iteraciones entre la etapa anterior y ésta.

CAPÍTULO 1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROBLEMA

En tercer lugar, se tiene la etapa de diseño, la cual consiste en realizar el diseño de la estructura establecida en la primera etapa. Para realizar el diseño de una estructura, se debe realizar un análisis estructural. El análisis estructural es la determinación de los efectos de las cargas y condiciones externas como sismos, nieve, lluvia, viento, etc, en las estructuras físicas y sus componentes. Las estructuras sometidas a este tipo de análisis, son todas las estructuras que deben soportar cargas, tales como edificios, puentes, vehículos y maquinarias.

El análisis estructural incorpora los campos de la mecánica aplicada, ciencia de los materiales y las matemáticas aplicadas para calcular las deformaciones de una estructura, fuerzas internas, tensiones, reacciones de apoyo, aceleraciones y la estabilidad.

Del análisis estructural se obtienen dos tipos de resultados, deformaciones y esfuerzos. Las deformaciones se utilizan en general para determinar si se está fuera de un rango establecido por normativa. Los esfuerzos (o fuerzas) se utilizan para cuantificar la resistencia que deben tener los elementos estructurales, es decir, diseñarlos (establecer sus dimensiones, espesores, cantidad de enfierradura, etc) de manera tal que pueda servir adecuadamente ante las solicitaciones impuestas.

Posteriormente una vez que la estructura se encuentra diseñada, se realiza una etapa de verificación, ya que en algunos casos al diseñar la estructura, cambian los esfuerzos a los que se ven sometidos los elementos estructurales, debido a que en el diseño se cambian las dimensiones de los elementos, lo que trae implícito un cambio en los esfuerzos.

Como se mencionó anteriormente el análisis estructural es una tarea imprescindible para los ingenieros estructurales al momento de diseñar una estructura. Con la del programa Ruaumoko2D [4] dicha tarea se hace más fácil.

Como se indicó la interfaz de usuario de un programa es sumamente importante para que el programa sea fácil de usar, sin embargo Ruaumoko2D no tiene. Para ingresar los datos a Ruaumoko2D se requiere de un archivo de texto como entrada que debe seguir un orden preestablecido.

El presente trabajo desarrollará una interfaz gráfica de usuario desarrollada en Qt [5] para el programa Ruaumoko2D para hacerlo más amigable, intuitivo, seguro, rápido y sencillo de ingresar los datos.

La presente memoria está estructurada como sigue, en el capítulo 2 se revisarán las características del programa Ruaumoko2D, en el capítulo 3 se verá como utilizar la interfaz gráfica de usuario para generar cada uno de los distintos parámetros del archivo de texto, finalmente en el capítulo 4 se verá un modelo de una estructura sencilla utilizando la interfaz.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- A través de una interfaz gráfica hacer más amigable el ingreso de datos al programa Ruaumoko2D y así reducir la probabilidad de error.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Utilizar la biblioteca Qt para el desarrollo de la interfaz.
- Construcción de un caso de prueba con la ayuda de mi profesor correferente y aplicarlo.

Capítulo 2

Ruaumoko2D

El programa Ruaumoko2D [4] está diseñado para llevar a cabo el análisis estructural, en particular de edificios y/o puentes sometidos a terremotos y otras excitaciones dinámicas. El programa se utiliza para los estudios de la excitación de terremotos, incluyendo el modelado de sistemas de aislamiento en la base y de los estudios del golpe de las excitaciones de los terremotos en las estructuras. El programa también puede ser utilizado para llevar a cabo análisis *pushover* estáticos o dinámicos.

El programa posee diversas características que lo hace uno de los programas más completo para realizar análisis estructural. A continuación se describirán las diferentes características de dicha aplicación.

2.1. Tipos de análisis

- Análisis estático.
- Análisis modal o de valor propio para encontrar las frecuencias y las formas modales de vibración. El programa también calcula las fracciones de amortiguación críticas asociadas con cada modo natural de vibración como resultado del modelo de amortiguación elegido.
- Análisis dinámico usando registro del terremoto con entradas horizontales y verticales, y con las cargas estáticas iniciales. La excitación del terremoto puede ser aplicada en la base, donde los desplazamientos calculados son con respecto a la base. Además existe la opción de considerar la entrada del terremoto como un movimiento del suelo donde la entrada llega a los distintos nodos con un retardo basado en la velocidad de la onda de la base del suelo y la distancia entre los nodos.
- Respuesta dinámica con historias de fuerza dinámicas, así como las cargas estáticas iniciales. Un análisis *pushover* es una versión especial de esta opción de análisis. Si no hay masas y amortiguación en el análisis *pushover*, entonces el análisis es un análisis *pushover* estático.
- Análisis *pushover* adaptado donde los patrones de carga cambian como la estructura cambia sus propiedades. Este es un análisis *pushover* estático, pero las masas son usadas en un proceso Rayleigh para generar el siguiente incremento de carga. La solución final es independiente del patrón de carga inicial, es un proceso de incremento de los desplazamientos

donde los incrementos son prácticamente constantes en magnitud. El proceso termina cuando la capacidad máxima de la estructura es alcanzada.

- Análisis *pushover* cíclico adaptado donde los patrones de carga cambian es aplicado hasta que el desplazamiento deseado es excedido por un grado de libertad específico. La dirección de la carga se invierte y una respuesta de adaptación adicional es seguido hasta que el desplazamiento alcanza el siguiente punto de la historia de desplazamiento especificada.
- Un enfoque de desplazamiento total puede ser usado para obtener la respuesta de entradas específicas de la historia de desplazamiento. Esto puede ser usado para analizar estructuras donde las diferentes historias de desplazamientos están especificadas en diferentes puntos de la base de la estructura.
- Un análisis de espectro de respuesta elástico puede llevarse a cabo. Los datos estructurales puede ser utilizados para un análisis de tiempo-historia no lineal, pero no afectan los resultados. El usuario proporciona los espectros y una vez que el programa calcula los modos y frecuencias calculará las respuestas para el número de modos específicos y obtiene la respuesta más probable utilizando el método de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados.

Hasta 99 entradas de historias de desplazamiento pueden ser utilizadas en cualquier análisis.

2.2. Opciones de análisis

- Análisis elástico. Este análisis sobrescribe todos los miembros no lineales y opciones geométricas permitiendo un análisis elástico, se lleva a cabo sin necesidad de cambiar los datos de la estructura usados para un análisis no lineal.
- Análisis inelástico o no lineal.
- Análisis de respuesta de espectros elásticos. Este análisis sobrescribe todos los miembros no lineales y opciones geométricas y obtiene la respuesta de la estructura para una respuesta de espectro por cada componente del terremoto.
- Análisis *pushover* y análisis *pushover* adaptado. También es opción para el análisis *pushover* cíclico adaptado.

2.3. Opciones geométricas

- Análisis de desplazamientos pequeños (por defecto). En este análisis la geometría inicial es usada en todo el análisis.
- Análisis de desplazamientos grandes. En este análisis las coordenadas son actualizadas en cada paso, las matrices de transformación de los miembros y la rigidez geométrica (debido a las fuerzas axiales en los miembros) son actualizadas usando la fuerza axial actual en el miembro.
- Análisis P-Delta. La geometría original es usada en cada paso, pero después del análisis estático

2.4. Representaciones de las masas

- Modelo de masa concentrada. Este modelo proporciona una matriz de masa diagonal sin inercia asociada a los grados de libertad de rotación.
- Modelo diagonal de masa. Este modelo proporciona una matriz de masa diagonal con inercia asociada a los grados de libertad de rotación.
- Modelo consistente de masa. Este modelo genera para los miembros con masa distribuida una representación que es cinemáticamente consistente con los modos de deformación de los miembros.

2.5. Opciones de amortiguación

- Modelo de amortiguamiento Rayleigh o proporcional utilizando la matriz de rigidez elástica inicial.
- Modelo de amortiguamiento Rayleigh o proporcional utilizando la matriz de rigidez tangente actual para formar la matriz actual de amortiguamiento tangente.
- Modelo de amortiguamiento Rayleigh o proporcional utilizando la matriz de rigidez tangente actual para formar la matriz actual de amortiguamiento secante.
- Variación lineal de la fracción del amortiguamiento crítico con las frecuencias de vibración libre. Esto incluye el caso de amortiguación constante en todas las frecuencias.
- Variación trilineal de la fracción del amortiguamiento crítico con frecuencia de la vibración libre.
- Variación general de la fracción del amortiguamiento crítico con frecuencia.
- Amortiguación Rayleigh o proporcional tangente con los diferentes miembros o secciones de la estructura que tiene diferentes cantidades de amortiguación.
- Amortiguación Rayleigh o proporcional secante con los diferentes miembros o secciones de la estructura que tiene diferentes cantidades de amortiguación.
- Miembros de amortiguación (*dashpots*, tanto lineales como no lineales) pueden ser incluidos en el modelo computacional. Los *dashpots* pueden tener diferentes valores de atenuación asociados con cada una de las velocidades del elemento de deformación, axial, torsión, esfuerzo cortante y rotación.

2.6. Tipos de miembros

Todos los miembros están representados por cuatro nodos, los nodos I, J, K y L. Estos son los cuatro puntos para los elementos Cuadrilátero de elementos finitos (*Quadrilateral finite element*) y elemento de panel de albañilería (*Masonry panel element*). Para todos los demás tipos de miembros, los primeros dos nodos I y J son los nodos que están conectados a la estructura. Los segundos dos nodos K y L, son nodos ficticios con ningún grado de libertad en el desplazamiento, se usan para definir los extremos interiores de enlaces rígidos conectados a los dos primeros nodos I y J. La parte que se deforma de los miembros, es la parte entre los nodos internos K y L. Si estos dos nodos son asignados con 0, el programa lo tomará como los dos primeros nodos I y J, entonces los

CAPÍTULO 2. RUAUMOKO2D

enlaces rígidos no existen. Esto permite la fácil incorporación de enlaces rígidos en la estructura sin la necesidad de utilizar miembros rígidos ficticios para modelar las acciones estructurales.

Ruaumoko tiene 11 tipos de elementos que son:

1. Elemento marco (*frame*).
2. Elemento resorte (*spring*).
3. Elemento muro (*wall*).
4. Elemento viscoso (*dashpot*).
5. Elemento contacto (*contact*).
6. Elemento tendón (*tendon*).
7. Elemento cuadrilátero de elementos finitos (*quadrilateral finite element*).
8. Elemento de panel de albañilería (*masonry panel element*).
9. Elemento de suelo o fundación (*ground or foundation element*).
10. Elemento de múltiples resortes (*multi-spring element*).
11. Elemento compuesto de resorte (*compound spring element*).

2.7. Leyes de histéresis

Para la degradación de la rigidez, Ruaumoko2D tiene 63 leyes de histéresis que pueden ser usadas con los distintos tipos de elementos mencionados anteriormente.

Muchas de las 63 leyes de histéresis que el programa posee, también pueden ser usadas para la degradación de la fuerza.

2.8. Datos de entrada

Para ingresar los datos al programa, se necesita de un archivo de texto que puede ser creado con cualquier editor de texto. Los datos en dicho archivo debe seguir un orden preestablecido.

2.9. Salida

El archivo de salida contiene:

- Imágenes de la geometría de los datos de entrada.
- Resultados de los cálculos de las masas a partir de los propios pesos de los miembros.
- Desplazamientos nodales, fuerzas y momentos de los miembros a partir del análisis estático.

CAPÍTULO 2. RUAUMOKO2D

- Frecuencias naturales y períodos de vibración libre junto con la fracción de amortiguamiento viscoso críticos asociados con cada modo.
- Factores de participación y masas modales efectivas para cada modo de vibración libre para cada componente de la excitación terremoto (Sólo para la excitación acelerograma).
- Cada modo de forma libre de vibraciones.
- Si se requiere: Desplazamientos nodales y acciones de miembros conforme a lo solicitado por cualquier nodo o miembro especificado en determinados intervalos de tiempo.
- Si se requiere: Desplazamientos nodales residuales, desplazamiento relativo de entre pisos, acciones de miembros al final del análisis tiempo-historia.
- La envolvente (máximos valores alcanzados) de desplazamientos relativos de entrepiso son incluidos. Si se trata de un análisis dinámico, entonces las envolventes de aceleraciones de piso, también son incluidos.
- Envolventes de desplazamientos nodales y los tiempos en los cuales se alcanza la máxima respuesta.
- Envolventes de momentos y fuerzas en miembros y los tiempos en los cuales se alcanza el máximo valor en la respuesta.
- Envolventes de deformaciones de los miembros y los tiempos en los cuales se alcanza el máximo valor en la respuesta.
- Envolventes de ductilidades de los miembros para todos los miembros en los cuales se excede la resistencia a la fluencia (se supera el rango elástico).
- Si se requiere: Indices de daños para los miembros que lo requieran.
- Análisis de las estadísticas.

2.10. Post-procesador del archivo de salida

Todas las salidas del programa Ruaumoko2D pueden ser pasados al programa de post-procesamiento DYNAPLOT. DYNAPLOT ofrece lo siguiente:

- Todos los gráficos producidos por Ruamoko2D en el análisis pueden ser reproducidos por DYNAPLOT en un modo continuo o cuadro por cuadro.
- Gráficos del tiempo-historia, como desplazamientos, velocidades, aceleraciones, fuerzas de amortiguación nodales, fuerzas de inercia nodales y cargas aplicadas a los nodos.
- Gráficos del tiempo-historia de los miembros, como deformaciones y rigidez relativa.
- Bucles de las leyes para las acciones de los miembros.
- Las formas de los modos de vibración pueden ser graficadas como estados deformados de la estructura.
- Después de terminado el análisis se dibujan los diagramas de energía cinética, trabajo hecho por disipación, energía de deformación, trabajo plástico y trabajo aplicado que fueron calculados.

- Diagramas de tiempo-historia y ciclos de histéresis pueden ser dibujados también para combinar las entradas de los nodos y miembros.
- Diagramas de los nodos y miembros también pueden ser parte del archivo de salida.

DYNAPLOT puede convertir los desplazamientos, velocidades y aceleraciones relativas en desplazamientos, velocidades y aceleraciones totales y viceversa. Además puede producir espectros de respuesta de desplazamiento y aceleración a partir de las historias de aceleraciones de los nodos.

Existe otro programa de post-procesamiento llamado COMBPLOT que toma la salida de DYNAPLOT para diferentes análisis o estructuras y permite combinar los gráficos para comparar los diferentes análisis. Este programa también toma la entrada del programa SPECTRA que se describirá a continuación, para comparar espectros de respuesta de diferentes terremotos.

2.11. SPECTRA

SPECTRA calcula los espectros de respuesta para los registros de terremoto en cualquiera de los formatos soportados por Ruamoko2D. Seis diferentes espectros son calculados y impresos:

- Desplazamiento espectral.
- Velocidad espectral.
- Velocidad pseudo-espectral.
- Aceleración espectral.
- Aceleración pseudo-espectral.
- Velocidad equivalente.
- El acelerograma del terremoto se grafica.

Ruaumoko2D permite realizar análisis no lineal a través de un análisis tiempo-historia o un análisis incremental, parametrizando los componentes (elementos, leyes de comportamiento, condiciones de borde, etc.) de diversas formas, todas actualizadas según las últimas investigaciones. Con ello se permite modelar una estructura con mayor precisión y caracterizarla de manera que otros softwares de análisis no lo permiten. De la misma manera, la salida de datos es muy potente, generando datos acorde a los requerimientos usuales.

Como se vió, Ruaumoko2D es un potente programa para el análisis no lineal de estructuras, pero éste carece de una interfaz gráfica amigable y requiere de un archivo de texto como entrada para pasarle los datos, lo que hace una difícil y tediosa tarea para los ingenieros a la hora de modelar una estructura. El presente trabajo desarrollará una interfaz gráfica de usuario (GUI) utilizando la biblioteca Qt, con el fin de permitir generar el archivo de texto de entrada para el programa Ruaumoko2D de una forma más amigable, sencilla, intuitiva, segura y rápida.

Capítulo 3

Creación de Archivo de Texto de Entrada de Ruaumoko2D mediante Interfaz Gráfica de Usuario

El programa Ruaumoko2D requiere de una gran cantidad de parámetros que deben ser ingresados en un orden establecido mediante un archivo de texto plano.

El presente capítulo mostrará una interfaz gráfica de usuario basada en las interfaces de los programas de diseño estructural ETABS [6] y SAP2000 [7]. Dicha interfaz fue desarrollada en la biblioteca Qt para facilitar el ingreso de datos al programa Ruaumoko2D, con el fin de disminuir la probabilidad de error, hacer más amigable, sencillo, intuitivo, seguro y rápido ingresar los datos.

Qt [5] es una biblioteca multiplataforma altamente utilizada para desarrollar aplicaciones con una interfaz gráfica de usuario y también para desarrollar aplicaciones sin interfaz gráfica como herramientas de consola y servidores.

La interfaz se desarrolló con Qt en forma nativa, es decir, utilizando el lenguaje de programación C++ [8].

3.1. Ventana principal

Cuando se ejecuta la interfaz se abre la ventana de la figura 3.1. A esta ventana de ahora en adelante se le llamará ventana principal.

3.2. Creación de la grilla

En esta sección se verá como ingresar las coordenadas de los ejes X e Y y los parámetros de salida de los nodos y elementos (ver A.6). Para esto se debe ir a Edit->Grid o presionar Alt+G en

CAPÍTULO 3. CREACIÓN DE ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D MEDIANTE INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO

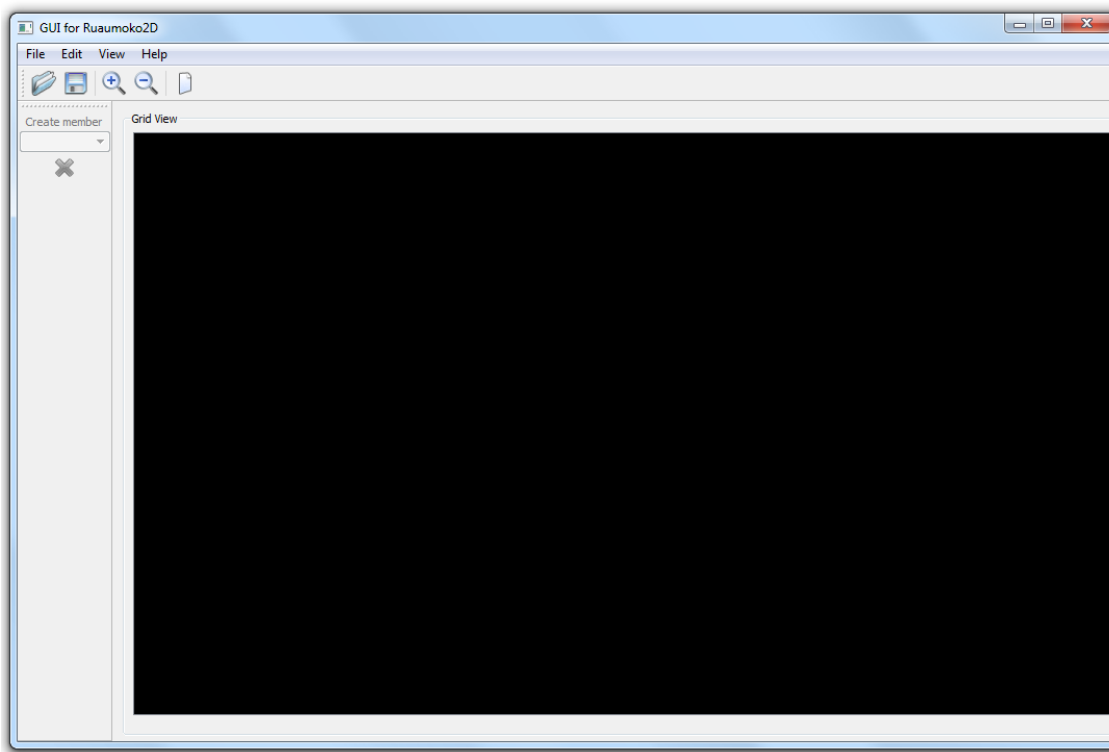


Figura 3.1: Ventana principal

la ventana principal de la interfaz. Se abrirá la ventana que se muestra en la figura 3.2.

Habrán 50 entradas iniciales para ingresar coordenads por cada eje, si se necesita ingresar más de 50 coordenadas en algún eje, ya sea el X o el Y, basta con presionar el botón Add X Axis ó Add Y Axis según corresponda. En la columna Ordinate[meters] se debe ingresar la coordenada de cada eje.

La interfaz asignará a todos los nodos y elementos el IOU (ver A.6) ingresado para los nodos y elementos respectivamente en dicha ventana.

Luego de ingresar los ejes X e Y y los IOU correspondientes para los nodos y elementos, la interfaz creará una grilla en donde las intersecciones de los ejes ingresados son los nodos (ver A.7). Cabe mencionar que los valores de los parámetros NF1, NF2, NF3 son asignados con 1 en los nodos de la base y con 0 en los demás nodos, ya que los nodos de la base están fijos y empotrados en las fundaciones, por lo que se asume que no hay interacción con el suelo.

3.3. Descripción de entorno de trabajo

En el entorno de trabajo que se presenta en la figura 3.3 se muestra la grilla de trabajo.

CAPÍTULO 3. CREACIÓN DE ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D MEDIANTE INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO

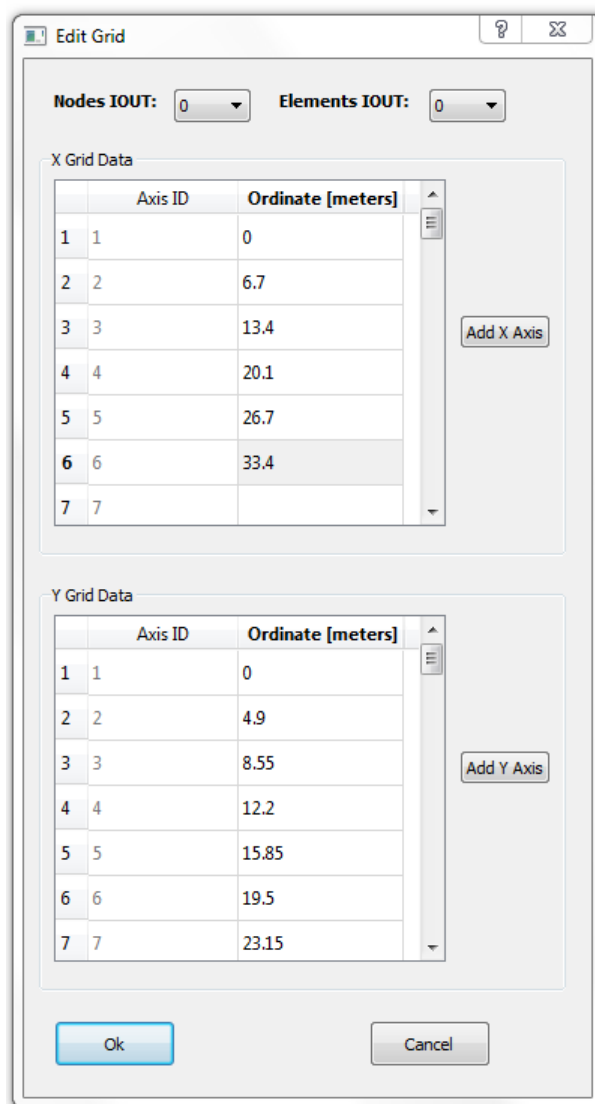


Figura 3.2: Creación de grilla y nodos

Los círculos azules son los nodos, al lado de ellos se puede apreciar un número en rojo, este número corresponde al Id del nodo, que es mostrado para facilitar la vista al usuario al momento de editar las cargas en los nodos, los pesos en los nodos y los parámetros de la excitación (si corresponde).

