

# Capítulo 4

## Desarrollo del Cliente PC

En esta sección se contempla la metodología y la referencia al código con el cual está diseñado la interfaz o el Cliente PC del Portal De Pórticos 3D (PDP3D). El PDP3D está desarrollado en un lenguaje de nivel intermedio como lo es *JAVA*.

Una de las ventajas de trabajar en java es la facilidad para desarrollar aplicaciones que corran en diferentes tecnologías, esto hace mucho más atractivo la escogencia del lenguaje, así esta aplicación podrá ser ejecutadas en múltiples plataformas como escritorio, móvil o Web.

Esta aplicación es la interfaz que permite al usuario interactuar de manera más amigable e intuitiva para el análisis de estructuras de concreto armado en 3 dimensiones. El cliente PC está implementado de manera modular donde se usan un conjunto de sub-rutinas para el buen desempeño del mismo y de mayor comprensión.

El Portal de pórticos 3D, como la mayoría de las aplicaciones actuales, trabaja con el uso de ventanas y menús. Estas ventanas y menús están diseñadas para facilitar el trabajo al usuario en el momento de introducir la información de la estructura.

### 4.1 Funcionamiento del Cliente PC

#### **PORTAL DE PÓRTICOS 3D (PDP3D)**

A través de este programa, se puede simular el comportamiento inelástico y el daño de las estructuras de concreto armado bajo la teoría de daño concentrado. El principal

objetivo es el de diagnóstico de las estructuras a través de un mapa de daño. El programa **PDP3D** es capaz de calcular la propagación de las grietas y el daño que se está generando en los elementos estructurales de los pórticos.

### 4.1.1 Requerimiento para el uso del programa

**Hardware** Los requerimientos físicos para la ejecución del PDP3D son:

- Una maquina con un procesador mayor a 1.2 GHz
- 512 MB de memoria RAM
- Conexión a internet

**Software** Los requerimientos de software son:

- JAVA Rutine Enviroment (JRE) 7 o superior
- Navegador WEB (Mozilla FireFox, internet Explorer, Google Chrome, entre otros)

## 4.2 Ambiente Principal del Programa

Para acceder al **PDP3D** es necesario conectarse desde el navegador a la dirección Web del Servidor, en este caso se usará un servidor local para la demostración del funcionamiento.

Luego de entrar a la dirección Web será necesaria la autenticación del usuario para acceder a la aplicación, de no ser así este debe registrarse. Este proceso se aclara en la Figura 4.1.

Como se indicó al final del capítulo 3, se decidió usar un manejador de acceso primitivo para el portal. Este sistema de acceso consta de un conjunto pequeño de módulos programados en php que permiten la autenticación de un usuario registrado a través del cotejamiento de un login y password, ingresado en el formulario, con los almacenados en la base de datos del portal.