También se verán unos números verdes arriba de la grilla, éstos corresponden al número que se le asignó a cada columna, que es para facilitar la vista al usuario al momento de establecer el *Drift*.

Se puede acercar y alejar la vista de la grilla presionando los botones que tienen de íconos las

CAPÍTULO 3. CREACIÓN DE ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D MEDIANTE INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO

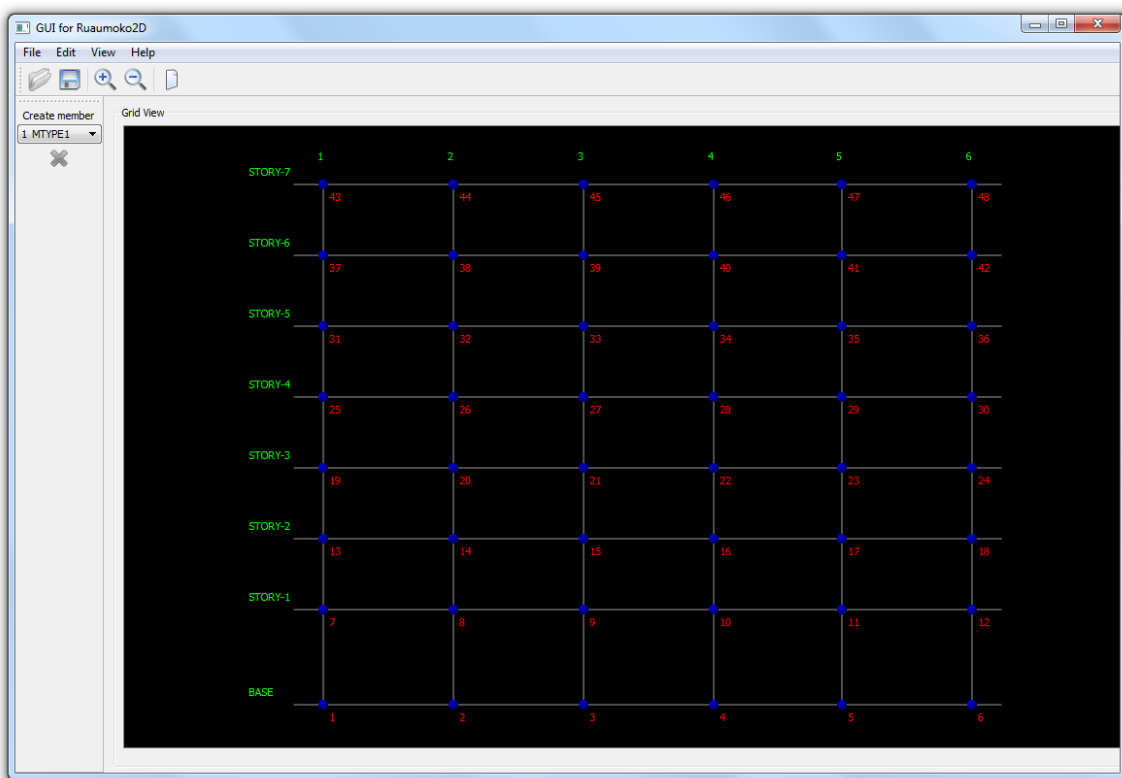


Figura 3.3: Entorno de trabajo

lupas en la ventana principal o simplemente presionando los botones del teclado, + para acercar y - para alejar.

Cabe destacar que en todas las ventanas de la interfaz, por ejemplo en la de la figura 3.4, si se deja el mouse posicionado por 1 segundo sobre un parámetro, se mostrará una caja con información de lo que es ese parámetro. De la misma manera si se deja sobre un elemento o nodo, la interfaz mostrará información de éstos.

3.4. Ingreso de parámetros de control del análisis, parámetros estructurales y parámetros de salida y ploteo, parámetros de iteraciones y ondulaciones

Para hacer ingreso de los parámetros de control del análisis (ver A.2, A.3, A.4, A.5) se debe ir a Edit->Control Options o presionar Alt+C en la ventana principal de la interfaz. Se abrirá la ventana que se muestra en la figura 3.4.

Ahí se deben ingresar cada uno de los parámetros. Si se selecciona ICTYPE = 4, se deberán ingresar parámetros adicionales, para esto se mostrará un grupo en donde se deben ingresar los

CAPÍTULO 3. CREACIÓN DE ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D MEDIANTE INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO

parámetros modales de amortiguamiento especificados por el usuario (ver A.5). Para añadir un modo de amortiguamiento basta con presionar el botón Add Mode, para guardarlo se debe presionar el botón Save. También es posible eliminarlos con el botón Delete.

Los parámetros NNP, NMEM, NTYPE, NLEVEL (ver A.3 y A.4) son modificados automáticamente por la interfaz, ya que corresponden a la cantidad de nodos, miembros, tipos de miembros y número de niveles respectivamente.

Edit Control Options

Principal Analysis Options

IPANAL: 2
IFMT: 0
IPLAS: 1
IPCONM: 1
ICTYPE: 4
IPVERT: -n | -1
INLGEO: 0
IPNF: 0
IZERO: 0
ORTHO: 0
IMODE: 0

Frame Control Parameters

NNP: 9
NMEM: 0
NTYPE: 0
M: 0
MODE1: 0
MODE2: 0
GRAV: 9.8
C1: 0
C2: 0
DT: 0
TIME: 0
FACTOR: 1

Output Intervals and Plotting Control Parameters

KP: 0
KPA: 0
KPLOT: 0
JOUT: 0
DSTORT: 1
DFACT: 10
XMAX: 1
YMAX: 0.5
NLEVEL: 3
NUP: 1
IRESID: 0
KDUMP: 0

Iteration Control and Wave Velocities

MAXIT: 0
MAXCIT: 0
FTEST: 0.0001
WAVEX: 0
WAVEY: 0
THETA: 0
DXMAX: 0
DYMAY: 0
D: 0
OMEGA: 0
F: 0.1

User Specified Modal Damping Parameters

Edit Modes

Mode Number	Damp Value
1	0

Add Mode

Save Delete

OK Cancel

Figura 3.4: Ingreso de parámetros de control del análisis

3.5. Edición de parámetros de los nodos

Para editar los parámetros correspondientes a los nodos (ver A.7) basta con presionar el botón derecho del mouse sobre el nodo que se quiere editar en el entorno de trabajo descrito en 3.3. Se abrirá la ventana que se muestra en figura 3.5. Ahí es posible editar los parámetros NF1, NF2, NF3, KUP1, KUP2, KUP3 y IOUT de dicho nodo.

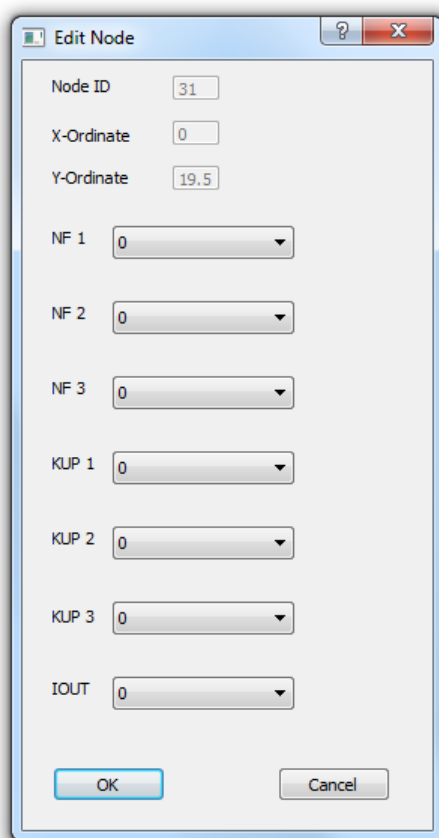


Figura 3.5: Edición parámetros de un nodo

3.6. Edición de entrada de desplazamiento relativo de entrepisos

Para editar la entrada de desplazamiento relativo entrepisos (ver A.8) se debe ir a Edit->Drift o presionar Alt+D en la ventana principal. Aparecerá la ventana que se muestra en la figura 3.6, en donde se mostrará una lista con los números de las columnas, se debe seleccionar la columna deseada. La interfaz automáticamente guardará los Ids de los nodos de dicha columna para imprimirlos en el archivo de entrada de Ruaumoko2D, por ejemplo si se selecciona la columna 1 como drift en la grilla mostrada en la figura 3.3, la interfaz guardará 1, 7, 13, 19, 25, 31, 37 y 41.

CAPÍTULO 3. CREACIÓN DE ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D MEDIANTE INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO

Si se selecciona la opción *Set KUP1 parameters automatically* la interfaz automáticamente asignará los KUP1 de los nodos de cada piso al nodo correspondiente de la columna seleccionada y los KUP1 de los nodos de la columna seleccionada a 0. Por ejemplo, si se escoge la columna 1 como drift en la grilla mostrada en la figura 3.3, a los nodos 2, 3, 4, 5 y 6 se le asignará $KUP1 = 1$, a los nodos 6, 7, 8, 9 y 10 se le establecerá $KUP1 = 5$, etc. A los nodos 1, 7, 13, 19, 25, 31, 37 y 41 se aplicará $KUP1 = 0$. De lo contrario, si no es seleccionada la interfaz no modificará los KUP1.

Cabe mencionar que si se selecciona *None*, entonces no se escribirá en el archivo de entrada de Ruaumoko2D la línea DRIFT (ver A.8) y si además se selecciona la opción *Set KUP1 parameters automatically to 0* se asignará a todos los nodos $KUP1 = 0$, de lo contrario la interfaz no hará modificaciones en el parámetro KUP1.

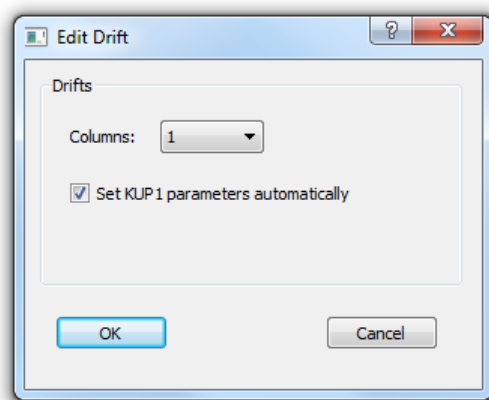


Figura 3.6: Edición de entrada de desplazamiento relativo de entrepisos

3.7. Ingreso propiedades de los miembros

Para crear un tipo de miembro con sus propiedades se debe ir a Edit->Member-Types o presionar Alt+M en la ventana principal. Se desplegará la ventana mostrada en la figura 3.7, ahí aparecerá una lista con los tipos de miembros soportados por la interfaz, basta con elegir el tipo que se quiere agregar y presionar el botón Add MType.

3.7.1. Agregar FRAME

Al crear un elemento del tipo FRAME aparecerá la ventana de la figura 3.8 para poder hacer ingreso de los parámetros del elemento FRAME (ver A.11.1).

En el grupo *Basic Section Properties* se pueden editar las propiedades básicas de la sección (ver A.11.1.1). En el grupo *Elastic Section Properties* las propiedades elásticas de la sección (ver A.11.1.2).

Si se seleccionó $IHYST \neq 0$, aparecerá un grupo *Member Bi-linear Factors Properties* para editar los factores bilineales del miembro y propiedades de la rótula plástica (ver A.11.1.3). Además si

CAPÍTULO 3. CREACIÓN DE ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D MEDIANTE INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO

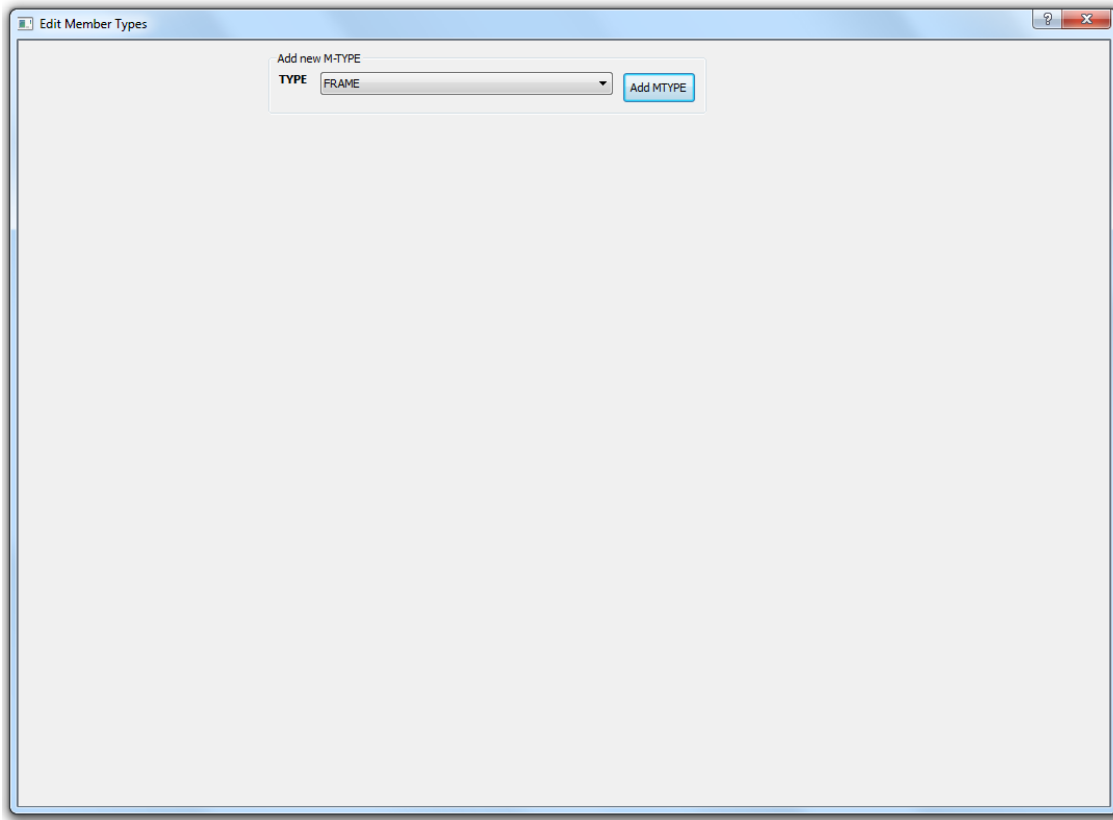


Figura 3.7: Ventana inicial para creacion de tipos de miembros

Si $IHYST \neq 0$ y $ITYPE = 1$ se desplegará un grupo *One Component (Giberson) Beam* para ingresar las condiciones de fluencia de la viga (ver A.11.1.6), si $ITYPE = 2$ un grupo *Concrete Beam-Column* para ingresar la superficie de fluencia para la viga-columna de hormigón (ver A.11.1.7), si $ITYPE = 3$ un grupo *Steel Beam Column* para ingresar la superficie de fluencia para la viga-columna de acero (ver A.11.1.8), si $ITYPE = 4$ un grupo *General Quadratic Beam Column* para ingresar la superficie de fluencia para la viga-columna cuadrática (ver A.11.1.9) y si $ITYPE = 8$ un grupo *Assymetric Quadratic Beam-Column* para ingresar la superficie de fluencia para la viga-columna asimétrica (ver A.11.1.10). Si en *Concrete Beam-Column*, *Steel Beam Column*, *General Quadratic Beam Column* ó *Assymetric Quadratic Beam-Column* se puso $IEND = 1$, entonces se mostrarán cajas de texto para ingresar los mismos parámetros, pero para el extremo 2 del miembro.

De la misma manera al seleccionar una ley de histéresis ($IHYST \neq 0$) aparecerá un grupo para editar los parámetros correspondientes a la ley seleccionada (ver A.11.7).

Si se escogió $ICOND = 1$ en *Basic Section Properties* aparecerá un grupo *Member Initial Fixed End Forces* para editar las fuerzas iniciales fijas del miembro (ver A.11.1.5).

Si se seleccionó $IGA = 1$ se desplegará un grupo *In-elastic Shear Parameters* podrán editar los parámetros inelásticos de corte (ver A.11.1.11), si $IGA = 2$ (ver A.11.1.12).

CAPÍTULO 3. CREACIÓN DE ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D MEDIANTE INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO

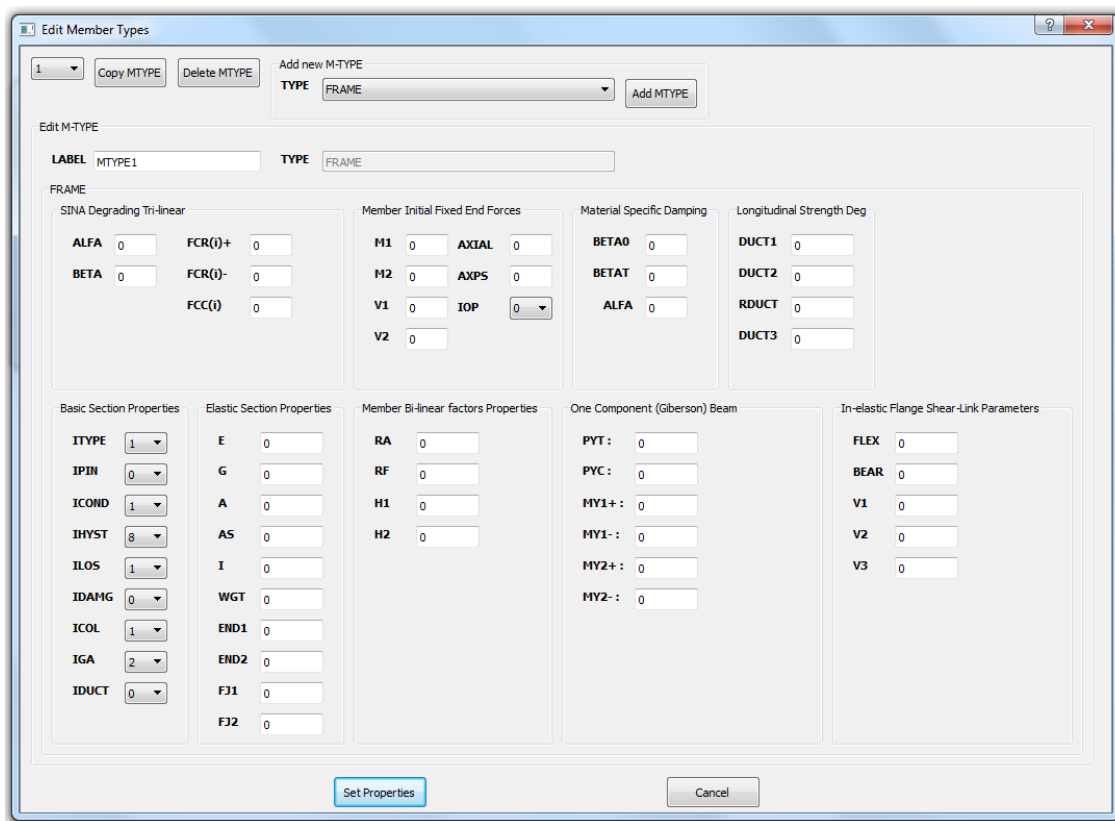


Figura 3.8: Edición de elemento FRAME

Si se eligió $ILOS > 0$ aparecerá un grupo *Longitudinal Strength Deg* para editar los parámetros de degradación de la resistencia (ver A.11.1.13).

Si en la ventana de la figura 3.4 se asignó $ICTYPE = 5$ ó 7 , se mostrará un grupo *Material Specific Damping* para editar los parámetros de amortiguación específica del material (ver A.11.1.4).

3.7.2. Agregar SPRING

Al crear un elemento del tipo SPRING aparecerá la ventana de la figura 3.9 para poder hacer ingreso de los parámetros del elemento SPRING (ver A.11.2).

En el grupo *Basic Section Properties* se pueden editar las propiedades básicas de la sección (ver A.11.2.1).

Si se seleccionó $IHYST \neq 0$ y $ITYPE = 1$ se desplegará un grupo *Yield Surface Properties* para editar la superficie de fluencia (ver A.11.2.3), si $ITYPE = 2$ un grupo *Yield Surface Properties* para editar la superficie de fluencia (ver A.11.2.4), si $ITYPE = 3$ un grupo *Yield Surface Properties* para

CAPÍTULO 3. CREACIÓN DE ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D MEDIANTE INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO

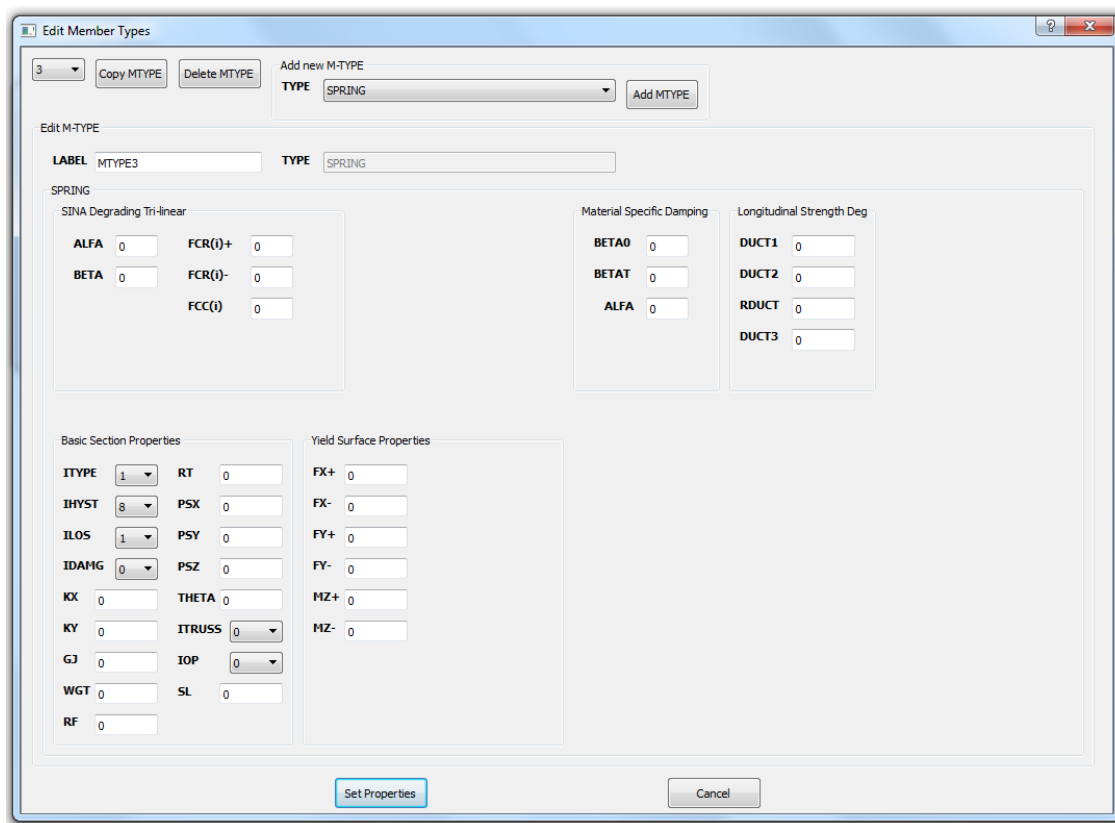


Figura 3.9: Edición del elemento SPRING

editar la superficie de fluencia (ver A.11.2.5), si $ITYPE = 4$ un grupo *Yield Surface Properties* para editar la superficie de fluencia (ver A.11.2.6) y si $ITYPE = 5$ un grupo *Yield Surface Properties* para editar la superficie de fluencia (ver A.11.2.7).