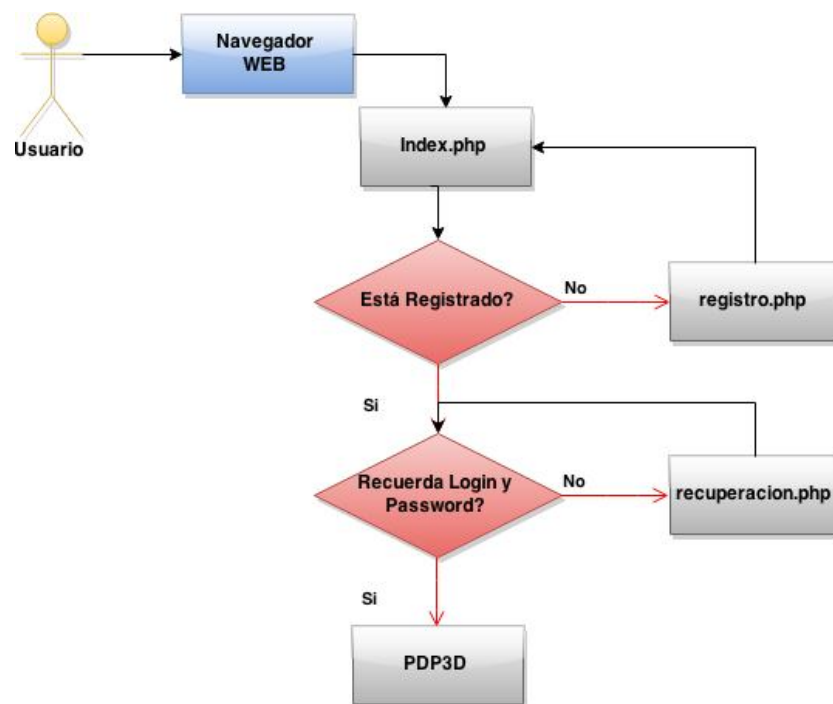


Figura 4.1: Diagrama para el acceso a PDP3D

La secuencia para el desarrollo de un buen y correcto análisis se ilustra en el diagrama de las Figura 4.2 y Figura 4.3, es decir, el usuario deberá completarse cada paso en su totalidad para realizar un análisis correctamente.

El ambiente de la aplicación está compuesta por dos barras de Herramientas, una de opciones generales para visualización ubicada de forma vertical y otra de manejo de archivos (Nuevo proyecto, Abrir Proyecto, Abrir archivo INP, Guardar Proyecto, Guardar Como, Cerrar, además del nombre del Proyecto) ubicada en la parte superior de forma horizontal. En la Figura 4.4 se visualiza el entorno del programa.

### Nuevo Proyecto

Al hacer click en este botón se despliega un cuadro de dialogo, donde deberá indicar el nombre que tendrá el proyecto. El programa crea un archivo de datos con la extensión P3D donde se guardan todos los datos del pórtico introducidos por el usuario.

Una vez creado se despliega una pantalla donde se deben definir el modelo, definiendo el nombre del proyecto, la opción si se trabajara con placa o no y por último la geometría donde se debe introducir la cantidad de niveles y tramos que llevara el