De la misma manera al seleccionar una ley de histéresis ($IHYST \neq 0$) aparecerá un grupo para ingresar los parámetros correspondientes a la ley seleccionada (ver A.11.7).

Si se eligió $ILOS > 0$ aparecerá un grupo *Longitudinal Strength Deg* para ingresar los parámetros de degradación de la resistencia (ver A.11.2.8).

Si en la ventana de la figura 3.4 se asignó $ICTYPE = 5$ ó 7 , se mostrará un grupo *Material Specific Damping* para editar los parámetros de amortiguación específica del material (ver A.11.2.2).

3.7.3. Agregar STRUCTURAL-WALL

Al crear un elemento del tipo STRUCTURAL-WALL aparecerá la ventana de la figura 3.10 para poder hacer ingreso de los parámetros del elemento STRUCTURAL-WALL (ver A.11.3).

CAPÍTULO 3. CREACIÓN DE ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D MEDIANTE INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO

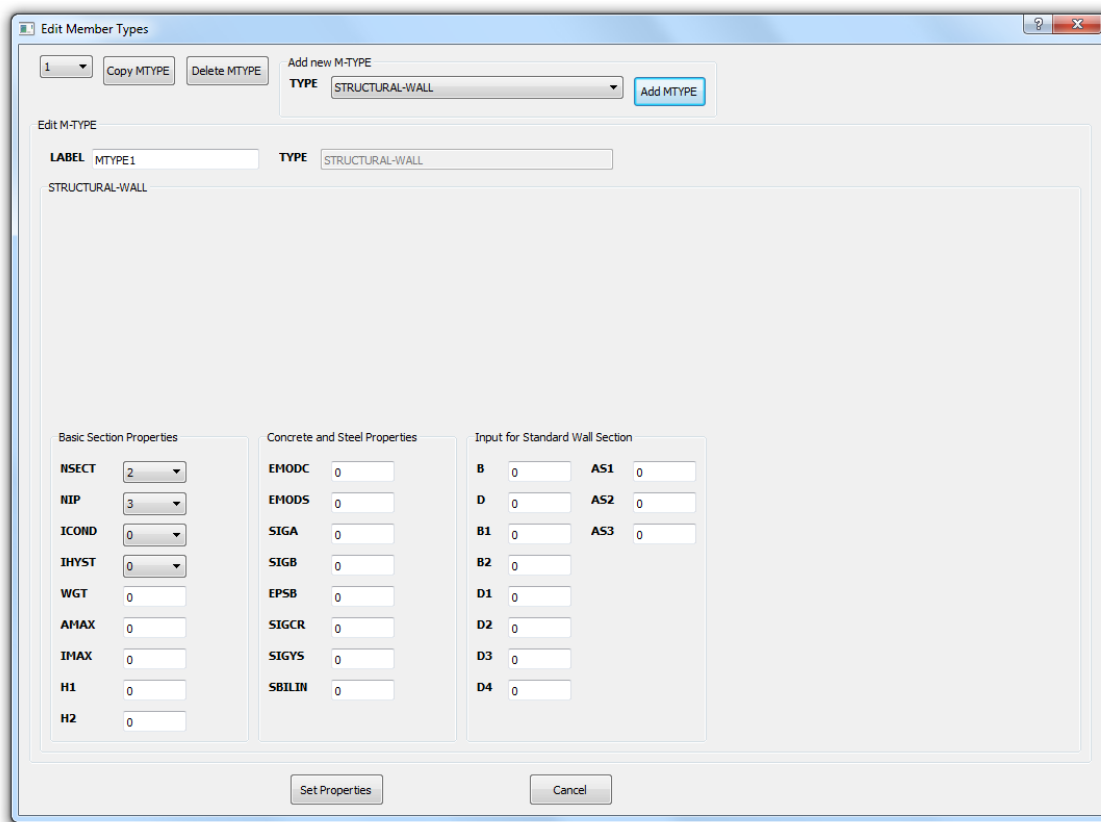


Figura 3.10: Edición del elemento STRUCTURAL-WALL

En el grupo *Basic Section Properties* es posible ingresar las propiedades básicas de la sección (ver A.11.3.1). En el grupo *Concrete and Steel Properties* las propiedades del hormigón y el acero (ver A.11.3.2).

Si en *Basic Section Properties* se escogió $ICOND = 0$ se mostrará un grupo *Input for Standard Wall Section* para ingresar los parámetros para la sección pared estándar (ver A.11.3.4), si $ICOND = 1$ se desplegará el grupo *Input for Numerical Section*, acá se deberán ingresar los parámetros para la sección pared numérica (ver A.11.3.5) NIP veces. En *Input for Numerical Section* aparecerá una lista con NIP índices para establecer los parámetros de cada sección (sub-área), para guardar los parámetros de una sección se debe presionar el botón Save.

Si en la ventana de la figura 3.4 se asignó $ICTYPE = 5$ ó 7 , se mostrará un grupo *Material Specific Damping* para editar los parámetros de amortiguación específica del material (ver A.11.3.3).

3.7.4. Agregar DAMPER

Al crear un elemento del tipo DAMPER aparecerá la ventana de la figura 3.11 para poder hacer ingreso de los parámetros del elemento DAMPER (ver A.11.4).

CAPÍTULO 3. CREACIÓN DE ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D MEDIANTE INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO

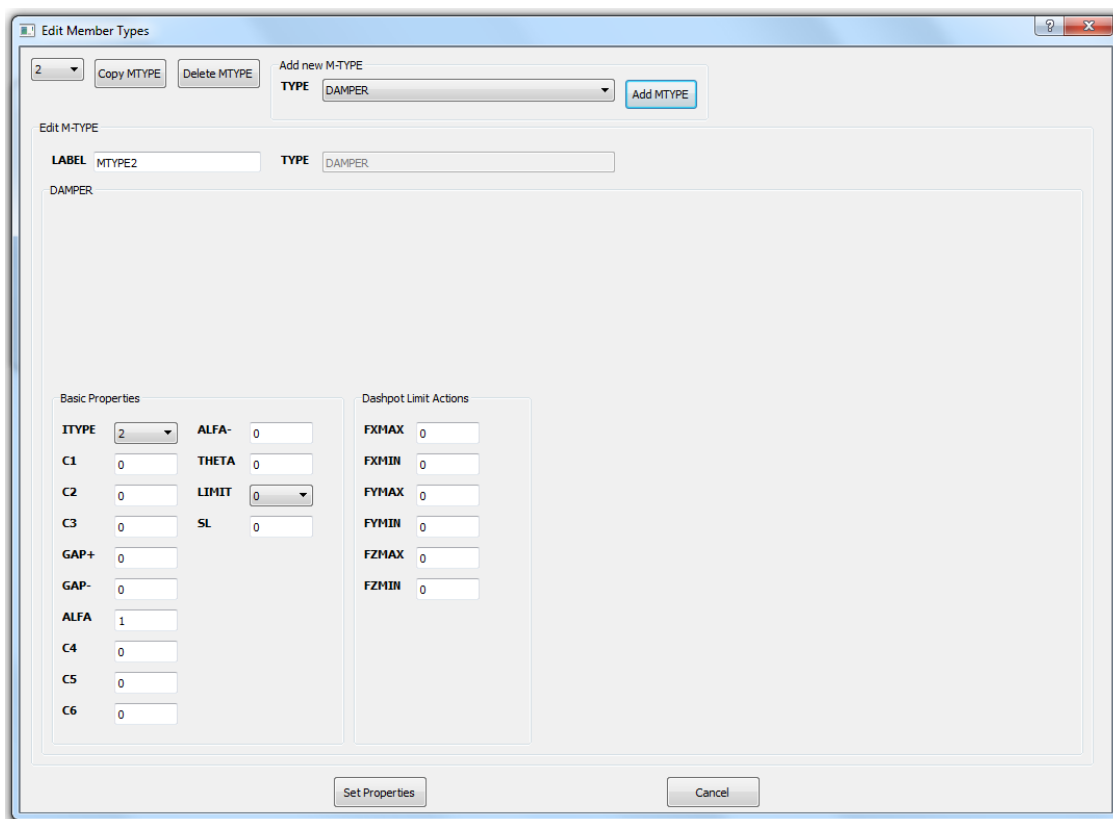


Figura 3.11: Edición del elemento DAMPER

En el grupo *Basic Properties* es posible ingresar las propiedades básicas (ver A.11.4.1) y en el grupo *Dashpot Limit Actions* los límites de las acciones del amortiguador (ver A.11.4.2).

3.7.5. Agregar MULTI-SPRING

Al crear un elemento del tipo MULTI-SPRING aparecerá la ventana de la figura 3.12 para poder hacer ingreso de los parámetros del elemento MULTI-SPRING (ver A.11.5).

En el grupo *Control Parameters* se pueden editar los parámetros de control (ver A.11.5.1) y en el grupo *Section Properties* las propiedades de la sección (ver A.11.5.2).

Si se escogió $ILOS > 0$ aparecerá un grupo *Longitudinal Strength Deg* para ingresar los parámetros de degradación de la resistencia longitudinal (ver A.11.5.3) y si se eligió $KLOS > 0$ se desplegará un grupo *Shear Strength Degradation* para los parámetros de degradación de la resistencia de corte (ver A.11.5.4).

Si en la ventana de la figura 3.4 se asignó $ICTYPE = 5$ ó 7 , se mostrará un grupo *Material Specific Damping* para editar los parámetros de amortiguación específica del material (ver

CAPÍTULO 3. CREACIÓN DE ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D MEDIANTE INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO

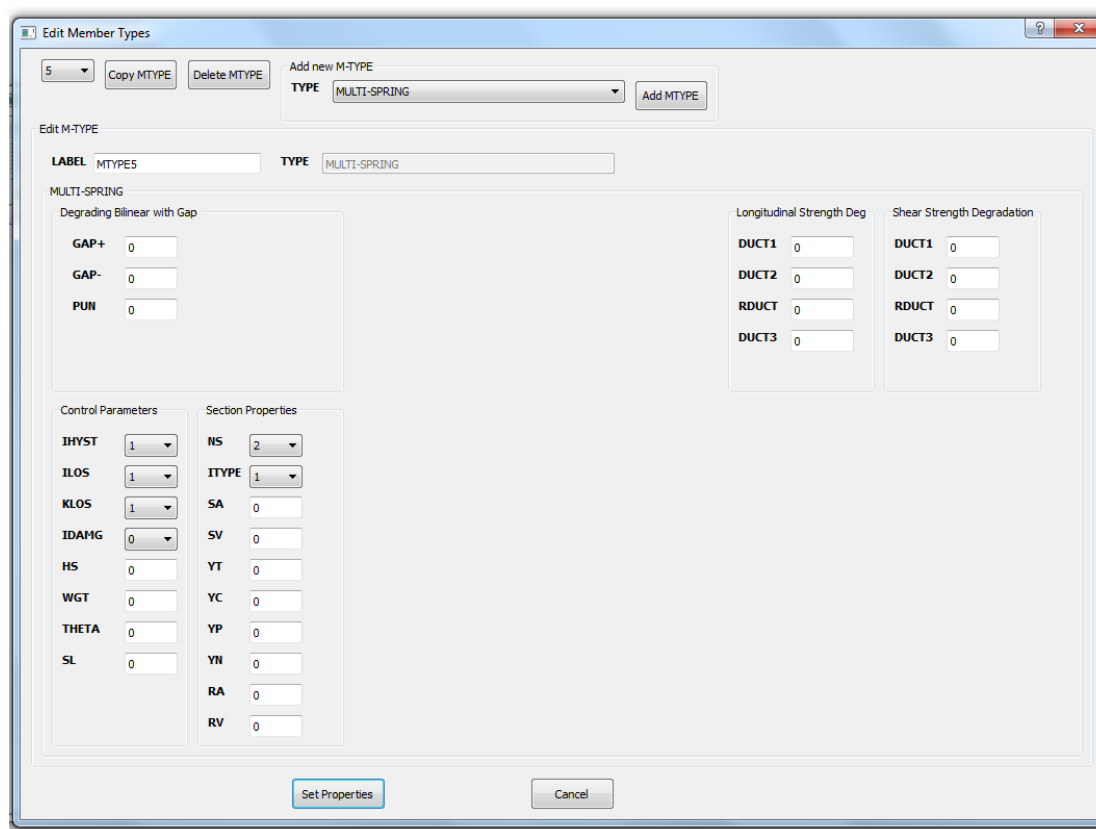


Figura 3.12: Edición del elemento MULTISPRING

A.11.5.5).

3.7.6. Agregar REINFORCED CONCRETE PLASTIC-HINGE SPRING

Cuando se crea un elemento del tipo reinforced concrete plastic-hinge spring se mostrará la ventana de la figura 3.13, ahí aparecerán los distintos parámetros descritos en A.11.6 que el usuario debe ingresar.

En el grupo *Control Parameters* se pueden editar los parámetros de control (ver A.11.6.1), en el grupo *Concrete Material Parameters* las propiedades del material del hormigón (ver A.11.6.2) y en el grupo *Steel Material Parameters* las propiedades del material de acero (ver A.11.6.3).

Para ingresar los parámetros de la ley de histéresis del acero de refuerzo (ver A.11.6.7) aparecerá un grupo de acuerdo al valor asignado a ISTEEL en el grupo *Control Parameters*.

De la misma manera, para hacer ingreso de los parámetros de la ley de histéresis del hormigón (ver A.11.6.5, A.11.6.6 y A.11.6.8) se mostrará un grupo de acuerdo al valor seleccionado de ICOND en el grupo *Control Parameters*. En el grupo recién mostrado se verá una lista con números los 1,2

CAPÍTULO 3. CREACIÓN DE ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D MEDIANTE INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO

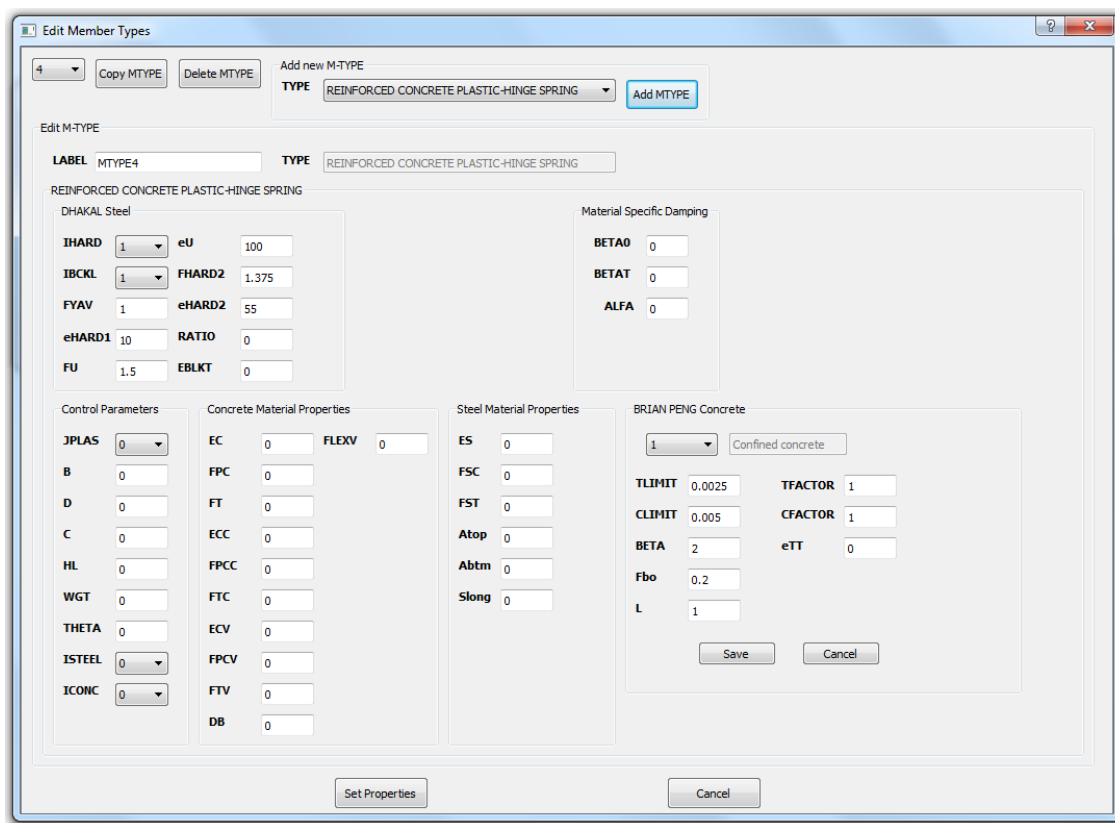


Figura 3.13: Edición del elemento REINFORCED CONCRETE PLASTIC-HINGE SPRING

y 3, en donde se ingresarán los parámetros correspondientes del hormigón confinado (ver A.11.6.5), recubrimiento de hormigón (ver A.11.6.6) y del hormigón cortante (ver A.11.6.8) respectivamente.

Si en la ventana de la figura 3.4 se asignó ICTYPE = 5 ó 7, se mostrará un grupo *Material Specific Damping* para editar los parámetros de amortiguación específica del material (ver A.11.6.4).

Además existe la posibilidad de copiar un tipo de miembro ya creado por si se requiere ingresar 2 o más tipos de miembros con propiedades similares.

Para borrar un tipo de miembro sólo basta con presionar el botón Delete MTYPE.

3.8. Creando elementos de la estructura

Luego de ingresar las propiedades de los miembros la interfaz habilitará el modo para crear elementos. En la ventana principal, al lado izquierdo, se habilitará el botón Create member que al presionarlo hará que el cursor cambie, esto significa que se está en el modo para crear elementos.

Para crear un elemento basta con presionar el botón Create member y seleccionar en la lista

CAPÍTULO 3. CREACIÓN DE ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D MEDIANTE INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO

que está debajo de dicho botón el tipo de miembro que se quiere asignar al elemento que se creará. Luego hacer click en el nodo inicial y después en el nodo final, entonces se ha creado un elemento en donde el NODE1 es asignado al nodo inicial presionado y el NODE2 al nodo final.

Para editar las propiedades de los elementos descritas en A.9 se debe presionar el botón derecho del mouse en el elemento que se quiere editar. Se abrirá la ventana que se muestra en la figura 3.14 para editar los parámetros MT, NODE4, NODE5 y IOUT descritos en A.9. Como se mencionó anteriormente los parámetros NODE1 y NODE2 fueron seteados como el primer y segundo nodo que se presionaron respectivamente. A MT se le fue asignado el tipo de miembro que se seleccionó antes de crear el elemento, pero es posible editarlo posteriormente en la ventana de edición. Así mismo los parámetros NODE4, NODE5 y IOUT pueden ser editados en dicha ventana.

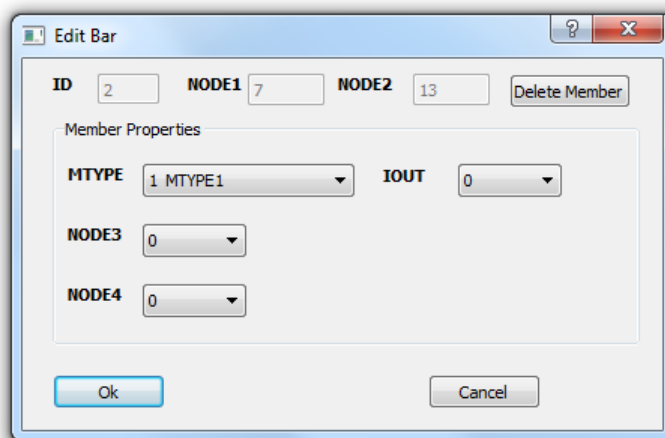


Figura 3.14: Edición de un elemento de la estructura

Para eliminar un elemento existen varias formas, se puede presionar, haciendo que el elemento se ponga de color verde y presionar el botón X que aparece al lado izquierdo en la ventana principal o presionando el botón Supr del teclado. También se puede eliminarlo en la ventana de edición del mismo que se muestra en la figura 3.14, presionando en botón Delete Member.

Cabe destacar que si un elemento es del tipo de miembro 1 y este tipo de miembro es eliminado, la interfaz mostrará el elemento con líneas punteadas y en blanco, esto quiere decir que dicho elemento ya no tiene un tipo de miembro asociado.

En la figura 3.15 se muestra la grilla de la figura 3.3 con elementos asociados a los diferentes tipos de miembros soportados por la interfaz. Los elementos del tipo FRAME se muestran de color plomo (columna 1), los de tipo SPRING de color amarillo (columna 2), los de tipo STRUCTURAL-WALL de color verde (columna 3), los de tipo DAMPER de color plomo más oscuro (columna 4), los de tipo MULTISPRING de color amarillo más oscuro (columna 5) y los de tipo REINFORCED CONCRETE PLASTIC-HINGE SPRING de color rojo (columna 6).