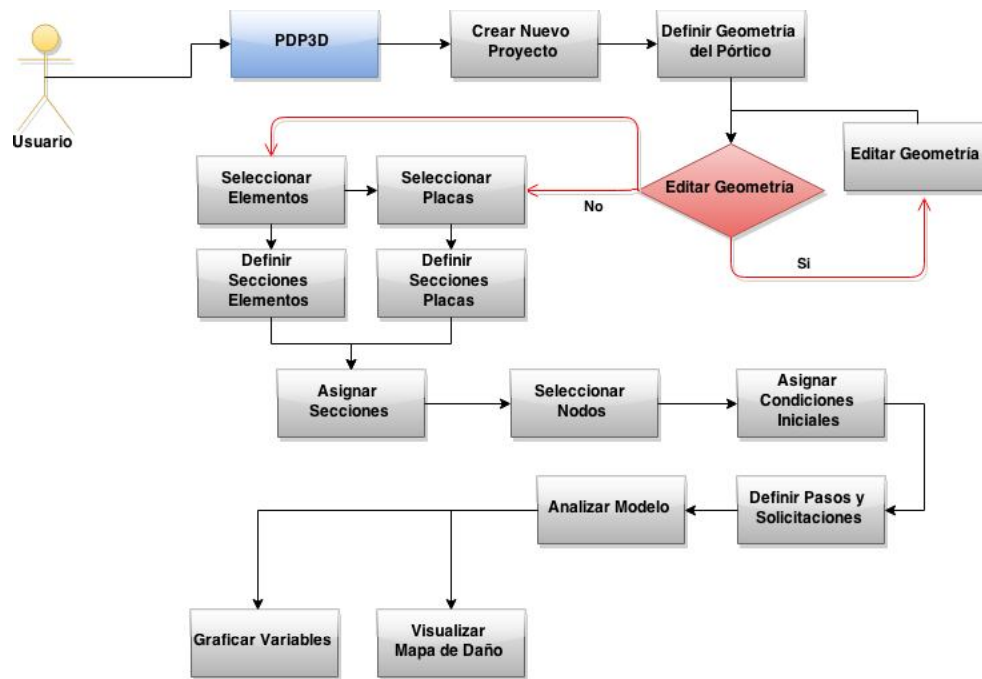


Figura 4.2: Diagrama de secuencia para el análisis de un nuevo modelo en PDP3D

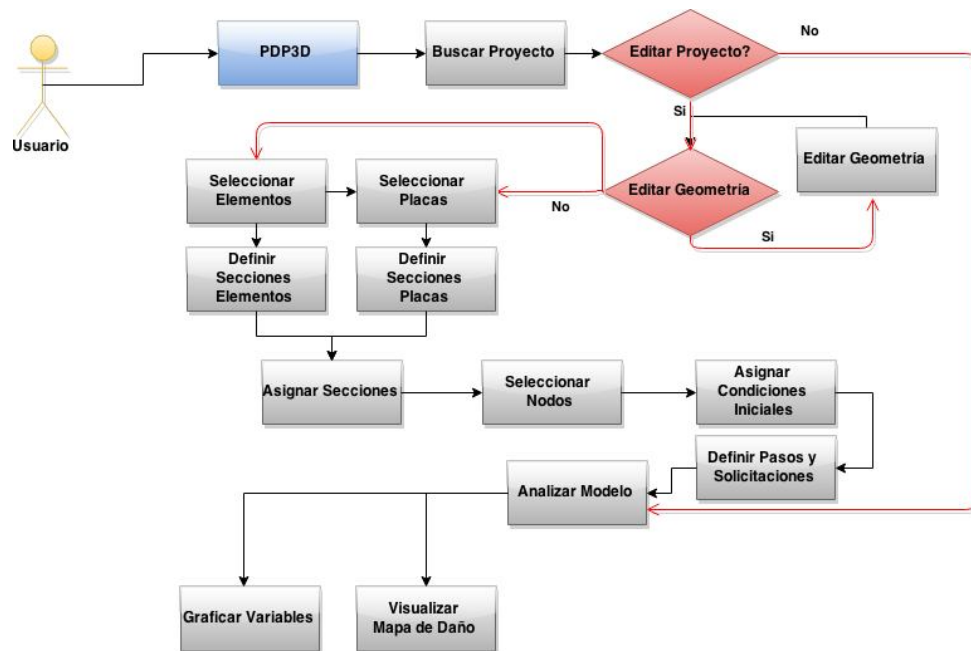


Figura 4.3: Diagrama de secuencia para el análisis de un modelo existente en PDP3D

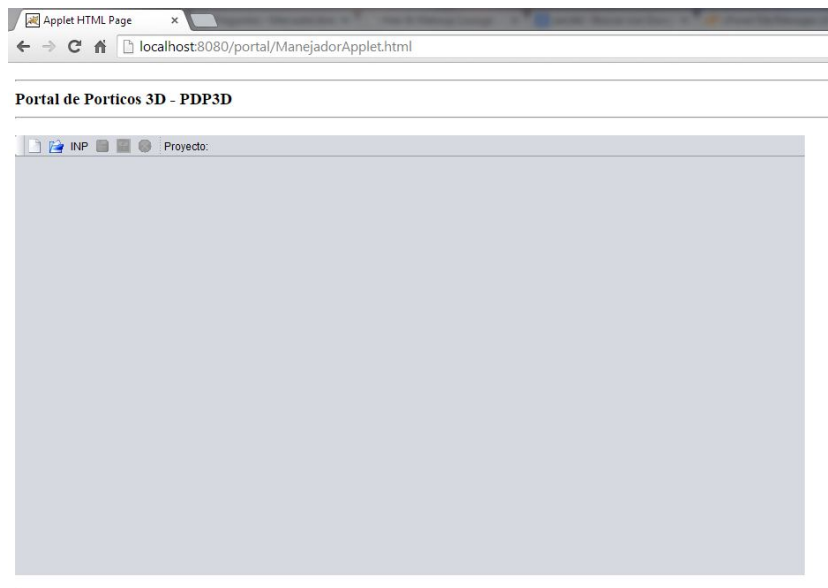


Figura 4.4: Entorno de la aplicación

proyecto.

### Opciones del manejo de archivos

**Abrir proyecto:** da la opción de abrir un proyecto creado anteriormente.

**Guardar:** Después de haber creado o abierto un proyecto se activará el botón dando la opción de guardarlo. En este particular se establece comunicación con el servidor para guardar el archivo de forma remota.

**Guardar Como:** Después de haber creado o abierto un proyecto se activará el botón dando la opción de guardarlo donde el usuario considere. En este particular se establece comunicación con el servidor para guardar el archivo de forma remota.

**IPN:** Da la opción de abrir el archivo IPN de proyectos ya creados.

### Digitalización de la estructura

Cuando es creado el proyecto, después de introducir el nombre, el programa pide establecer las características geométricas del modelo de la estructura en tres dimensiones a través de una nueva ventana llamada “Definición del modelo”, como se observa en la Figura 4.5, donde se debe especificar:

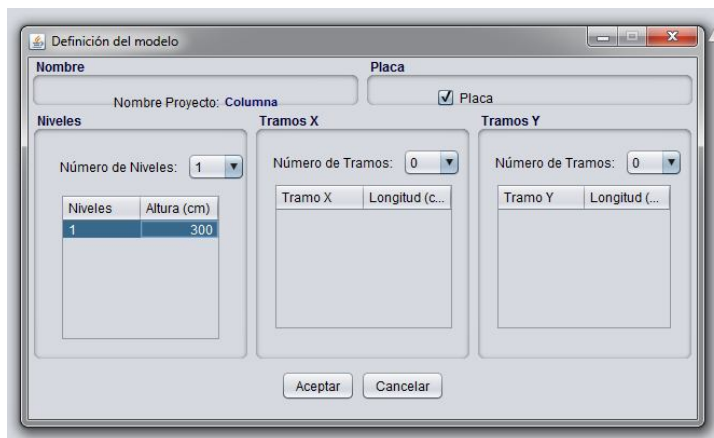


Figura 4.5: Digitalización de la Estructura Básica

- Si se quiere trabajar con placa o no
- Niveles, se selecciona el número de niveles que corresponde a la estructura a analizar. Y se debe especificar la altura de entrepiso en centímetros.
- Tramos, se debe definir el número de tramos tanto en la dirección X como en la dirección Y, indicando la longitud que tendrá cada uno de los tramos en centímetros.

Una vez digitalizada la estructura deseada, se mostrará la pestaña “GEOMETRÍA” como se ilustra en la Figura 4.6. En esta ventana se definen las características geométricas del modelo, y estarán activos los siguientes tres botones:

**Editar:** Al hacer click a la opción “Editar” se despliegan las siguientes opciones:

*Redefinir:* abre nuevamente la ventana de “Definición de Modelo” y permite modificar la geometría del modelo creado ya sea en sus dimensiones, número de niveles y/o número de tramos.

*Eliminar Elementos:* despliega una ventana donde se debe seleccionar los elementos (Columnas y Vigas) que se requieren.

*Agregar Elementos:* adiciona elementos requeridos entre dos nodos existentes. Para agregar un elemento primero se debe seleccionar el número de elementos a agregar, luego indicar dónde estará ubicado cada elemento adicional.