CAPÍTULO 3. CREACIÓN DE ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D MEDIANTE INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO

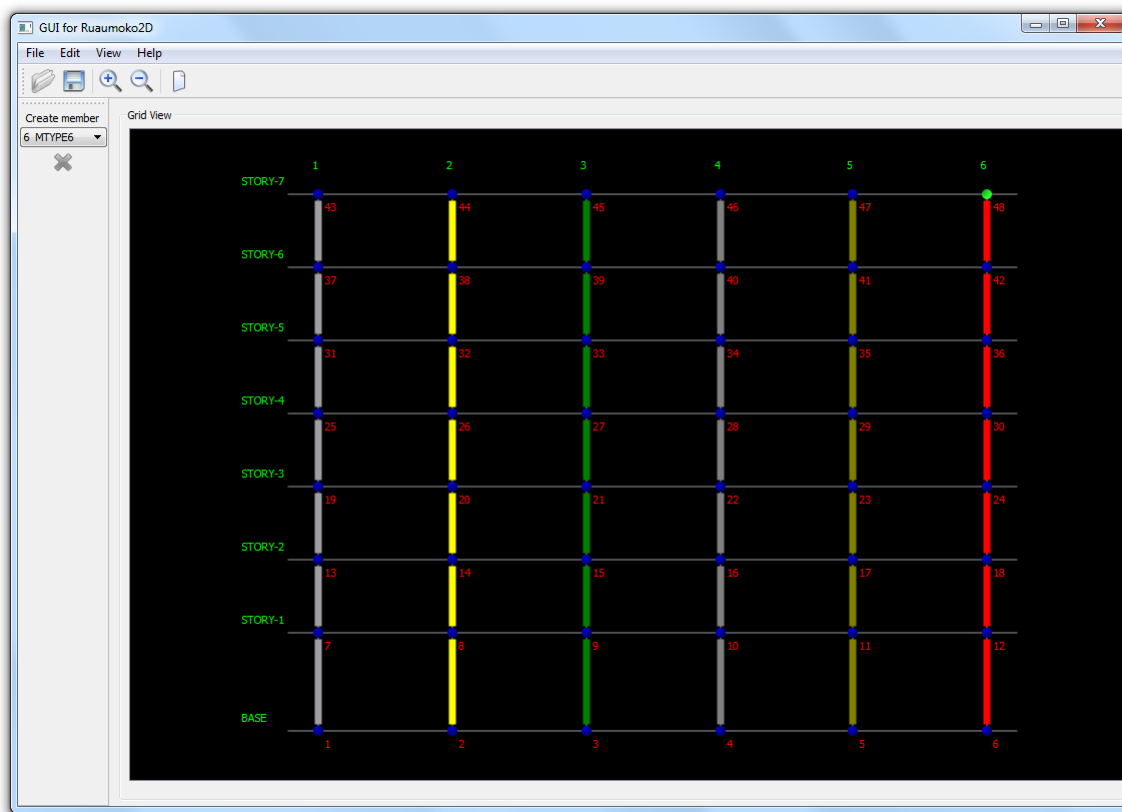


Figura 3.15: Entorno de trabajo con elementos

3.9. Edición de cargas en los nodos

Para ingresar las cargas en los nodos, se debe ir a Edit->Loads o presionar Alt+L en la ventana principal. Se mostrará la ventana que se muestra en la figura 3.16 para ingresar los parámetros descritos en A.13.

3.10. Edición de pesos en los nodos

Para ingresar los pesos en los nodos, se debe ir a Edit->Weights o presionar Alt+W en la ventana principal. Se abrirá la ventana de la figura 3.17 para ingresar los parámetros descritos en A.12.

3.11. Edición de factores dinámicos de carga

Para ingresar los factores dinámicos de carga, se debe ir a Edit->Shape o presionar Alt+S en la ventana principal. Se exhibirá la ventana de la figura 3.18 para ingresar los parámetros descritos en A.14.

CAPÍTULO 3. CREACIÓN DE ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D MEDIANTE INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO

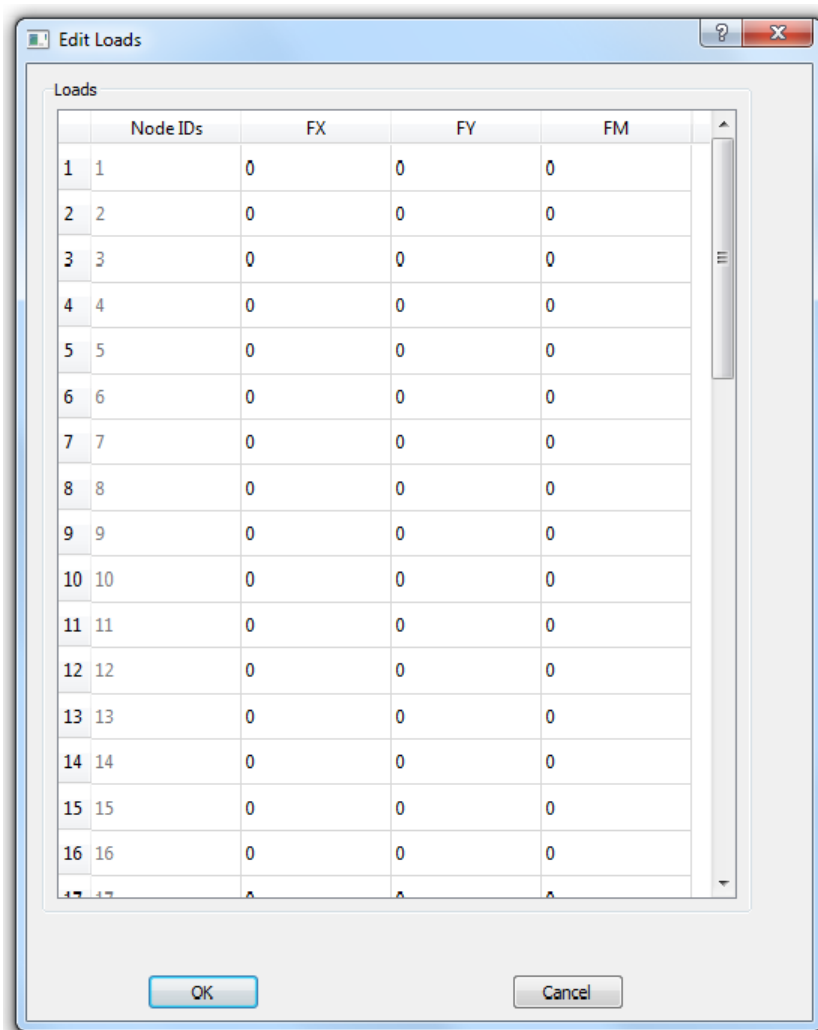


Figura 3.16: Edición de cargas en los nodos

Si IPVERT es -1 se deberá ingresar 1 conjunto de entradas por nodo, si IPVERT es -2, 2 conjuntos de entrada, en general, si $IPVERT = -n$, n conjuntos de entradas. La interfaz mostrará los nodos repetidos las veces que sean necesarias dependiendo del valor de IPVERT.

3.12. Edición parámetros de la excitación

Para editar los parámetros de excitación, se debe ir a Edit->Equake o presionar Alt+E en la ventana principal. Se desplegará la ventana de la figura 3.19 para editar los parámetros descritos en A.15.

CAPÍTULO 3. CREACIÓN DE ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D MEDIANTE INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO

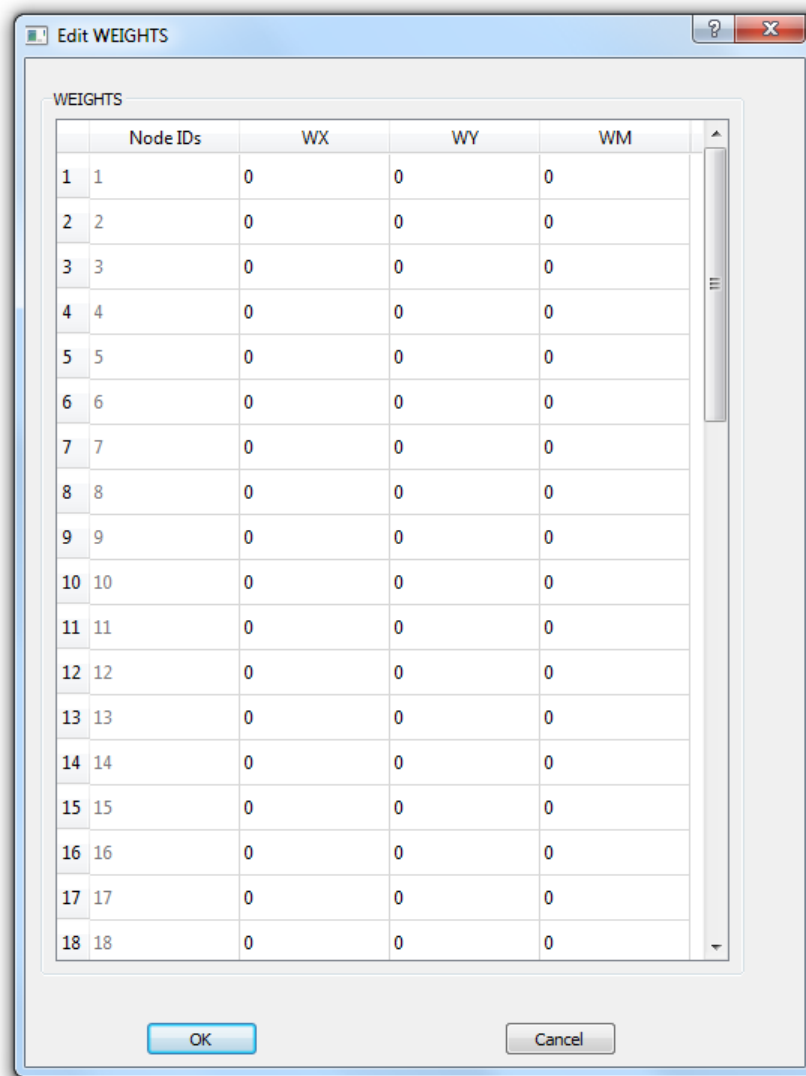


Figura 3.17: Edición de pesos en los nodos

3.13. Generar archivo de entrada de Ruaumoko2D

Una vez ingresado todos los parámetros, para crear el archivo de entrada que requiere Ruaumoko2D, se debe ir a File->Generate Ruaumoko2D File o presionar el botón que tiene como ícono una hoja. Aparecerá una ventana la que preguntará en qué parte del disco duro se quiere guardar el archivo y en qué formato (.txt ó .dat).

CAPÍTULO 3. CREACIÓN DE ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D MEDIANTE INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO

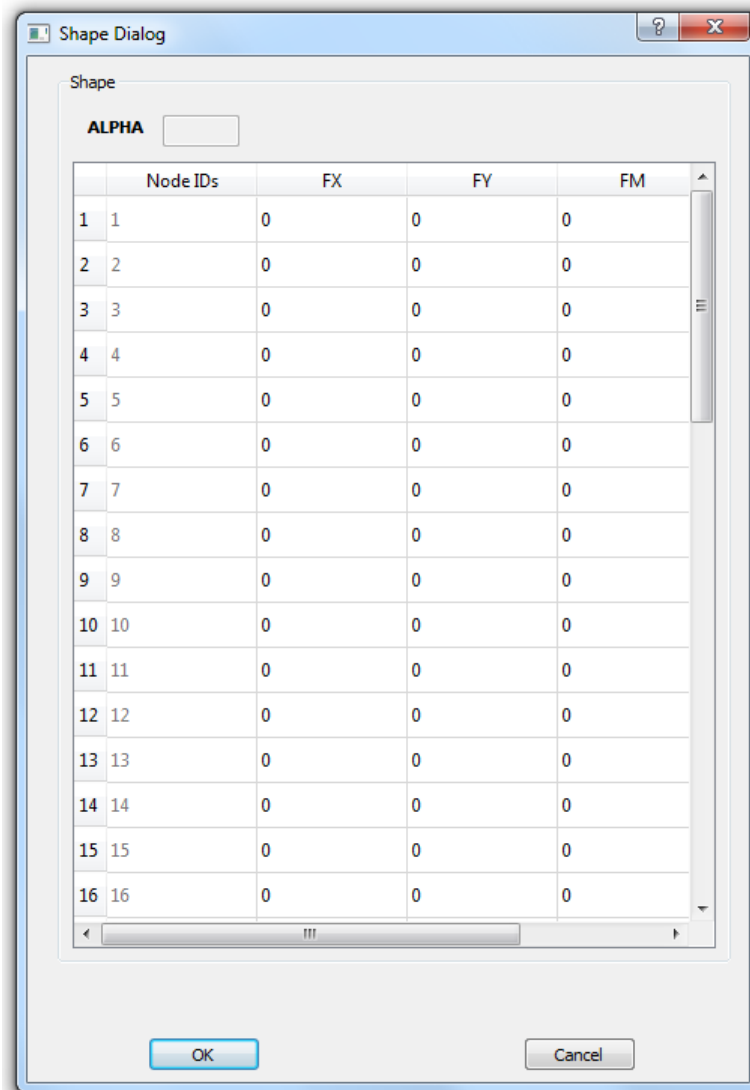


Figura 3.18: Edición de factores dinámicos de carga

3.14. Guardar/Abrir proyecto

3.14.1. Guardar proyecto

Para guardar el trabajo de un proyecto basta con ir a File->Save project o presionar el botón que tiene como ícono un disquete en la ventana principal de la interfaz. Ésta preguntará donde guardar el archivo, se generará un archivo con extensión .gfr que sólo entiende la interfaz.

Se recomienda guardar el proyecto antes de cerrar la interfaz con el fin de poder hacer modificaciones futuras o terminar un modelo que no se finalizó.

CAPÍTULO 3. CREACIÓN DE ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D MEDIANTE INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO

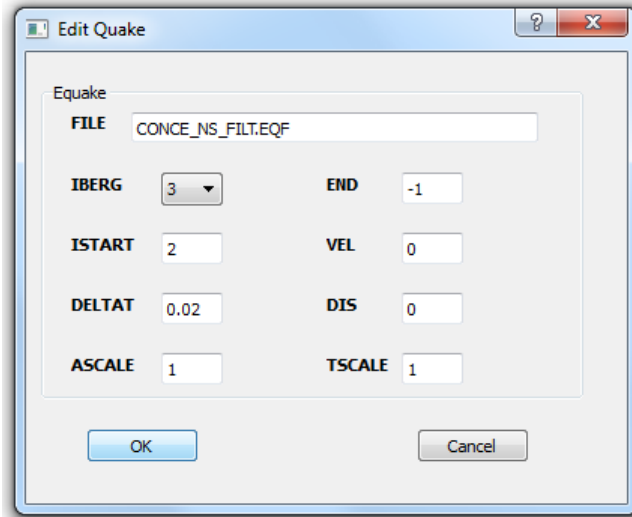


Figura 3.19: Edición de la excitación

3.14.2. Abrir proyecto

Para retomar o modificar un proyecto basta con ir a File->Open project ó presionar el botón que tiene como ícono una carpeta en la ventana principal de la interfaz y elegir el archivo extensión .gfr que se guardó en la sección 3.14.1.

3.15. Agregar más funcionalidades a la interfaz

Como se dijo anteriormente, la interfaz posee sólo un subconjunto de las funcionalidades que posee Ruaumoko2D, éstas fueron elegidas basándose en lo que es utilizado en la literatura.

3.15.1. Agregar nuevo tipo de miembro

En esta sección se mostrará como crear un nuevo tipo de miembro, para ésto, se usará como ejemplo el tipo de miembro MULTISPRING.

Primero se debe crear la interfaz con Qt Creator en *editmtydialog.ui* tal como se muestra en la figura 3.20.

Luego de crear todos los parámetros necesarios para el elemento que se quiere añadir, se tiene que hacer los métodos para crear, mostrar, editar dichos parámetros.

3.15.1.1. Método para crear arreglos

En la clase member en *member.h* se deben añadir los arreglos necesarios, en este caso fueron:

- `int *multispringA1;`

CAPÍTULO 3. CREACIÓN DE ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D MEDIANTE INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO

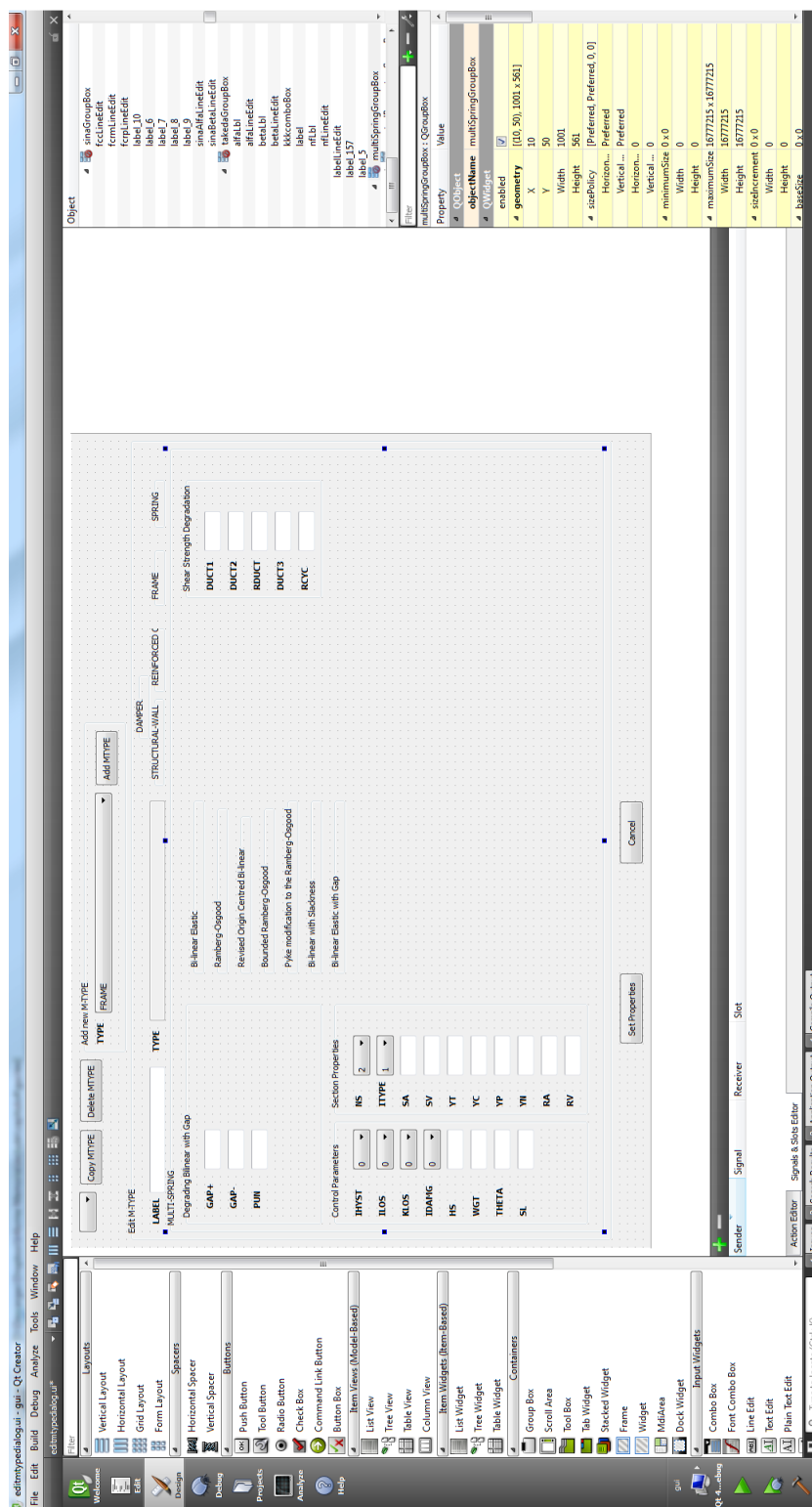


Figura 3.20: Qt Creator: Elemento MULTISPING.

CAPÍTULO 3. CREACIÓN DE ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D MEDIANTE INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO

- `double *multispringA2;`
- `int *multispringB1;`
- `double *multispringB2;`

En *member.cpp* se debe crear el método `create<NuevoTipo>`, en este caso `createMultispring()`, que asignará la memoria necesaria para los arreglos mencionados anteriormente.

Luego se tiene que crear el método para establecer valores iniciales para los arreglos creados anteriormente, en este caso `setMultiSpringNullProperties()`.

En el constructor de la clase *member* se deben llamar los métodos `createMultiSpring` y `setMultiSpringNullProperties` para asignar memoria y establecer valores por defecto de los arreglos necesarios del tipo de miembro recién creado.

3.15.1.2. Métodos para editar parámetros

En la clase *mtypedialog* en *mtypedialog.cpp* se deben crear los métodos para editar los parámetros. En este caso fueron:

- `void setMultispringA1();`
- `void setMultispringA2();`
- `void setMultispringB1();`
- `void setMultispringB2();`

En los métodos nombrados anteriormente se debe escribir el código para guardar el texto ingresado por el usuario a los arreglos correspondientes creados anteriormente.

En la clase *mtypedialog* en *mtypedialog.cpp* en el método `void on_okBtn_clicked()` se debe llamar a los cuatro métodos anteriores para establecer los valores de los parámetros que el usuario ingresó.

3.15.1.3. Métodos para mostrar parámetros

En la clase *mtypedialog* en *mtypedialog.cpp* se deben crear los métodos para mostrar los parámetros. En este caso fueron:

- `void showMultispringA1();`
- `void showMultispringA2();`
- `void showMultispringB1();`
- `void showMultispringB2();`
- `void showMultiSpringAll();`

En los cuatro primeros métodos recién listados se debe escribir el código para mostrar cada uno de los parámetros en la interfaz. En el último se debe escribir el código que llame a los cuatro primeros métodos para mostrar los parámetros.

CAPÍTULO 3. CREACIÓN DE ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D MEDIANTE INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO

3.15.1.4. Copiar datos

La interfaz posee la capacidad de copiar un tipo de miembro, para esto se deben copiar los arreglos recién creados en el método de creación por copia `Member(int id, const Member &Member)` en la clase `member` en *member.cpp*.

3.15.1.5. Liberar memoria asignada a los arreglos

Para liberar la memoria asignada a los arreglos del tipo de miembro que se creó, se tiene que crear un método para dicha tarea. En este caso fue `deleteMultiSpring()` en la clase `member` en *member.cpp*.

3.15.2. Agregar nueva ley de histéresis

Para crear una nueva ley de histéresis se debe seguir la misma lógica que para crear un tipo de miembro. Luego de crear una ley, se debe agregar dicha ley en el combobox de las leyes de histéresis de los elementos en los cuales es factible utilizar la ley recién creada.

Capítulo 4

Ejemplo Sencillo de Archivo de Texto de Ruaumoko2D

En el capítulo 3 se describió como ingresar cada uno de los parámetros mediante la interfaz gráfica de usuario.

En el presente capítulo se implementará un modelo de un sistema mixto de hormigón armado utilizando la interfaz gráfica de usuario. El modelo que se realizará es el que se muestra en la figura 4.1.

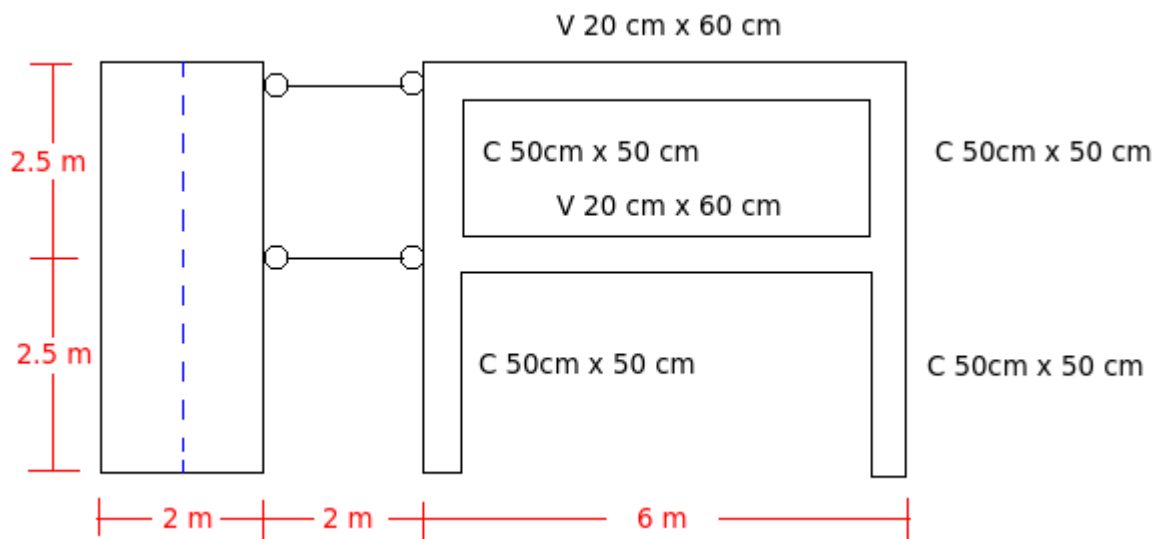


Figura 4.1: Modelo simple

Este modelo corresponde a una estructura de 2 pisos de 2.5 metros de altura cada uno, compuesto por un muro en voladizo ligado horizontalmente a un marco de hormigón armado a nivel de primer y segundo piso. Los elementos que componen dicha estructura se describen a continuación:

CAPÍTULO 4. EJEMPLO SENCILLO DE ARCHIVO DE TEXTO DE RUAUMOKO2D

- Columnas de sección transversal de 50 cms x 50 cms cada una, armadas con 8 fierros de 16 mms cada uno, ubicados en el perímetro de la columna, como se muestra en la figura 4.2.
- Vigas de sección transversal de 20 cms de ancho por 60 cms de alto, armadas con 2 barras de 16 mms en la parte superior e inferior, como se muestra en la figura 4.3.
- Muros de sección transversal de 20 cms de espesor y 2 mts de largo, armados con dos capas de barras de 10 mms distribuidas en el alma, separadas a 10 cm, ubicadas en ambas caras del muro (ver figura 4.4). Además se ubicaron 6 barras de 22 mms concentradas en cada borde, como se muestra en la figura 4.4.

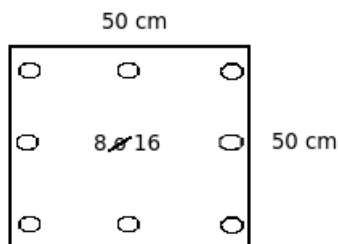


Figura 4.2: Columnas

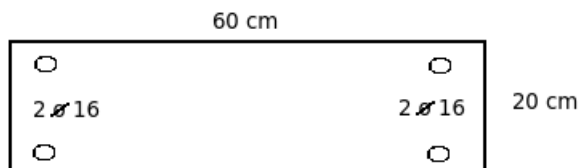


Figura 4.3: Vigas

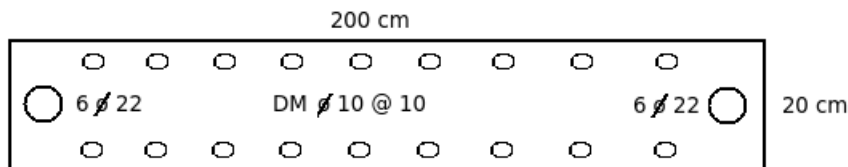


Figura 4.4: Muros

4.1. Parámetros de control del análisis, Parámetros estructurales, Parámetros de salida y ploteo, Parámetros de iteraciones y ondulaciones

En la creación del ejemplo se usaron los parámetros que se muestran en los cuadros 4.1 4.2 4.3 y 4.4 con el propósito de hacer un análisis de tiempo-historia inelástico. Dichos parámetros fueron escogidos basándose en los parámetros usados en [9].

Parámetro	Valor
IPANAL	2
IFMT	0
IPLAS	1
IPCONM	1
ICTYPE	2
IPVERT	0
INLGEO	0
IPNG	0
IZERO	0
OTHO	0
IMODE	0

Cuadro 4.1: Parámetros de control del análisis

Parámetro	Valor
M	2
MODE1	1
MODE2	2
GRAV	9.8
C1	2
C2	2
DT	0.005
TIME	125
FACTOR	1

Cuadro 4.2: Parámetros estructurales

Parámetro	Valor
KP	1
KPA	1
KPLOT	10
DFACT	10
XMAX	1
YMAX	0.5
NUP	2
IRESID	1
KDUMP	0

Cuadro 4.3: Intervalos de salida y parámetros de ploteo

CAPÍTULO 4. EJEMPLO SENCILLO DE ARCHIVO DE TEXTO DE RUAUMOKO2D

Parámetro	Valor
MAXIT	5
MAXCIT	5
FTEST	0.0001
WAVEX	0
WAVEY	0
TETHA	0
DXMAX	0
DYMAX	0
D	0
OMEGA	0
F	0

Cuadro 4.4: Control de iteración y velocidades de ondulación

4.2. Nodos

Para la creación de los nodos y la grilla de trabajo, se ingresaron las siguientes coordenadas:

- $X = \{0, 3, 9\}$
- $Y = \{0, 2.5, 5\}$

No se requirió editar la información de ningún nodo, ya que la interfaz automáticamente asigna $NF1 = NF2 = NF3 = 1$ en los nodos de la base y $NF1 = NF2 = NF3 = 0$ en los demás nodos, tal como se mencionó en 3.2.

4.3. Entrada de desplazamiento relativo de entrepisos

Se escogio $DRIFT = 1$ y se activó la opción de asignar los KUP1 automáticamente. Al asignar los KUP1 al nodo de la columna de referencia, los desplazamientos horizontales de los nodos a cada nivel de piso son asignados al nodo correspondiente a su piso de la columna de referencia.

4.4. Topología y geometría de los miembros

El modelo consta de columnas, vigas y muros. Ahora se verán en detalle cada uno de los parámetros que necesita Ruaumoko2D para cada elemento. Los tres elementos mencionados anteriormente se modelaron con el elemento FRAME de Ruaumoko2D. Se utilizó la ley de histéresis Takeda en los tres elementos con los parámetros estándar para las columnas, vigas y muros [10].

4.4.1. Columna

Los parámetros que se utilizaron para la columna son los que se muestran en los cuadros 4.5, 4.6, 4.7, 4.8 y 4.9.

CAPÍTULO 4. EJEMPLO SENCILLO DE ARCHIVO DE TEXTO DE RUAUMOKO2D

4.4.1.1. Propiedades básicas de la sección

Los parámetros que se muestran en el cuadro 4.5 se escogieron porque la sección es simétrica de hormigón armado y existe interacción entre la flexión y la carga axial. Se utilizó la ley Takeda, se asume que no hay degradación de la resistencia, no se pide calcular los índices de daños y las ductilidades se calculan en el punto balanceado.

Parámetro	Valor
ITYPE	2
IPIN	0
ICOND	0
IHYST	4
ILOS	0
IDAMG	0
ICOL	0
IGA	0
IDUCT	0

Cuadro 4.5: Propiedades básicas de la sección

4.4.1.2. Propiedades elásticas de la sección

- $E = 2350000 [\frac{Ton}{mts^2}]$
- $G = \frac{E}{2 \times (1 + \mu)} \approx 980000 [\frac{Ton}{mts^2}]$
- $A = AS = 0,5[mts] \times 0,5[mts] = 0,25[mts^2]$
- $I = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{0,5[mts] \times (0,5[mts])^3}{12} = 5,21 \times 10^{-3}[mts^4]$
- $W = 2,5 [\frac{Ton}{mts^3}] \times 0,5[mts] \times 0,5[mts] = 0,625 [\frac{Ton}{mts}]$

Parámetro	Valor
E	2350000
G	980000
A	0.25
AS	0.25
I	5.21e-3
WGT	0.625
END1	0
END2	0
FJ1	0
FJ2	0

Cuadro 4.6: Propiedades elásticas de la sección

4.4.1.3. Factores bilineales del miembro y propiedades de la rótula plástica

En elementos de plasticidad concentrada tipo Frame se especifica la rigidez post fluencia en flexión pura (RF) y en la dirección axial pura (RA) (Ramberg-Osgood r factors) (ver cuadro 4.7.

CAPÍTULO 4. EJEMPLO SENCILLO DE ARCHIVO DE TEXTO DE RUAUMOKO2D

En este caso, el factor RA no influye en los resultados, ya que los elementos estructurales están sometidos a bajos niveles de carga axial. El factor RF se obtiene de un diagrama momento curvatura para una carga axial dada, como se presenta más adelante. En este caso se asume que un 1 % de la rigidez inicial del elemento permanece efectiva después de alcanzada la fluencia.

Los parámetros H1 y H2 (ver cuadro 4.7) corresponden al largo de la rótula plástica en el extremo inicial y final del elemento respectivamente. Este largo es aquel donde se concentra toda la inelasticidad (plasticidad) en el elemento estructural. En este caso se asumió un largo de la rótula plástica igual a la mitad de la altura de la sección en vigas y columnas y la mitad del largo del muro.

Parámetro	Valor
RA	1
RF	0.01
H1	0.25
H2	0.25

Cuadro 4.7: Factores bilineales del miembro y propiedades de la rótula plástica

4.4.1.4. Superficie de fluencia

Con las propiedades de la columna utilizando el programa BIAx96 [11] se obtuvo el diagrama de interacción que se muestra en la figura 4.5 de color negro. Luego utilizando Microsoft Excel se obtuvo el ajuste del diagrama de interacción que se muestra en la figura 4.5 de color rojo para obtener los datos que requiere Ruaumoko2D, dichos datos son los que se muestran en el cuadro 4.8.

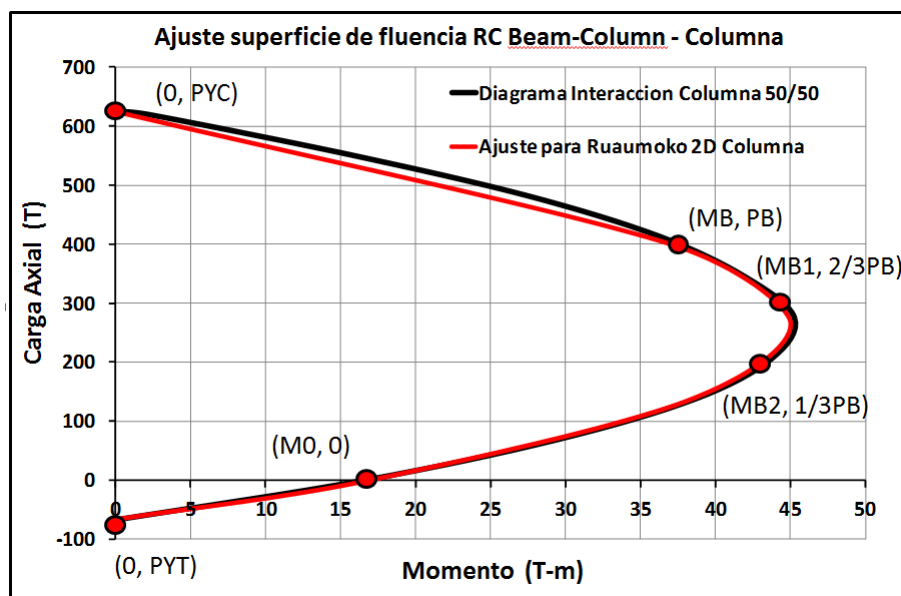


Figura 4.5: Diagrama de interacción de la columna

CAPÍTULO 4. EJEMPLO SENCILLO DE ARCHIVO DE TEXTO DE RUAUMOKO2D

Parámetro	Valor
PYC	-625
PB	-400
MB	37
M1B	45
M2B	38
M0	17
PYT	67
IEND	0

Cuadro 4.8: Superficie de fluencia para la viga-columna de hormigón

4.4.1.5. Parámetros de la ley de histéresis

Se utilizó la ley de histéresis Takeda con los valores de ALFA y BETA que se recomiendan en [10] para una columna. Dichos valores son los que se muestran en el cuadro 4.9.

Parámetro	Valor
ALFA	0.5
BETA	0
NF	1
KKK	2

Cuadro 4.9: Parámetros de la ley Takeda para una columna

4.4.2. Muro

Los parámetros que se utilizaron para el muro son los que se muestran en los cuadros 4.10, 4.11, 4.12, 4.13 y 4.14.

4.4.2.1. Propiedades básicas de la sección

Al igual que en la columna, los parámetros que se muestran en el cuadro 4.10 se escogieron porque la sección es simétrica de hormigón armado y existe interacción entre la flexión y la carga axial. Se utilizó la ley Takeda, se asume que no hay degradación de la resistencia, no se pide calcular los índices de daños y las ductilidades se calculan en el punto balanceado.

Parámetro	Valor
ITYPE	2
IPIN	0
ICOND	0
IHYST	4
ILOS	0
IDAMG	0
ICOL	0
IGA	0
IDUCT	0

Cuadro 4.10: Propiedades básicas de la sección

CAPÍTULO 4. EJEMPLO SENCILLO DE ARCHIVO DE TEXTO DE RUAUMOKO2D

4.4.2.2. Propiedades elásticas de la sección

- $E = 2350000 [\frac{Ton}{mts^2}]$
- $G = \frac{E}{2 \times (1 + \mu)} \approx 980000 [\frac{Ton}{mts^2}]$
- $A = AS = 0,2 [mts] \times 2 [mts] = 0,4 [mts^2]$
- $I = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{0,2 [mts] \times (2 [mts])^3}{12} = 0,13 [mts^4]$
- $W = 2,5 [\frac{Ton}{mts^3}] \times 0,2 [mts] \times 2 [mts] = 1 [\frac{Ton}{mts}]$

Parámetro	Valor
E	2350000
G	980000
A	0.4
AS	0.4
I	0.13
WGT	1
END1	0
END2	0
FJ1	0
FJ2	0

Cuadro 4.11: Propiedades elásticas de la sección

4.4.2.3. Factores bilineales del miembro y propiedades de la rótula plástica

En elementos tipo de plasticidad concentrada tipo Frame se especifica la rigidez post fluencia en flexión pura (RF) y en la dirección axial pura (RA) (Ramberg-Osgood r factors) (ver cuadro 4.12). En este caso, el factor RA no influye en los resultados, ya que los elementos estructurales están sometidos a bajos niveles de carga axial. El factor RF se obtiene de un diagrama momento curvatura para una carga axial dada, como se presenta más adelante. En este caso se asume que un 1 % de la rigidez inicial del elemento permanece efectiva después de alcanzada la fluencia.

Los parámetros H1 y H2 (ver cuadro 4.12) corresponden al largo de la rótula plástica en el extremo inicial y final del elemento respectivamente. Este largo es aquel donde se concentra toda la inelasticidad (plasticidad) en el elemento estructural. En este caso se asumió un largo de la rótula plástica igual a la mitad de la altura de la sección en vigas y columnas y la mitad del largo del muro.

Parámetro	Valor
RA	1
RF	0.01
H1	1
H2	1

Cuadro 4.12: Factores bilineales del miembro y propiedades de la rótula plástica

CAPÍTULO 4. EJEMPLO SENCILLO DE ARCHIVO DE TEXTO DE RUAUMOKO2D

4.4.2.4. Superficie de fluencia

Con las propiedades del muro utilizando el programa BIAX96 [11] se obtuvo el diagrama de interacción que se muestra en la figura 4.6 de color negro. Luego utilizando Microsoft Excel se obtuvo el ajuste del diagrama de interacción que se muestra en la figura 4.6 de color rojo para obtener los datos que requiere Ruaumoko2D, dichos datos son los que se muestran en el cuadro 4.13.

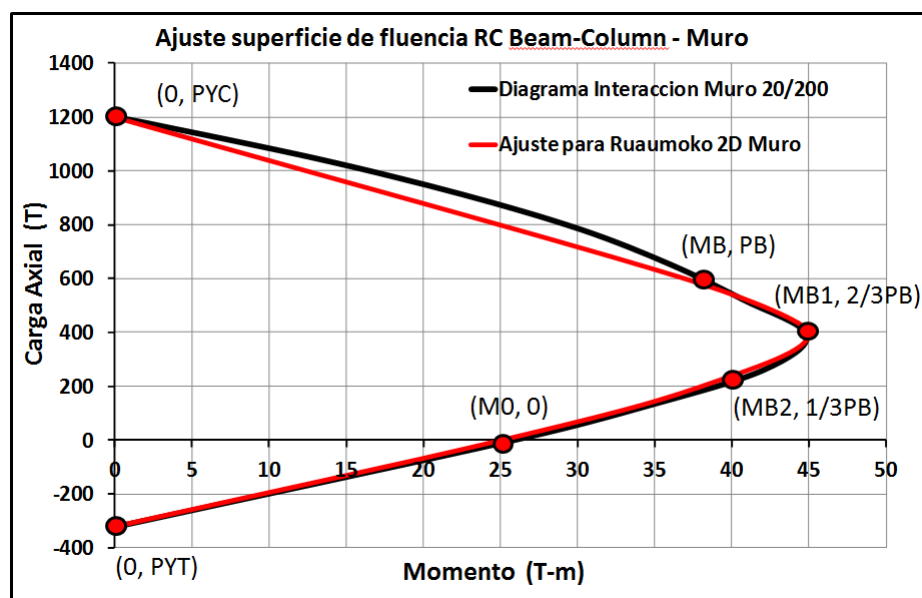


Figura 4.6: Diagrama de interacción del muro

Parámetro	Valor
PYC	-1200
PB	-600
MB	35
M1B	40
M2B	35
M0	23
PYT	320
IEND	0

Cuadro 4.13: Superficie de fluencia para la viga-columna de hormigón

4.4.2.5. Parámetros de la ley de histéresis

Se utilizó la ley de histéresis Takeda con los valores de ALFA y BETA que se recomiendan en [10] para un muro. Dichos valores son los que se muestran en el cuadro 4.14.

CAPÍTULO 4. EJEMPLO SENCILLO DE ARCHIVO DE TEXTO DE RUAUMOKO2D

Parámetro	Valor
ALFA	0.5
BETA	0
NF	1
KKK	2

Cuadro 4.14: Parámetros de la ley Takeda para un muro

4.4.3. Viga

Los parámetros que se utilizaron para la viga son los que se muestran en los cuadros 4.15, 4.16, 4.17, 4.18 y 4.19.

4.4.3.1. Propiedades básicas de la sección

Los parámetros que se muestran en el cuadro 4.15 se escogieron porque el elemento está sometido sólo a flexión, es decir no hay interacción con la carga axial. Se utilizó la ley Takeda, se asume que no hay degradación de la resistencia, no se pide calcular los índices de daños y las ductilidades se calculan en el punto balanceado.

Parámetro	Valor
ITYPE	1
IPIN	0
ICOND	0
IHYST	4
ILOS	0
IDAMG	0
ICOL	0
IGA	0
IDUCT	0

Cuadro 4.15: Propiedades básicas de la sección

4.4.3.2. Propiedades elásticas de la sección

- $E = 2350000 [\frac{Ton}{mts^2}]$
- $G = \frac{E}{2 \times (1 + \mu)} \approx 980000 [\frac{Ton}{mts^2}]$
- $A = AS = 0,2[mts] \times 0,6[mts] = 0,12[mts^2]$
- $I = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{0,2[mts] \times (0,6[mts])^3}{12} = 3,6 \times 10^{-3}[mts^4]$
- $W = 2,5 [\frac{Ton}{mts^3}] \times 0,2[mts] \times 0,6[mts] = 0,3 [\frac{Ton}{mts}]$

Se ha calculado la inercia elástica (no agrietada). En el caso del hormigón armado es el valor agrietado el que se debe usar, por lo que se usará un 50 % del valor elástico.

Como la viga va empotrada en las columnas, el cacho rígido en ambos extremos de la viga es de la mitad del ancho de cada columna, es decir $END1 = END2 = 0.25$.

CAPÍTULO 4. EJEMPLO SENCILLO DE ARCHIVO DE TEXTO DE RUAUMOKO2D

Parámetro	Valor
E	2350000
G	980000
A	0.12
AS	0.12
I	1.8e-3
WGT	0.3
END1	0.25
END2	0.25
FJ1	0
FJ2	0

Cuadro 4.16: Propiedades elásticas de la sección

4.4.3.3. Factores bilineales del miembro y propiedades de la rótula plástica

En elementos tipo de plasticidad concentrada tipo Frame se especifica la rigidez post fluencia en flexión pura (RF) y en la dirección axial pura (RA) (Ramberg-Osgood r factors) (ver cuadro 4.17). En este caso, el factor RA no influye en los resultados, ya que los elementos estructurales están sometidos a bajos niveles de carga axial. El factor RF se obtiene de un diagrama momento curvatura para una carga axial dada, como se presenta más adelante. En este caso se asume que un 1 % de la rigidez inicial del elemento permanece efectiva después de alcanzada la fluencia.

Los parámetros H1 y H2 (ver cuadro 4.17) corresponden al largo de la rótula plástica en el extremo inicial y final del elemento respectivamente. Este largo es aquel donde se concentra toda la inelasticidad (plasticidad) en el elemento estructural. En este caso se asumió un largo de la rótula plástica igual a la mitad de la altura de la sección en vigas y columnas y la mitad del largo del muro.

Parámetro	Valor
RA	1
RF	0.01
H1	0.3
H2	0.3

Cuadro 4.17: Factores bilineales del miembro y propiedades de la rótula plástica

4.4.3.4. Condiciones de fluencia

Con las propiedades de la viga utilizando el programa BIA96 [11] se obtuvo el diagrama de interacción que se muestra en la figura 4.7 de color negro. Luego utilizando Microsoft Excel se obtuvo el ajuste del diagrama de interacción que se muestra en la figura 4.7 de color rojo para obtener los datos que requiere Ruaumoko2D, los que se muestran en el cuadro 4.18.

4.4.3.5. Parámetros de la ley de histéresis

Se utilizó la ley de histéresis Takeda con los valores de ALFA y BETA que se recomiendan en [10] para una viga. Dichos valores son los que se muestran en el cuadro 4.19.

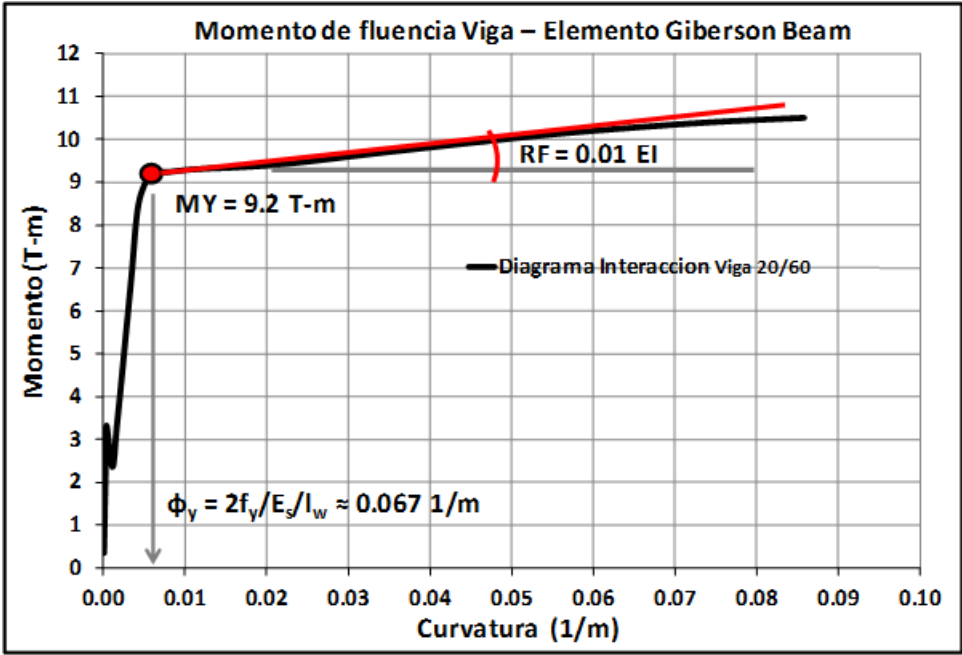


Figura 4.7: Diagrama de interacción de la viga

Parámetro	Valor
PYT	34
PYC	531
MY1+	9.2
MY1-	-9.2
MY2+	9.2
MY2-	-9.2

Cuadro 4.18: Condiciones de fluencia de la viga

Parámetro	Valor
ALFA	0.3
BETA	0.6
NF	1
KKK	2

Cuadro 4.19: Parámetros de la ley Takeda para una viga

4.5. Pesos concentrados a nivel de piso

Los pesos ubicados a nivel de piso, referido a los nodos de la columna de referencia que se introdujo en 4.3 son los que se muestran en el cuadro 4.20. Los datos se ingresan en unidades de peso las cuales son internamente transformadas por Ruaumoko2D a unidades de masa.

Cabe destacar que los pesos en los demás nodos son 0 en los 3 componentes.

CAPÍTULO 4. EJEMPLO SENCILLO DE ARCHIVO DE TEXTO DE RUAUMOKO2D

Id Nodo	WX	WY	WM
4	100	0	0
7	100	0	0

Cuadro 4.20: Pesos concentrados en los nodos

4.6. Cargas externas estáticas en los nodos

Las cargas en los nodos corresponden a cargas gravitacionales que se asume que provienen de las losas que descansan en los elementos verticales, así como el peso de los propios elementos. Las cargas aplicadas en muros y columnas son las que se muestran en el cuadro 4.21.

Id Nodo	FX	FY	FM
4	0	-50	0
5	0	-25	0
6	0	-25	0
7	0	-50	0
8	0	-25	0
9	0	-25	0

Cuadro 4.21: Cargas externas estáticas en los nodos

Cabe destacar que las cargas en los demás nodos son 0 en los 3 componentes.

4.7. Parámetros de la excitación

Los parámetros de la excitación son los que se muestran en el cuadro 4.22. Dichos parámetros fueron escogidos basándose en los parámetros de [9] con un registro de aceleraciones obtenido durante el terremoto de 2010 en Chile.

Parámetro	Valor
IBERG	3
ISTART	2
DELTAT	0.02
ASCALE	1
END	-1
VEL	0
DIS	0
TSCALE	1

Cuadro 4.22: Parámetros de la excitación

CAPÍTULO 4. EJEMPLO SENCILLO DE ARCHIVO DE TEXTO DE RUAUMOKO2D

4.8. Resultado

Luego de ingresar los parámetros recién descritos el resultado mediante la interfaz gráfica es el siguiente archivo de texto.

```
Project by Gui for Ruaumoko2D
2 0 1 1 2 0 0 0 0 0 ! principal analysis options
9 8 3 2 1 2 9.8 2 2 0.005 125 1 ! frame control parameters
1 1 10 0 1 10 1 0.5 3 2 1 0 ! output intervals and plotting control parameters
5 5 0.0001 0 0 0 0 0 0 0 0 ! iteration control and wave velocities

NODES 0
1 0 0 1 1 1 0 0 0 0
2 3 0 1 1 1 1 0 0 0
3 9 0 1 1 1 1 0 0 0
4 0 2.5 0 0 0 0 0 0 0
5 3 2.5 0 0 0 4 0 0 0
6 9 2.5 0 0 0 4 0 0 0
7 0 5 0 0 0 0 0 0 0
8 3 5 0 0 0 7 0 0 0
9 9 5 0 0 0 7 0 0 0

DRIFT A
1 4 7

ELEMENTS 0
1 1 1 4 0 0 0
2 1 4 7 0 0 0
3 3 8 9 0 0 0
4 3 5 6 0 0 0
5 2 2 5 0 0 0
6 2 5 8 0 0 0
7 2 3 6 0 0 0
8 2 6 9 0 0 0

PROPS
1 FRAME MURO
2 0 0 4 0 0 0 0 0 ! basic section properties
2.35e+06 980000 0.4 0.4 0.13 1 0 0 0 0 ! elastic section properties
1 0.01 1 1 ! member bi-linear factors and hinge properties
-1200 -600 35 40 35 23 320 0 ! concrete beam-column yield surface at end 1 of member
0.5 0 1 2 ! modified takeda degrading stiffness hysteresis

2 FRAME COLUMNA
2 0 0 4 0 0 0 0 0 ! basic section properties
2.35e+06 980000 0.25 0.25 0.00521 0.625 0 0 0 0 ! elastic section properties
1 0.01 0.25 0.25 ! member bi-linear factors and hinge properties
-625 -400 37 45 38 17 67 0 ! concrete beam-column yield surface at end 1 of member
0.5 0 1 2 ! modified takeda degrading stiffness hysteresis

3 FRAME VIGA
```

CAPÍTULO 4. EJEMPLO SENCILLO DE ARCHIVO DE TEXTO DE RUAUMOKO2D

```
1 0 0 4 0 0 0 0 0 ! basic section properties
2.35e+06 980000 0.12 0.12 0.0018 0.3 0.25 0.25 0 0 ! elastic section properties
1 0.01 0.3 0.3 ! member bi-linear factors and hinge properties
34 531 9.2 -9.2 9.2 -9.2 ! beam yield conditions
0.3 0.6 1 2 ! modified takeda degrading stiffness hysteresis
```

WEIGHTS

```
1 0 0 0
2 0 0 0
3 0 0 0
4 100 0 0
5 0 0 0
6 0 0 0
7 100 0 0
8 0 0 0
9 0 0 0
```

LOADS

```
1 0 0 0
2 0 0 0
3 0 0 0
4 0 -50 0
5 0 -25 0
6 0 -25 0
7 0 -50 0
8 0 -25 0
9 0 -25 0
```

EQUAKE CONCE_NS_FILT.EQF

```
3 2 0.02 1 -1 0 0 1
```

Conclusiones

Se ha creado una interfaz gráfica de usuario para el programa de análisis estructural Ruaumoko2D. Dicha interfaz ayuda al usuario a ingresar los datos de una forma más amigable, intuitiva, segura, rápida, sencilla y además disminuye la probabilidad de cometer errores en dicha tarea.

Mediante la interfaz gráfica de usuario presentada se mejora considerablemente la facilidad de uso del programa Ruaumoko2D. Con esto se agrega valor al programa, ya que resuelve la problemática de ingresar los datos mediante un archivo de texto plano.

Además con la interfaz gráfica de usuario se puede ver previamente la geometría de la estructura, lo que facilita al usuario a ver si está correcta antes de pasarle el archivo al programa Ruaumoko2D, también la interfaz ordena los nodos desde la base de izquierda a derecha en orden creciente lo que ayuda al usuario para posibles futuras ediciones con o sin la interfaz gráfica.

La interfaz genera el archivo de entrada de Ruaumoko2D lo que deja la posibilidad de modificarlo para agregar tipos de miembros o leyes de histéresis que la interfaz no soporta.

Se utilizó la biblioteca Qt para el desarrollo de la interfaz, la cual se tuvo que estudiar antes de comenzar a desarrollar la interfaz gráfica de usuario de la presente memoria.

Se describió detalladamente como usar la interfaz para ingresar cada uno de los parámetros requeridos por Ruaumoko2D, esto ayudará a los usuarios antiguos y nuevos familiarizarse con la interfaz gráfica a la hora de ingresar los datos al programa Ruaumoko2D.

Se dejó documentado como añadir más funcionalidades a la interfaz, ya sea agregando un nuevo tipo de miembro o una ley de histéresis, con el fin de hacer más rápida la creación de nuevas características.

Se hizo un modelo sencillo utilizando la interfaz para introducir al usuario a la interfaz y al programa Ruaumoko2D con un modelo real.

Se incluyeron en la interfaz los tipos de miembros: FRAME, SPRING, STRUCTURAL-WALL, DAMPER, MULTI-SPRING y REINFORCED CONCRETE PLASTIC-HINGE SPRING.

Se incluyeron en la interfaz las leyes de histéresis: Lineal elástica, Elasto plástica, Inelástica bilineal, Ramberg-Osgood, Takeda modificada, Bilineal con inactividad, SINA trilineal degradante, Bilineal elástica, Elástica no lineal, Elástica degradante, Pico orientada, SINA modificada, Bilineal

modificada, Albañilería puntual, Hiperbólica, Degradante bilineal con desfase, Bilineal de origen centrado revisado, Acero Dodd-Restrepo, Ramberg-Osgood limitada, Ramberg-Osgood con modificación Pyke, Acero Dhakal, Restablecer origen, Hormigón Briang Peng, SINA trilineal degradante modificada, Takeda trilineal degradante revisada, Ramberg-Osgood con Alpha y Bilineal elástica con desfase.

Bibliografía

- [1] Ralli. A y Galiotou. E. A prototype for a computational analysis of Modern Greek compounds. *Asymmetry Conference, Universite de Quebec, a Montreal.*, 2001.
- [2] Carroll. J.M. Making Use: Scenario-Based Design of Human-Computer Interactions. *San Francisco, Morgan Kaufmann Publishers.*, 2002.
- [3] Hartson. H.R. Human-computer interaction: Interdisciplinary roots and trends. *The Journal of Systems and Software*, vol 43., pages 103–118, 1998.
- [4] Carr. A. <http://www.ruaumoko.co.nz>.
- [5] Digia. <http://qt-project.org/>.
- [6] Computers & Structures. Inc. <http://www.csiberkeley.com/etabs>.
- [7] Computers & Structures. Inc. <http://www.csiberkeley.com/sap2000>.
- [8] Stroustrup. B. <http://www.cplusplus.com>. *Texas A&M University, College Station, Texas, United States*, 1979.
- [9] Quintana Gallo. P. Evaluación analítica del daño en un edificio de hormigón armado. *Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile*, 2008.
- [10] Priestley. Calvi. Kowalsky. Displacement-Based Seismic Design of Structures. 2007.
- [11] Wallace. John W. y Ibrahim. Yasser A. BIAX FOR MS WINDOWS. Strength Analysis of Reinforced Concrete Sections. *University of California, Los Angeles, Estados Unidos.*, 1996.
- [12] Carr. A. Volume 2: User manual for the 2-dimensional version, Ruaumoko2D. *Universidad de Canterbury, Christchurch, Nueva Zelanda*, 2008.
- [13] Carr. A. Volume 5: Appendices, Ruaumoko2D. *Universidad de Canterbury, Christchurch, Nueva Zelanda*, 2008.

Apéndice A

Descripción Detallada del Archivo de Texto de Entrada de Ruaumoko2D

En el presente apéndice se describirá el archivo de texto de entrada para el programa Ruaumoko2D que se explica en el manual [12] y los apéndices [13] de dicho programa . Primero se hará una descripción general del archivo, para luego definir cada uno de los parámetros que el usuario deberá ingresar.

Cabe destacar que sólo se describirá lo que está implementado en la interfaz hasta ahora, ya que se tomó un subconjunto de las funcionalidades del programa Ruaumoko2D.

Descripción general de un archivo de entrada.

1. Título del análisis (una línea).
2. Parámetros de control del análisis (una línea).
3. Parámetros estructurales (una línea).
4. Parámetros de salida y ploteo (una línea).
5. Parámetros de iteraciones y ondulaciones (una línea).
6. NODES (una línea)
Esto es seguido de una línea por cada nodo dando las coordenadas, parámetros de condición de borde, parámetros de desplazamientos y los parámetros de salida.
7. DRIFT (una línea)
Esto es seguido por la lista de nodos, uno por nivel, partiendo de la base. Es usado para determinar el desplazamiento relativo de entrepiso.
8. ELEMENTS (una línea)
Esto es seguido de una línea por cada miembro en la estructura dando el número de sus propiedades, los cuatro nodos que definen su ubicación y los parámetros de salida.

APÉNDICE A. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D

9. PROPS (una línea).

Esto es seguido de una línea por cada sección definida junto con sus propiedades.

10. WEIGHTS (una línea).

Esto es seguido de una línea por cada nodo que tiene un punto especificado dado el peso para la matriz de masas.

11. LOADS (una línea).

Esto es seguido de una línea por cada nodo que tiene una carga estática aplicada al mismo.

12. SHAPE (una línea).

Esta línea sólo se aplica a las historias de carga dinámica y no a los análisis del terremoto.

13. EQUAKE (una línea).

Esto es seguido de una línea con los parámetros para el acelerograma o la historia de cargas, aunque en la mayoría de los casos el acelerograma se lee desde un archivo separado.

APÉNDICE A. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D

A.1. Título del análisis

Descripción de la estructura

A.2. Parámetros de control del análisis

IPANAL IFMT IPLAS IPCONM ICTYPE IPVERT INLGeo IPNF IZERO ORTHO IMODE

IPANAL	= 0;	Análisis estático.
	= 1;	Análisis estático (con iteración para el comportamiento inelástico) y modal.
	= 2;	Tiempo-historia dinámico usando constante de Newmark.
	= 3;	Tiempo-historia dinámico usando método de diferencias central.
	= 4;	Como IPANAL = 2 (ver notas).
	= 5;	Como IPANAL = 3 (ver notas).
	= 6;	Push-over adaptado.
	= 7;	Push-over cíclico adaptado.
	= 8;	Múltiples entradas de historias de desplazamiento de tierra.
	= 9;	Como IPANAL = 8 (ver notas).
IFMT	= 0;	Archivo post-procesador binario con extensión .RES.
	= 1;	Archivo post-procesador binario ASCII con extensión .RAS.
IPLAS	= 0;	Análisis tiempo-historia elástico.
	= 1;	Análisis tiempo-historia inelástico.
IPCONM	= 0;	Matriz concentrada de masa usada en el tiempo-historia.
	= 1;	Matriz diagonal de masa usada en el tiempo-historia.
	= 2;	Matriz consistente de masa usada en el tiempo-historia.
ICTYPE	= 0;	Rigidez inicial de amortiguamiento de Rayleigh.
	= 1;	Rigidez tangente de amortiguamiento de Rayleigh.
	= 2;	Variación lineal de amortiguamiento con frecuencias elásticas naturales.
	= 3;	Variación tri-lineal de amortiguamiento con frecuencias elásticas naturales.
	= 4;	Modo de amortiguamiento especificado por el usuario.
	= 5;	Amortiguamiento de Rayleigh específico del material.
	= 6;	Amortiguamiento de Rayleigh con matriz de amortiguamiento tangente como matriz de amortiguamiento secante.
	= 7;	Material Rayleigh con matriz de amortiguamiento tangente como matriz de amortiguamiento secante.
IPVERT	= 0;	Sólo dirección X en el terremoto.
	= 1;	Sólo dirección Y en el terremoto.
	= 2;	Ambas dirección X e Y en el terremoto.
	= -n;	Número de componentes de las historias de carga dinámica.
	= n;	Número de historias de desplazamiento (sólo si IPANAL = 8 ó 9).

APÉNDICE A. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D

INLGeo	= 0;	Análisis de desplazamiento pequeño.
	= 1;	Análisis de desplazamiento grande.
	= 2;	Efectos P-delta incluidos (después del análisis estático las rigideces son modificadas y INLGeo es reseteado a 0).
IPNF	= 0;	El análisis modal se lleva a cabo después del análisis elástico.
	= 1;	Las frecuencias naturales y formas modales no se calculan.
	= 2;	El análisis modal se lleva a cabo antes del análisis elástico.
IZERO	= 0;	Todas las salidas cero son omitidas.
	= 1;	Todas las salidas se imprimen.
ORTHO	= 0;	El chequeo del modo para dar forma a la ortogonalidad no es llevado a cabo.
	= 1;	El chequeo del modo para dar forma a la ortogonalidad se imprime.
IMODE	= 0;	Se usa el algoritmo QR Householder.
	= 1;	Se usa el algoritmo Jacobi.
	= 2;	Se usa el algoritmo de iteración sub-espacio.

Notas: Si $IPANAL > 0$, entonces se lleva a cabo un análisis estático, si las cargas estáticas se especifican. El análisis modal se realiza a menos que sea suprimido, o el orden de las operaciones se invierte por la variable $IPNF$.

Si $IPANAL = 1, 2, 3, 4$ ó 5 $IPVERT = 0, 1, 2$ ó > -100 .
Si $IPANAL = 6$ ó 7 $IPVERT = -1$.
Si $IPANAL = 8$ ó 9 $IPVERT < 100$.
Si $IPANAL = 10$ $IPVERT = 0, 1$ ó 2 .

Para $IPANAL = 4, 5$. Los grados de libertad para la entrada de las ondas viajeras son tratados como fijos para los análisis estático y modal.

Para $IPANAL = 9$ Los grados de libertad para la entrada de los grados de desplazamientos de libertad nodales son fijos para los análisis estático y modal.

A.3. Parámetros estructurales

NNP NMEM NTYPE M MODE1 MODE2 GRAV C1 C2 DT TIME FACTOR

NNP	Número de nodos en la estructura.
NMEM	Número de miembros en la estructura.
NTYPE	Número de secciones transversales diferentes en la tabla de secciones.
M	Número de modos o formas necesarios para ser impresos en el análisis modal.
MODE1	El número de modo al que se aplica el primer factor de amortiguamiento.
MODE2	El número de modo al que se aplica el segundo factor de amortiguamiento.
GRAV	Aceleración de gravedad.
C1	El porcentaje de amortiguamiento crítico en el modo MODE1.
C2	El porcentaje de amortiguamiento crítico en el modo MODE2.
DT	Algoritmo de valor propio QR Householder es usado.
TIME	Longitud del tiempo-historia para ser ejecutado (intervalo de tiempo en segundos).
FACTOR	Factor de escala aplicado a la entrada de tiempo-historia.

APÉNDICE A. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D

A.4. Intervalos de salida y parámetros de ploteo

KP KPA KPLOT JOUT DSTORT DFACT XMAX YMAX NLEVEL NUP IRESID KDUMP

KP	= 0;	Salida tiempo-historia suprimida.
	= k;	Salida tiempo-historia cada k intervalos de tiempo.
KPA	= 0;	Salida de post-procesador DYNAPLOT suprimida.
	= k;	Salida de post-procesador DYNAPLOT cada k intervalos de tiempo.
KPLOT	= 0;	Rótulas plásticas ploteadas en cada cambio de estado.
	= k;	Rótulas plásticas ploteadas cada k intervalos de tiempo.
JOUT		No se usa, reemplazado por 0.
DSTORT		No se usa, reemplazado por 1.0.
DFACT		Factor de desplazamiento de escala para los gráficos en pantalla.
XMAX		Máximo desplazamiento en X para los gráficos en pantalla.
YMAX		Máximo desplazamiento en Y para los gráficos en pantalla.
NLEVEL		Número de niveles para calcular los desplazamientos relativos de entrepisos.
		Si NLEVEL < 2 entonces los desplazamientos relativos de entrepisos no se imprimen.
NUP		Ejes verticales para los desplazamientos relativos de entrepisos.
IRESID	= 1;	Salida de desplazamientos y fuerzas residuales al final del tiempo-historia son impresos.
	= 0;	Salida de desplazamientos y fuerzas residuales no se imprimen.
KDUMP	= 0;	Salida de matrices de masa y rigidez son suprimidas.
	= k;	Salida de matrices de masa y rigidez son impresas cada k intervalos de tiempo.

A.5. Control de iteración y velocidades de ondulación

MAXIT MAXCIT FTEST WAVEX WAVEY THETA DXMAX DYMAX D OMEGA F

MAXIT		Número máximo de ciclos de la iteración Newton-Raphson por intervalo de tiempo. Si MAXIT = 0 no hay iteración.
MAXCIT		Número máximo de ciclos de la etapa de iteración/solución para modelos de amortiguamiento.
FTEST		Norma del vector de la fuerza fuera de equilibrio con respecto al vector de la fuerza incremental para la iteración Newton-Raphson o de amortiguación.
WAVEX		Velocidad de la onda de propagación en dirección X. (Si WAVEX = 0 es tomado como infinito)
WAVEY		Velocidad de la onda de propagación en dirección Y. (Si WAVEY = 0 es tomado como infinito)
TETHA		Ángulo del terremoto entre X e Y.
DXMAX		Desplazamiento X para terminar el análisis.
DYMAX		Desplazamiento Y para terminar el análisis.
D		Factor de dispersión de onda. (0.0 implica que no hay dispersión) (1.0 dispersión máxima) (100.0 dispersión mínima)
OMEGA		Frecuencia característica del terremoto en (radianes/segundos) usada para la dispersión.
F		Factor de escala de la dispersión.

APÉNDICE A. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D

Parámetros modales de amortiguamiento especificados por el usuario (sólo si ICTYPE = 4 en A.2)

MODE1 DAMP1 MODE2 DAMP2 ... MODEn DAMPn

MODEi Número de modo (id). Debe ser en orden ascendente.

DAMPi Porcentaje de amortiguamiento crítico para el MODEi.

A.6. Control de salida del Tiempo-historia

El control de salida durante la integración del tiempo-historia está bajo el control de los parámetros KP y KPA que se describieron en la sección A.4. Si el parámetro KP = J y es distinto de cero, entonces los resultados son escritos en el archivo de salida, cada J intervalos de tiempo partiendo del paso 0. De igual manera, si KPA = I y es distinto de cero, entonces los resultados del post-procesamiento escritos en el archivo DYNAPLOT son escritos cada I intervalos de tiempo partiendo del paso 0.

El control de salida de los nodos y miembros viene determinado por el parámetro IOUT, asociado con cada nodo o miembro:

- IOUT = 0; Los resultados son enviados al archivo de salida y al archivo DYNAPLOT.
- = 1; Sólo serán escritos en el archivo DYNAPLOT.
- = 2; Sólo serán escritos en el archivo de salida.
- = 3; No serán escritos.

Los valores por defecto de IOUT son escritos en las líneas con las palabras NODES y ELEMENTS en las secciones A.7 y A.9 respectivamente. Esos valores serán aplicados a todos los nodos y miembros a menos que sean sobrescritos por un nuevo valor en la información de cada nodo o miembro.

APÉNDICE A. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D

A.7. Nodos

Escribir una línea con la palabra NODES y el IOUT que es el parámetro de salida descrito en A.6.

NODES IOUT

Luego escribir una línea por nodo con los siguientes parámetros.

N X(N) Y(N) NF1 NF2 NF3 KUP1 KUP2 KUP3 IOUT

N		Número del nodo (id).
X(N)		Coordenada X.
Y(N)		Coordenada Y.
NF1	= 0;	Desplazamiento en X sin restricciones.
	= 1;	Desplazamiento en X es cero.
NF2	= 0;	Desplazamiento en Y sin restricciones.
	= 1;	Desplazamiento en Y es cero.
NF3	= 0;	Rotación en Z sin restricciones.
	= 1;	Rotación en Z es cero.
KUP1	= 0;	No hay acoplamiento en el desplazamiento en X.
	= J;	El desplazamiento en X es acoplado al nodo J. (Sólo si NF1 = 0)
	= -1;	Nodo de apoyo para la onda viajera en X.
	= -k;	Desplazamiento k a este grado de libertad. (Sólo si IPANAL = 8 ó 9 en A.2)
KUP2	= 0;	No hay acoplamiento en el desplazamiento en Y.
	= J;	El desplazamiento en Y es acoplado al nodo J. Sólo si NF2 = 0
	= -1;	Nodo de apoyo para la onda viajera en Y.
	= -k;	Desplazamiento k a este grado de libertad. (Sólo si IPANAL = 8 ó 9 en A.2)
KUP3	= 0;	No hay acoplamiento en la rotación en Z.
	= J;	La rotación en Z es acoplada al nodo J.
	= -k;	Desplazamiento k a este grado de libertad. (Sólo si IPANAL = 8 ó 9 en A.2)
IOUT		Parámetro de salida. Ver sección A.6.

A.8. Entrada de desplazamiento relativo de entrepisos (sólo si $NLEVEL > 2$ en A.4)

Una línea con la palabra DRIFT seguido de A.

DRIFT A

El caso por defecto es que el desplazamiento relativo entre pisos son las diferencias en los desplazamientos de pisos. Esto es seguido de una línea o líneas con una lista de NLEVEL nodos partiendo desde el nodo del piso más bajo hasta el más alto.

N1 N2 N3 ... Ntop

N1 Id del nodo del primer nivel.
N2 Id del nodo del segundo nivel.
Ntop Id del nodo del último nivel.

A.9. Topología y geometría de los miembros

Una línea con la palabra ELEMENTS al principio de ésta seguido de IOUT, que es el parámetro para la salida, ver sección A.6

ELEMENTS IOUT

Esto es seguido de una línea por cada miembro en orden ascendente.

N MT NODE1 NODE2 NODE3 NODE4 IOUT

N Id del miembro.
MT Id del tipo de miembro que se refiere a las propiedades que se describirán en A.10.
NODE1 Id del nodo en el punto inicial del miembro.
NODE2 Id del nodo en el punto final del miembro.
NODE3 Id del nodo en el punto inicial del elemento infinitamente rígido.
 (Si el NODE3 = 0 es seteado al NODE1)
NODE4 Id del nodo en el punto final del elemento infinitamente rígido.
 (Si el NODE4 = 0 es seteado al NODE2)
IOUT Parámetro para la salida. Ver sección A.6.

APÉNDICE A. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D

A.10. Tabla de propiedades de los miembros

Una línea con la palabra PROPS.

PROPS

Esto es seguido de un conjunto de entradas que describiré a continuación.

A.11. Información de las propiedades de los miembros

Un conjunto de entradas por cada tipo de miembro de la estructura.

N MTYPE LABEL

N		Id del tipo de miembro.
MTYPE	= FRAME;	Miembro viga o viga-columna.
	= SPRING;	Miembro resorte traslacional y rotacional.
	= WALL;	Miembro Taylor pared-estructural.
	= DAMPER;	Miembro de amortiguamiento viscoso.
	= MULTISPRING	Elemento de rótula de multiresortes.
	= REINFORCED	Elemento de rótula de hormigón.
LABEL		Descripción del tipo de miembro.

A.11.1. Propiedades del tipo de miembro FRAME

A.11.1.1. Propiedades básicas de la sección

ITYPE IPIN ICOND IHYST ILOS IDAMG ICOL IGA IDUCT

ITYPE	= 1;	Miembro viga de un componente (Giberson).
	= 2;	Miembro viga-columna de hormigón.
	= 3;	Miembro viga-columna de acero.
	= 4;	Miembro viga-columna general cuadrático.
	= 8;	Miembro viga cuadrático asimétrico.
IPIN	= 0;	Miembro integrado en conjunto (caso normal).
	= 1;	Extremo 1 fijado internamente en la articulación.
	= 2;	Extremo 2 fijado internamente en la articulación.
	= 3;	Ambos extremos fijados internamente en la articulación.
ICOND	= 0;	No se aplican cargas iniciales.
	= 1;	Se aplican fuerzas iniciales de empotramiento o pretensado.
IHYST		Ley de histéresis. Ver sección A.11.7.

APÉNDICE A. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D

ILOS	= 0;	Sin degradación de la resistencia.
	= 1;	Reducción de la resistencia en cada dirección basándose en su factor de ductilidad.
	= 2;	Reducción de la resistencia basada en el número de ciclos.
	= 3;	Reducción de la resistencia basada en la ductilidad máxima.
	= 4;	Reducción de la resistencia como en ILOS = 1, pero también se reduce con el número de ciclos inelásticos.
	= 5;	Reducción de la resistencia como en ILOS = 4, pero la resistencia se reduce a la última ductilidad.
	= 6;	Reducción de la resistencia como en ILOS = 3, pero también se reduce con el número de ciclos inelásticos.
	= 7;	Reducción de la resistencia como en ILOS = 6, pero la resistencia se reduce a la última ductilidad.
IDAMG	= 0;	No se calculan los índices de daños.
ICOL	= 0;	Las ductilidades de las columnas son calculadas en el punto de equilibrio de la fuerza axial.
	= 1;	Las ductilidades de las columnas son calculadas en la fuerza axial estática.
	= 2;	Las ductilidades de las columnas son calculadas en la fuerza axial cero.
	= 3;	Las ductilidades de las columnas son calculadas en cada intervalo de tiempo usando la fuerza axial actual.
IGA	= 0;	La deformación de corte es elástica.
	= 1;	La deformación de corte es inelástica con la histéresis SINA.
	= 2;	Modelo inelástico de conexión de corte en el ala.
IDUCT	= 0;	La rigidez a la flexión permanece constante al cambiar el momento de fluencia.
	= 1;	La rigidez a la flexibilidad varía de manera que la curvatura permanece constante.

A.11.1.2. Propiedades elásticas de la sección

E G A AS I WGT END1 END2 FJ1 FJ2

E	Módulo de Young elástico del material.
G	Módulo de corte del material.
A	Área transversal del miembro.
AS	Área efectiva de corte de la sección. Si AS = 0.0 entonces la deformación de corte en la sección son suprimidas
I	Momento de inercia (2do momento de área) de la sección.
WGT	Peso/(unidad de longitud).
END1	Longitud del bloque terminal rígido en el extremo 1.
END2	Longitud del bloque terminal rígido en el extremo 2.
FJ1	Flexibilidad de las articulaciones en el extremo 1 (radianes/unidad de momento).
FJ2	Flexibilidad de las articulaciones en el extremo 2 (radianes/unidad de momento).

APÉNDICE A. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D

A.11.1.3. Factores bilineales del miembro y propiedades de la rótula plástica (Sólo si IHYST > 0)

RA RF H1 H2

RA Factor bilineal (o Ramberg-Osgood r) (axial).
RF Factor bilineal (o Ramberg-Osgood r) (flexura).
H1 Longitud de la rótula plástica en el extremo 1.
H2 Longitud de la rótula plástica en el extremo 2.

A.11.1.4. Amortiguación específica del material (Sólo si ICTYPE = 5 ó 7 en A.2)

BETA0 BETAT ALPHA

BETA0 Multiplicador asociado con la rigidez inicial.
BETAT Multiplicador asociado con la rigidez tangente.
ALPHA Multiplicador asociado con la masa.

A.11.1.5. Fuerzas iniciales fijas del miembro (Sólo si ICOND = 1)

M1 M2 V1 V2 AXIAL AXPS IOP

M1 Momento final fijo en el extremo 1
M2 Momento final fijo en el extremo 2.
V1 Fuerza final de corte fija en el extremo 1.
V2 Fuerza final de corte fija en el extremo 2.
AXIAL Fuerza axial aplicada al miembro.
AXPS Pretensado axial en el miembro.
IOP = 0; El pretensado axial no tiene ningún efecto en la estructura.
= 1; El pretensado axial implica cargas que actúan en los nodos de los extremos finales.

A.11.1.6. Condiciones de fluencia de la viga

PYT PYC MY1+ MY1- MY2+ MY2-

PYT Fuerza de fluencia para la tensión axial.
PYC Fuerza de fluencia para la compresión axial.
MY1+ Momento de fluencia positivo para el extremo 1.
MY1- Momento de fluencia negativo para el extremo 1.
MY2+ Momento de fluencia positivo para el extremo 2.
MY2- Momento de fluencia negativo para el extremo 2.

APÉNDICE A. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D

A.11.1.7. Superficie de fluencia para la viga-columna de hormigón en el extremo 1 del miembro

PYC PB MB M1B M2B M0 PYT IEND

PYC	Fuerza de fluencia a la compresión axial.
PB	Fuerza de fluencia a la compresión axial en B.
MB	Momento de fluencia en B.
M1B	Momento de fluencia en $P = (2/3)*PB$.
M2B	Momento de fluencia en $P = (1/3)*PB$.
M0	Momento de fluencia en $P = 0$.
PYT	Fuerza de fluencia a la tensión axial.
IEND	= 0; El extremo 2 tiene la misma superficie de fluencia.
	= 1; Una línea adicional es requerida para reemplazar los parámetros PYC a PYT para el extremo 2.

A.11.1.8. Superficie de fluencia para la viga-columna de acero en el extremo 1 del miembro

PYC PB MB MO PC MC PYT IEND

PYC	Fuerza de fluencia a la compresión axial.
PB	Fuerza de fluencia a la compresión axial en B.
MB	Momento de fluencia en B.
MO	Momento de fluencia en $P = 0.0$.
PC	Fuerza de fluencia a la tensión axial en C.
MC	Momento de fluencia en C.
PYT	Fuerza de fluencia a la tensión axial.
IEND	= 0; El extremo 2 tiene la misma superficie de fluencia.
	= 1; Una línea adicional es requerida para reemplazar los parámetros PYC a PYT para el extremo 2.

A.11.1.9. Superficie de fluencia para la viga-columna cuadrática en el extremo 1 del miembro

PYC PB MB PC MC PYT IEND

PYC	Fuerza de fluencia a la compresión axial.
PB	Fuerza de fluencia a la compresión axial en B.
MB	Momento de fluencia en B.
PC	Fuerza de fluencia a la tensión axial en C.
MC	Momento en C.
PYT	Fuerza de fluencia a la tensión axial.
IEND	= 0; El extremo 2 tiene la misma superficie de fluencia.
	= 1; Una línea adicional es requerida para reemplazar los parámetros PYC a PYT para el extremo 2.

APÉNDICE A. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D

A.11.1.10. Superficie de fluencia para la viga-columna asimétrica en el extremo 1 del miembro

PYC+ PYC- PB MB PC MC PYT+ PYT- IEND

PYC+	Fuerza de fluencia a la compresión axial (Momento positivo).
PYC-	Fuerza de fluencia a la compresión axial (Momento negativo).
PB	Fuerza axial en B.
MB	Momento de fluencia en B.
PC	Fuerza de fluencia axial en C.
MC	Momento en C.
PYT+	Fuerza de fluencia a la tensión axial (Momento positivo).
PYT-	Fuerza de fluencia a la tensión axial (Momento negativo).
IEND = 0;	El extremo 2 del miembro tiene la misma superficie de fluencia.
IEND = 1;	Una línea adicional es requerida para reemplazar los parámetros PYC+ a PYT- para el extremo 2 del miembro.

A.11.1.11. Parámetros inelásticos de corte (Sólo si IGA = 1)

VY VCR VCC ALFA R DUCT1 DUCT2 VRES PHI1 PHI2 PRES IDO

VY	Resistencia de fluencia al corte.
VCR	Resistencia de agrietamiento al corte.
VCC	Shear crack closing force.
ALFA	Factor bilineal.
R	Factor trilineal.
DUCT1	Ductilidad de corte donde la fuerza de degradación comienza. (Si DUCT1 < 1.0, no hay degradación a la resistencia de corte)
DUCT2	Ductilidad de corte donde la fuerza de degradación termina.
VRES	Fuerza de corte residual como proporción de VY.
PHI1	Ductilidad a la flexión donde la degradación a la resistencia de corte se inicia. (Si PHI1 < 1.0, no hay degradación a la resistencia de corte)
PHI2	Ductilidad a la flexión.
PRES	Fuerza de corte residual como proporción de VY. (VRES*PRES*VY > VCR)
IDO = 0;	Resistencia al corte inelástica.
IDO = 1;	<i>Retrofit</i> es asumido, mensaje impreso, el corte permanece elástico.
IDO = 2;	Se supone fallo, mensaje impreso, análisis terminado.

A.11.1.12. Parámetros inelásticos de corte (Sólo si IGA = 2)

FLEX BEAR V1 V2 V3

FLEX	Flexibilidad inicial de la conexión de corte.
BEAR	Flexibilidad de la conexión de corte después de aplastamiento de los pernos.
V1	Corte donde el ala de empalme se desliza primero.
V2	Corte donde comienza el aplastamiento de los pernos.
V3	Corte donde el empalme se desliza en los siguientes ciclos de histéresis.

APÉNDICE A. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D

A.11.1.13. Parámetros de degradación de la resistencia (Sólo si ILOS > 0)

DUCT1 DUCT2 RDUCT DUCT3 RCYC

DUCT1 Ductilidad en la que la degradación comienza.
DUCT2 Ductilidad en la que la degradación termina.
RDUCT Fuerza residual como una fracción del límite de fluencia inicial.
DUCT3 Ductilidad asociada al 1 % de la resistencia inicial.
RCYC % de reducción de la fuerza por ciclo de comportamiento inelástico.
 (Sólo si ILOS = 4,5,6 ó 7)

A.11.1.14. Parámetros de degradación de la rigidez (Sólo si IHYST > 0)

Ver sección A.11.7

APÉNDICE A. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D

A.11.2. Propiedades del tipo de miembro SPRING

A.11.2.1. Propiedades básicas de la sección

ITYPE IHYST ILOS IDAMG KX KY GJ WGT RF RT PSX PSY PSZ THETA ITRUSS IOP SL

ITYPE	= 1;	No hay interacción entre las componentes X,Y ó THETA Z (rotación).
	= 2;	Interacción elíptica entre las fuerzas de fluencia en las direcciones X e Y, sin interacción con la rotación.
	= 3;	Interacción entre las fuerzas de rotación e Y. (Se asume SINA histéresis para las componentes Y)
	= 4;	Interacción entre la fuerza axial y los momentos de fluencia.
	= 5;	Interacción de fricción entre la fuerza axial y transversal.
IHYST		Ley de histéresis. Ver sección A.11.7. (Si ITYPE = 2, entonces la ley de histéresis es trilineal)
ILOS	= 0;	Sin degradación de la resistencia.
	= 1;	Reducción de la resistencia en cada dirección basándose en su factor de ductilidad.
	= 2;	Reducción de la resistencia basada en el número de ciclos.
	= 3;	Reducción de la resistencia basada en la ductilidad máxima.
	= 4;	Reducción de la resistencia como en ILOS = 1, pero también se reduce con el número de ciclos inelásticos.
	= 5;	Reducción de la resistencia como en ILOS = 4, pero la resistencia se reduce a la última ductilidad.
	= 6;	Reducción de la resistencia como en ILOS = 3, pero también se reduce con el número de ciclos inelásticos.
	= 7;	Reducción de la resistencia como en ILOS = 6, pero la resistencia se reduce a la última ductilidad.
IDAMG	= 0;	No se calculan los índices de daños.
KX		Rigidez del resorte en la dirección X.
KY		Rigidez del resorte en la direcciones Y.
GJ		Rigidez rotacional de la sección.
WGT		Peso/(unidad de longitud). (Sólo es usado si ITYPE = 1)
RT		Factor bilineal o Ramberg-Osgood r, para rotación.
PSX		Fuerza de precarga en la dirección X.
PSY		Fuerza de precarga en la dirección Y.
PSZ		Fuerza de precarga en la dirección Z.
THETA		Ángulo entre el eje X global y eje X local (en grados).
ITRUSS	= 0;	Coefficientes de rigidez son usados como entrada.
	= 1;	Coefficientes de rigidez dividido por la longitud del miembro.
IOP	= 0;	Fuerzas de precarga y momentos son internas al miembro
	= 1;	Fuerzas de precarga y moemntos actúan como precargas que también afectan a los nodos. (Las fuerzas actúan en los nodos en el término del miembro en el análisis estático de la estructura).
SL		Cambio en la posicion relativa del corte del resorte a través del largo del miembro ($-0.5 \leq SL \leq +0.5$) (-0.5 mueve el corte del resorte al extremo 1 y +0.5 mueve el corte del resorte al extremo 2)

APÉNDICE A. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D

A.11.2.2. Amortiguación específica del material (Sólo si ICTYPE = 5 ó 7 en A.2)

BETA0 BETAT ALPHA

BETA0 Multiplicador asociado con la rigidez inicial.
BETAT Multiplicador asociado con la rigidez tangente.
ALPHA Multiplicador asociado con la masa.

A.11.2.3. Superficie de fluencia (Sólo si ITYPE = 1)

FX+ FX- FY+ FY- MZ+ MZ-

FX+ Fuerza de fluencia positiva del resorte en la dirección X.
FX- Fuerza de fluencia negativa del resorte en la dirección X.
FY+ Fuerza de fluencia positiva del resorte en la dirección Y.
FY- Fuerza de fluencia negativa del resorte en la dirección Y.
MZ+ Fluencia de torsión positiva.
MZ- Fluencia de torsión negativa.

A.11.2.4. Superficie de fluencia (Sólo si ITYPE = 2)

FX1 FY1 FX2 FY2 MZ+ MZ- RX1 RY1 RX2 RY2

FX1 Fuerza de agrietamiento en la dirección X.
FY1 Fuerza de agrietamiento en la dirección Y.
FX2 Fuerza de fluencia en la dirección X.
FY2 Fuerza de fluencia en la dirección Y.
MZ+ Momento de fluencia de torsión positiva.
MZ- Momento de fluencia de torsión negativa.
RX1 Factor bilineal en la dirección X.
RY1 Factor bilineal en la dirección Y.
RX2 Factor trilineal en la dirección X.
RY2 Factor trilineal en la dirección Y.

APÉNDICE A. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D

A.11.2.5. Superficie de fluencia (Sólo si ITYPE = 3)

FX+ FX- FY+ FY- MZ+ MZ- FCRY FCCY ALFA HINGE DUCT1 DUCT2 RES DUCT3 I

FX+	Fuerza de fluencia positiva en dirección X.
FX-	Fuerza de fluencia negativa en dirección X.
FY+	Fuerza de fluencia positiva en la dirección Y.
FY-	Fuerza de fluencia negativa en la dirección Y.
MZ+	Momento de fluencia de torsión positiva.
MZ-	Momento de fluencia de torsión negativa.
FCRY	Fuerza de agrietamiento de corte en dirección Y.
FCCY	Fuerza de corte en la dirección Y, correspondiente al instante en que se cierra la grieta en la dirección.
ALFA	Factor bilineal de fluencia de corte en la dirección Y.
HINGE	Longitud de la rótula plástica.
DUCT1	Ductilidad a la flexión en la que la resistencia de corte comienza a degradarse.
DUCT2	Ductilidad a la flexión en la que la resistencia de corte llega a la resistencia residual.
RES	Resistencia de corte residual cuando la ductilidad a la flexión es superior a DUCT2.
DUCT3	Ductilidad a la flexión cuando la resistencia es 1 % de la original.
I	= 0; No hay degradación en la resistencia al corte. = 1; Existe degradación por corte. = 2; Existe degradación por corte, pero se asume <i>retrofit</i> al corte. Como consecuencia no existe fluencia en el acero para el corte. = 3; Existe degradación por corte, pero una vez que el acero para resistir corte fluye, el análisis termina.

A.11.2.6. Superficie de fluencia (Sólo si ITYPE = 4)

PYT PYC FY+ FY- PB MB M1B M2B MO

PYT	Fuerza de fluencia a la tensión axial.
PYC	Fuerza de fluencia a la compresión axial.
FY+	Fuerza de fluencia positiva al corte.
FY-	Fuerza de fluencia negativa al corte.
PB	Fuerza de compresión axial en B.
MB	Momento de fluencia en B.
M1B	Momento de fluencia en P = (2/3)*PB.
M2B	Momento de fluencia en P = (1/3)*PB.
MO	Momento de fluencia en P = 0.0.

A.11.2.7. Superficie de fluencia (Sólo si ITYPE = 5)

FO MU IOP

FO	Fuerza de fluencia positiva del resorte en la dirección X.
MY	Fuerza de fluencia negativa del resorte en la dirección X.
IOP	= 0; Límite de fuerza de fricción = FO - MU*(Fuerza axial). = 1; Límite de fuerza de fricción = FO + MU* (Fuerza axial)

APÉNDICE A. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D

A.11.2.8. Parámetros de degradación de la resistencia (Sólo si ILOS > 0)

DUCT1 DUCT2 RDUCT DUCT3 RCYC

DUCT1	Ductilidad en la que la degradación comienza.
DUCT2	Ductilidad en la que la degradación termina.
RDUCT	Fuerza residual como una fracción del límite de fluencia inicial.
DUCT3	Ductilidad asociada al 1 % de la resistencia inicial.
RCYC	% de reducción de la fuerza por ciclo de comportamiento inelástico. (Sólo si ILOS = 4,5,6 ó 7)

A.11.2.9. Parámetros de degradación de la rigidez (Sólo si IHYST > 0)

Ver sección A.11.7

APÉNDICE A. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D

A.11.3. Propiedades del tipo de miembro STRUCTURAL-WALL

A.11.3.1. Propiedades básicas de la sección

NSECT NIP ICOND IHYST WGT AMAX IMAX H1 H2

NSECT	Número de secciones en la integración Lobatto a lo largo del miembro. (Excepción para miembro de 2 rótulas (NSECT = 2))
NIP	Número de segmentos en la sección. (Si ICOND = 0, entonces $NIP \leq 18$)
ICOND	= 0; Pared estándar. = 1; Pared numérica.
IHYST	= 0; El miembro permanece elástico. = 1; Propiedades Taylor del material, esfuerzo-deformación lineal a SIGA. = 2; Propiedades Kent & Park del material, esfuerzo-deformación cuadrático a SIGA.
WGT	Peso/(unidad de longitud) del miembro.
AMAX	Fracción máxima de área de la sección bruta usada.
IMAX	Fracción máxima de momento de la sección bruta usada.
H1	Longitud de la rótula en el extremo 1. (Sólo para miembro de 2 rótulas (NSECT = 2))
H2	Longitud de la rótula en el extremo 2. (Sólo para miembro de 2 rótulas (NSECT = 2))

A.11.3.2. Propiedades del hormigón y el acero

EMODC EMODS SIGA SIGB EPSB SIGCR SIGYS SBILIN ALFA

EMODC	Módulo elástico del hormigón.
EMODS	Módulo elástico del acero.
SIGA	Pico de stress del hormigón.
EPSB	Último stress del hormigón.
SIGCR	Última tensión del hormigón.
SIGYS	Stress de agrietamiento del hormigón.
SBILIN	Tensión de fluencia del acero.
ALFA	Parámetro que controla la forma de la regla de histéresis 2. (Sólo si IHYST = 2).

A.11.3.3. Amortiguación específica del material (Sólo si ICTYPE = 5 ó 7 en A.2)

BETA0 BETAT ALPHA

BETA0	Multiplicador asociado con la rigidez inicial.
BETAT	Multiplicador asociado con la rigidez tangente.
ALPHA	Multiplicador asociado con la masa.

APÉNDICE A. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D

A.11.3.4. Parámetros para la sección pared estándar (ICOND = 0)

B D B1 B2 D1 D2 D3 D4 AS1 AS2 AS3

B	Espesor de la pared.
D	Ancho de la pared.
B1	Anchura de la brida sobresaliente en la brida 1.
B2	Anchura de la brida sobresaliente en la brida 2.
D1	Distancia a la cara izquierda de la brida 1.
D2	Distancia a la cara derecha de la brida 1.
D3	Distancia a la cara izquierda de la brida 2.
D4	Distancia a la cara derecha de la brida 2.
AS1	Área de sección transversal de acero distribuidas uniformemente en la pared principal.
AS2	Área de sección transversal de acero distribuidas uniformemente en la brida 1.
AS3	Área de sección transversal de acero distribuidas uniformemente en la brida 2.

A.11.3.5. Parámetros para la sección pared numérica (ICOND = 1)

Se requiere una línea por cada segmento de la sección, es decir NIP líneas con los siguientes parámetros.

I X(I) AS(I) AC(I)

I	Número del segmento (Id).
X(I)	Ubicación del centro del segmento.
AS(I)	Área del acero del segmento.
AC(I)	Área del hormigón del segmento.

APÉNDICE A. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D

A.11.4. Propiedades del tipo de miembro DAMPER

A.11.4.1. Propiedades básicas

ITYPE C1 C2 C3 GAP+ GAP- ALFA C4 C5 C6 C7 ALFA- THETA LIMIT SL

ITYPE	= 0;	Amortiguador lineal.
	= 1;	Amortiguador no lineal.
	= 2;	Amortiguador no lineal con diferentes propiedades en las direcciones positiva y negativa.
	= 3;	Diferentes coeficientes de amortiguación cuando la velocidad incremental y la velocidad tienen signos opuestos que cuando tienen el mismo signo.
C1		Coeficiente longitudinal.
C2		Coeficiente transversal.
C3		Coeficiente rotacional.
GAP+		Distancia desde el origen en el eje X en el cual no existe efecto de amortiguación. La amortiguación se hace efectiva cuando el desplazamiento excede ese límite.
GAP-		Lo mismo que GAP+, pero en el sentido negativo del eje X.
C4		Coeficiente longitudinal (dirección negativa).
C5		Coeficiente transversal (dirección negativa).
C6		Coeficiente rotacional (dirección negativa).
ALFA		Factor de potencia de velocidad en la dirección negativa.
THETA		Ángulo entre el X global y el X local (en grados).
LIMIT	= 0;	No hay límites establecidos en las fuerzas y momento del amortiguador.
	= 1;	Límites establecidos en las fuerzas y momento del amortiguador.
SL		Cambio de posición del amortiguador transversal. ($-0.5 \leq SL \leq +0.5$). (0.0 implica que el amortiguador transversal está ubicado en la mitad entre el nodo 3 y 4, cuando $SL = -0.5$ el amortiguador se mueve al nodo 3 y $SL = +0.5$ se mueve al nodo 4)

A.11.4.2. Límites de las acciones del amortiguador

FXMAX FXMIN FYMAX FYMIN FZMAX FZMIN

FXMAX	Fuerza local máxima en dirección X.
FXMIN	Fuerza local mínima en dirección X.
FYMAX	Fuerza local máxima en dirección Y.
FYMIN	Fuerza local mínima en dirección Y.
FZMAX	Fuerza local máxima en dirección Z.
FZMIN	Fuerza local mínima en dirección Z.

APÉNDICE A. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D

A.11.5. Propiedades del tipo de miembro MULTI-SPRING

A.11.5.1. Parámetros de control

IHYST ILOS IDAMG HS WGT THETA SL

IHYST	= 0;	Elemento lineal.
	= 1;	Bilineal con histéresis Gap (IHYST = 35).
	= 2;	Histéresis bilineal (IHYST = 2).
	= 3;	Histéresis Ramberg-Osgood (Original) (IHYST = 3).
	= 4;	Histéresis Ramberg-Osgood (Limitada) (IHYST = 40).
	= 5;	Histéresis Ramberg-Osgood (Pyke) (IHYST = 41).
	= 6;	Histéresis origen centrado (IHYST = 38).
	= 7;	Histéresis elástica bilineal (IHYST = 15).
	= 8;	Bilineal con histéresis Gap (IHYST = 5).
	= 9;	Histéresis bilineal elástica (IHYST = 63).
ILOS	= 0;	Sin degradación de la resistencia longitudinal.
	= 1 a 7	Degradación de la resistencia longitudinal.
KLOS	= 0;	Sin degradación de la resistencia al corte.
	= 1 a 7	Degradación de la resistencia al corte.
IDAMG	= 0;	No se calculan los índices de daño.
HS		Alto del miembro.
WGT		Ancho del miembro.
THETA		Ángulo entre los ejes X global y el X local (grados).
SL		Cambio de posición del amortiguador transversal. ($-0.5 \leq SL \leq +0.5$). (0.0 implica que el amortiguador transversal está ubicado en la mitad entre el nodo 3 y 4, cuando $SL = -0.5$ el amortiguador se mueve al nodo 3 y $SL = +0.5$ se mueve al nodo 4)

A.11.5.2. Propiedades de la sección

NS ITYPE SA SV YT YC YP YN RA RV

NS		Número de resortes.
ITYPE	= 1;	Cuadratura Lobatto.
	= 2;	Cuadratura Gaussiana.
	= 3;	Regla trapezoidal para la integración.
	= 4;	Distribución y rigidez uniforme de los resortes.
SA		Rigidez axial.
SV		Rigidez al corte.
YT		Fluencia en tracción.
YC		Fluencia en compresión.
YP		Fuerza de fluencia al corte (Positiva).
YN		Fuerza de fluencia al corte (Negativa).
RA		Factor bilineal para la rigidez axial.
RV		Factor bilineal para la rigidez de corte .

APÉNDICE A. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D

A.11.5.3. Parámetros de degradación de la resistencia longitudinal (Sólo si ILOS > 0)

DUCT1 DUCT2 RDUCT DUCT3 RCYC

DUCT1 Ductilidad en la que la degradación comienza.
DUCT2 Ductilidad en la que la degradación termina.
RDUCT Fuerza residual como una fracción del límite de fluencia inicial.
DUCT3 Ductilidad asociada al 1 % de la resistencia inicial.
RCYC % de reducción de la fuerza por ciclo de comportamiento inelástico.
(Sólo si ILOS = 4,5,6 ó 7)

A.11.5.4. Parámetros de degradación de la resistencia de corte (Sólo si KLOS > 0)

DUCT1 DUCT2 RDUCT DUCT3 RCYC

DUCT1 Ductilidad en la que la degradación comienza.
DUCT2 Ductilidad en la que la degradación termina.
RDUCT Fuerza residual como una fracción del límite de fluencia inicial.
DUCT3 Ductilidad asociada al 1 % de la resistencia inicial.
RCYC % de reducción de la fuerza por ciclo de comportamiento inelástico.
(Sólo si KLOS = 4,5,6 ó 7)

A.11.5.5. Amortiguación específica del material (Sólo si ICTYPE = 5 ó 7 en A.2)

BETA0 BETAT ALPHA

BETA0 Multiplicador asociado con la rigidez inicial.
BETAT Multiplicador asociado con la rigidez tangente.
ALPHA Multiplicador asociado con la masa.

A.11.5.6. Parámetros de degradación de la rigidez (Sólo si IHYST > 0)

Ver sección A.11.7

APÉNDICE A. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D

A.11.6. Propiedades del tipo de miembro REINFORCED CONCRETE PLASTIC HINGE SPRING

A.11.6.1. Parámetros de control

JPLAS B D C HLC WGT THETA ISTEEL ICONC

JPLAS	= 0;	Miembro lineal.
	= 1;	Miembro no lineal.
B		Ancho de la sección transversal.
D		Profundidad (largo) de la sección transversal.
C		Recubrimiento para reforzar el acero de la línea central desde la parte inferior o superior del miembro.
HL		Largo de la rótula de plástico.
WGT		Peso del miembro de rótula de hormigón reforzado.
THETA		Ángulo entre los ejes X global y X local (grados).
ISTEEL	= 0;	Histéresis del acero Dhakal (IHYST = 53).
	= 1;	Histéresis del acero Dodd-Restrepo (IHYST = 39).
	= 2;	Histéresis del acero elasto-plástica (IHYST = 1).
ICONC	= 0;	Histéresis del hormigón Brian Peng (IHYST = 54).
	= 1;	Histéresis del hormigón Crisafulli (IHYST = 33).

A.11.6.2. Propiedades del material de hormigón

EC FPC FT ECC FPCC FTC ECV FPCV FTV DB FLEXV

EC	Módulo inelástico inicial del hormigón confinado.
FPC	Resistencia a la compresión del hormigón confinado.
FT	Resistencia a la tracción del hormigón confinado.
ECC	Módulo inelástico inicial de la cubierta de hormigón.
FPCC	Resistencia a la compresión de la cubierta hormigón.
FTC	Resistencia a la tracción de la cubierta hormigón.
ECV	Módulo inelástico de corte inicial del hormigón.
FPCV	Resistencia a la compresión de corte del hormigón.
FTV	Resistencia a la tracción de corte del hormigón.
DB	Ancho efectivo del puntal diagonal al corte.
FLEXV	Factor de flexibilidad en la dirección transversal Y.

A.11.6.3. Propiedades del material de acero

ES FSC FST Atop Abtm Slong

ES	Módulo inelástico inicial del acero de refuerzo.
FSC	Resistencia a la compresión del acero de refuerzo.
FST	Resistencia a la tracción del acero de refuerzo.
Atop	Área de la sección transversal del acero de refuerzo en la parte superior.
Abtm	Área de la sección transversal del acero de refuerzo en la parte inferior.
Slong	Longitud efectiva de las barras de acero.

APÉNDICE A. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D

A.11.6.4. Amortiguación específica del material (Sólo si ICTYPE = 5 ó 7 en A.2)

BETA0 BETAT ALPHA

BETA0 Multiplicador asociado con la rigidez inicial.
BETAT Multiplicador asociado con la rigidez tangente.
ALPHA Multiplicador asociado con la masa.

A.11.6.5. Propiedades de la ley de histéresis del hormigón confinado.

Ver sección A.11.7

A.11.6.6. Propiedades de la ley de histéresis del recubrimiento de hormigón.

Ver sección A.11.7

A.11.6.7. Propiedades de la ley de histéresis del acero de refuerzo.

Ver sección A.11.7

A.11.6.8. Propiedades de la ley de histéresis del hormigón cortante.

Ver sección A.11.7

APÉNDICE A. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D

A.11.7. Leyes de histéresis

A.11.7.1. Ley lineal elástica (IHYST = 0)

No se requiere información adicional.

A.11.7.2. Ley elasto plástica (IHYST = 1)

No se requiere información adicional.

A.11.7.3. Ley inelástica bilineal (IHYST = 2)

No se requiere información adicional.

A.11.7.4. Ley Ramberg-Osgood (IHYST = 3)

No se requiere información adicional.

A.11.7.5. Ley takeda modificada (IHYST = 4)

ALFA BETA NF KKK

ALFA		Rigidez en la descarga.
BETA		Rigidez en la recarga.
NF		Factor de potencia en la recarga de la rigidez.
KKK	= 0;	La descarga es como en <i>DRAIN-2D</i> .
	= 1;	La descarga es como por <i>Emori</i> y <i>Schnobrich</i> .

A.11.7.6. Ley bilineal con inactividad (IHYST = 5)

GAP+ GAP- IMODE RCOMP C EPSO ILOG

GAP+		Holgura inicial en dirección positiva.
GAP-		Holgura inicial en dirección negativa.
IMODE	= 0;	Caso por defecto, tiene regla normal.
	= 1;	Pandeo bilineal elástico en la compresión.
	= 1;	Bilineal elástico en la tensión y compresión.
RCOMP		Factor bilineal r en la compresión.
C		Velocidad de deformación constante.
EPSO		Velocidad de deformación casi estática.
ILOG	= 0;	Logaritmos naturales son usados para los efectos de la velocidad de deformación.
	= 1;	Logaritmos en base 10 son usados para los efectos de la velocidad de deformación.

APÉNDICE A. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D

A.11.7.7. Ley SINA trilineal degradante (IHYST = 8)

ALFA BETA FCR(i)+ FCR(i)- FCC(i)

ALFA	Factor bilineal (fluencia positiva al agrietamiento).
BETA	Factor bilineal (fluencia negativa al agrietamiento).
FCR(i)+	Fuerza o momento de agrietamiento en i.
FCR(i)-	Fuerza o momento de agrietamiento en i.
FCC(i)	Fuerza o momento en que se cierra la grieta en i.

A.11.7.8. Ley bilineal elástica (IHYST = 15)

No se requiere información adicional.

A.11.7.9. Ley elástica no lineal (IHYST = 16)

No se requiere información adicional.

A.11.7.10. Ley elástica degradante (IHYST = 17)

No se requiere información adicional.

A.11.7.11. Ley pico orientada (IHYST = 27)

No se requiere información adicional.

A.11.7.12. Ley SINA modificada (IHYST = 31)

BETA FCR(i) FCC(i)

BETA	Factor de rigidez entre agrietamiento y fluencia en la dirección negativa.
FCR(i)	Fuerza o momento de agrietamiento en i.
FCC(i)	Cracking closing force at component i

A.11.7.13. Ley bilineal modificada (IHYST = 32)

ALFA BETA

ALFA	Factor de rigidez negativo de la rigidez positiva.
BETA	Factor de degradación de la descarga.

APÉNDICE A. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D

A.11.7.14. Ley de albañilería puntual (IHYST = 33)

Relación tensión-deformación

FC FT UC UUL UCL EMO GUN ARE

FC Resistencia a la compresión.
FT Resistencia a la tensión.
UC Tensión en FC.
UUL Tensión final.
UCL Deformación a la cual comienza a tomar compresión después del agrietamiento.
EMO Módulo de albañilería inicial.
GUN Factor de descarga de la rigidez.
ARE Factor de recarga de la tensión.

Datos del puntual

AREA1 AREA2 R1 R2 IENV

AREA1 Área transversal inicial de la sección (puntual).
AREA2 Área transversal final de la sección (puntual).
R1 Desplazamiento en 1.
R2 Desplazamiento en 2.
IENV = 0; Tensión-deformación Sargin sobre la rama descendente.
= 1; Tensión-deformación Parabólica sobre la rama descendente.

A.11.7.15. Ley hiperbólica (IHYST = 34)

No se requiere información adicional.

A.11.7.16. Ley degradante bilinear con desface (IHYST = 35)

GAP+ GAP- PUN

GAP+ Espacio inicial en dirección positiva.
GAP- Espacio inicial en dirección negativa.
PUN Factor de descarga de la rigidez.

A.11.7.17. Ley bilineal de origen centrado revisado (IHYST = 38)

No requiere de información adicional.

A.11.7.18. Ley de acero Dodd-Restrepo (IHYST = 39)

ESH Esu Fsu OmegaF

ESH Deformación (curvatura) en el inicio del endurecimiento.
Esu Deformación (curvatura) en el pico de la descarga.
Fsu Fuerza (momento) en el pico de la descarga.
OmegaF Factor del efecto *Bauschinger*.

APÉNDICE A. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D

A.11.7.19. Ley Ramberg-Osgood limitada (IHYST = 40)

No requiere información adicional.

A.11.7.20. Ley Ramberg-Osgood con modificación Pyke (IHYST = 41)

No requiere información adicional.

A.11.7.21. Ley restablecer origen (IHYST = 43)

No se requiere información adicional.

A.11.7.22. Ley de acero Dhakal (IHYST = 53)

IHARD IBCKL FYAV eHARD1 FU eU FHARD2 eHARD2 RATIO EBLKT

IHARD	= 1;	Rigidez parabólica inicial para el endurecimiento.
	= 2;	Parabólica desde el punto intermedio.
	= 3;	Bilineal desde el punto intermedio.
IBCKL	= 0;	No se incluye el efecto de pandeo.
	= 1;	Se incluye el efecto de pandeo de las barras de acero en compresión.
FYAV		Fuerza promedio en la tensión a la fluencia, multiplicador de la fuerza de fluencia.
eHARD1		Deformación al comienzo del endurecimiento, multiplicador de la deformación de fluencia.
FU		Relación entre la última resistencia y la fluencia en el acero.
eU		Deformación en el punto final, multiplicador de la fuerza de fluencia.
FHARD2		Tensión en el punto intermedio en la zona del endurecimiento, multiplicador de la acción de fluencia.
eHARD2		Tensión en el punto intermedio en la zona del endurecimiento, razón de la deformación de fluencia.
RATIO		Razón entre el largo de pandeo y el diámetro de la barra. (Usado si IBCKL = 1)
EBLKT		Longitud de pandeo. (Usado si IBCKL = 1)

A.11.7.23. Ley Brian Peng del hormigón (IHYST = 54)

TLIMIT CLIMIT BETA Fbo L TFACTOR CFACTOR eTT

TLIMIT	Límite para calcular eTL.
CLIMIT	Límite para calcular eCL.
BETA	Factor de deformación.
Fbo	Resistencia residual por adherencia entre el hormigón y el acero en compresión.
L	Factor de la longitud.
TFACTOR	Factor para eTL.
CFACTOR	Factor para eCL.
eTT	Deformación de tensión en el hormigón para efecto de esfuerzos de contacto.

APÉNDICE A. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D

A.11.7.24. Ley SINA trilineal degradante modificada (IHYST = 56)

ALFA BETA GAMMA DELTA PHI FCRP FCRN FCCP FCCN IOP PMAX PMIN

ALFA		Factor bilineal (agrietamiento a la fluencia en el sentido positivo).
BETA		Factor bilineal (agrietamiento a la fluencia en el sentido negativo).
GAMMA		Factor de degradación de la rigidez en la descarga.
DELTA		Factor de aplastamiento.
PHI		Relación de compresión a la rigidez a la tracción.
FCRP		Acción de agrietamiento como fracción de la resistencia de fluencia en el sentido positivo.
FCRN		Acción de agrietamiento como fracción de la resistencia de fluencia en el sentido negativo.
FCCP		Acción correspondiente al cierre de la grieta como fracción de la resistencia de fluencia positiva.
FCCN		Acción correspondiente al cierre de la grieta como fracción de la resistencia de fluencia negativa.
IOP	= 0;	Las deformaciones correspondientes a las acciones especificadas se calculan al inicio del análisis (requiere análisis estático).
	= 1;	Las deformaciones correspondientes a las acciones especificadas se calculan en el momento en que ocurre el primer agrietamiento (requiere análisis dinámico).
	= 2;	Las deformaciones correspondientes a las acciones especificadas se calculan en el instante en que ocurre la primera fluencia en el elemento o cuando la carga axial excede el máximo especificado.
PMAX		Fuerza axial máxima (más tracción) para establecer los límites de deformación.
PMIN		Fuerza axial mínima (mas compresiva) para establecer los límites de deformación.

A.11.7.25. Ley Takeda trilineal degradante revisada (IHYST = 57)

ALFA BETA GAMMA DELTA PHI FCRP FCRN IOP PMAX PMIN

ALFA		Factor bilineal (agrietamiento a la fluencia en el sentido positivo).
BETA		Factor bilineal (agrietamiento a la fluencia en el sentido negativo).
GAMMA		Factor de degradación de la rigidez en la descarga.
DELTA		Factor de la intersección de recarga.
PHI		Razón entre la rigidez a compresión y a tracción.
FCRP		Factor que inicia el agrietamiento, como un factor de la acción que inicia la fluencia.
FCRN		Lo mismo que FCRP pero en el sentido negativo.
IOP	= 0;	Deformaciones de agrietamiento y fluencia configuradas en el análisis estático.
	= 1;	Deformaciones de agrietamiento y fluencia configuradas en la primer agrietamiento.
	= 2;	Deformaciones de agrietamiento y fluencia configuradas en la primera fluencia o cuando la fuerza axial cae.
PMAX		Fuerza axial máxima (más tracción) para establecer los límites de deformación.
PMIN		Fuerza axial mínima (más compresiva) para establecer los límites de deformación.

APÉNDICE A. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D

A.11.7.26. Ley Ramberg-Osgood con Alpha (IHYST = 59)

No se requiere información adicional.

A.11.7.27. Ley bilineal elástica con desface (IHYST = 63)

GAP+ GAP-

GAP+ Apertura inicial en dirección positiva.

GAP- Apertura inicial en dirección negativa.

A.12. Pesos concentrados en los nodos

Esta sección de información debe ser suministrada, excepto para el análisis estático. Una línea con la palabra WEIGHTS.

WEIGHTS

Por cada nodo añadir una línea con la siguiente información.

N WX WY WM

N Número del nodo (id)

WX Peso concentrado en el nodo actuando en la dirección X.

WY Peso concentrado en el nodo actuando en la dirección Y.

WM Peso concentrado en el nodo actuando en la rotación en el nodo.

A.13. Cargas externas estáticas en los nodos

Una línea con la palabra LOADS

LOADS

Por cada nodo añadir una línea con la siguiente información.

N FX FY FM

N Número del nodo (id)

FX Carga estática en la dirección X.

FY Carga estática en la dirección Y.

FM Momento estático sobre el eje Z.

A.14. Factores dinámicos de carga (Sólo si $IPVERT < 0$ en A.2)

Acá se requieren N conjuntos de información si $IPVERT = -N$.

Una línea con la palabra SHAPE seguido de ALPHA

SHAPE ALPHA

ALPHA Multiplicador del vector.

ALPHA sólo se escribe si $IPANAL = 6$ en A.2

Una línea es requerida por cada nodo con carga con la siguiente información.

N FX FY FM

N Número del nodo (id)

FX Factor de carga en la dirección X.

FY Factor de carga en la dirección Y.

FM Factor de carga sobre el eje Z.

APÉNDICE A. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ARCHIVO DE TEXTO DE ENTRADA DE RUAUMOKO2D

A.15. Parámetros de la excitación

Una línea con la palabra EQUAKE seguido de FILE.

EQUAKE FILE

FILE Nombre del archivo donde se encuentra la excitación (máximo 60 caracteres). Esto es seguido de una línea con la siguiente información

IBERG ISTART DELTAT ASCALE END VEL DIS TSCALE

IBERG	= 0;	La excitación en formato BERG.
	= 1;	La excitación en formato CALTECH.
	= 2;	La excitación en formato NCEER.
	= 3;	La excitación en formato FREE.
	= 4;	La excitación en formato CSMIP.
	= 5;	La excitación en formato EXCEL.
	= 6;	La excitación en formato PEER.
	= 7;	La excitación en formato SAC.
ISTART		El número de la primera línea de la excitación que se va a utilizar.
DELTAT		Intervalo de la información de la excitación.
ASCALE		1/(factor de escala) para el registro.
END		Determina la acción si el final del archivo es encontrado antes que la duración de la excitación.
	= 0;	Fin del archivo implica error.
	= -1;	Cualquier parte del archivo que falte se rellena con ceros.
	= T;	Después de T segundos el registro es seteado a cero.
VEL		Velocidad inicial del suelo.
DIS		Desplazamiento inicial del suelo.
TSCALE		Tiempo de escala para el registro.