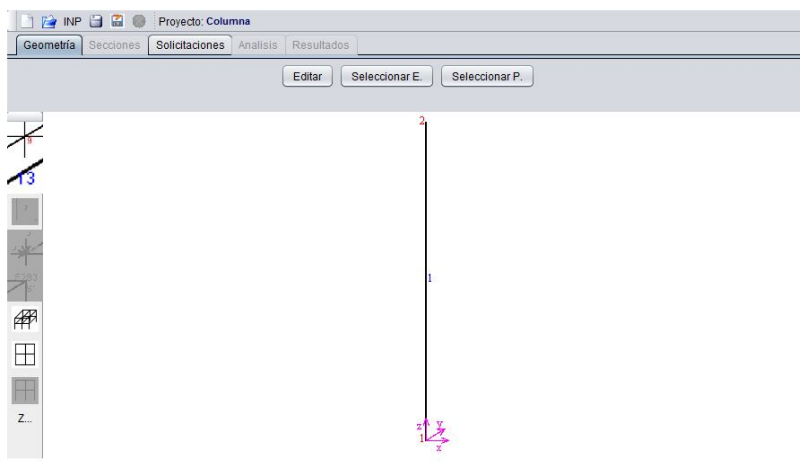


Figura 4.6: Entorno de la aplicación ampliada

**Seleccionar Elementos:** Cada elemento debe ser asignado a un grupo de elementos.

Al crear los grupos de elementos, estos tendrán las mismas secciones, los cuales pueden ser creados haciendo click en la opción agregar (+) y eliminados en la opción quitar (-).

Al crear un conjunto, se debe seleccionar los elementos que contendrá dicho conjunto lo cual se hace doble click en el espacio vacío debajo de la columna “Elementos” y abrirá una nueva ventana donde lista los elementos presentes en la geometría del modelo.

**Seleccionar Placas:** Cada placa debe ser asignada a un grupo, los cuales pueden ser creados haciendo click en la opción (+) y eliminados en la opción (-).

Al crear un conjunto de placas, para seleccionar los elementos de este tipo que contendrá dicho conjunto se debe hacer doble click en el espacio vacío debajo de la columna “Placas”, el cual desplegará una nueva ventana donde muestra todas las placas que existen en el pórtico modelado. Las placas que tengan características geométricas y condiciones de carga idénticas pueden ser asignadas a un mismo grupo.

En la pestaña “SECCIONES” se crean y asignan las secciones tanto para los elementos, como para las placas.

**Sección Elementos:** Al hacer click se despliega una ventana con la opción de crear diferentes secciones que llevara el proyecto, editarlas y/o eliminarlas. Al desplegar la ventana de “grupo de secciones” se activaran tres diferentes botones:

**Nuevo:** Para crear una nueva sección se debe seleccionar este botón, el cual desplegara otra pantalla adicional llamada “Definir Sección” donde se asigna toda la información de las secciones incluyendo las características del material.

**Editar:** Permite editar las secciones ya creadas. Para modificar las secciones, se debe seleccionar la sección y se le da al botón “Editar”, se desplegara la ventana de “Definir Sección” con todas las características de la sección seleccionada.

**Eliminar:** Permite eliminar una a una, las secciones ya creadas con solo seleccionarla.

### DEFINIR SECCION:

En este módulo se presentan los campos necesarios para la introducción de los valores de secciones rectangulares. Graficamente el módulo puede observarse en la Figura 4.7.

**Nombre de Sección:** Define el nombre de la sección.

**Tipo de Sección:** En la parte superior derecha se selecciona el tipo de sección ya sea (columna, Viga X, Viga Y u Otro).

**Área:** Se definen las dimensiones (b, h) según la vista mostrada en la pantalla.

**Masa:** La masa del elemento en  $\frac{(Ton*s^2)}{cm}$ , puede calcularse considerando el peso del elemento.  $Masa = \frac{(Volumen*\delta_{concreto})}{gravedad}$

**Aceros Longitudinales:** El programa por defecto trae dos capas de acero, compuesta por dos cabillas de  $\frac{3}{4}$ ” con un recubrimiento de 2.5cm.

Para definir el acero longitudinal se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Definir el número de capas a incorporar, utilizando dos capas como trae por defecto o aumentándolo utilizando el botón agregar (+) o disminuyéndolo con el botón quitar (-) ubicados en la parte derecha.



Definir sección

Sección

Nombre de la sección: S1

Area:

b (cm)	h (cm)	Eje Yb
21.0	26.0	0., 1., 0..

Def. Materiales

Masas (Ton)s<sup>2</sup>/cm: 0.01

Aceros Longitudinales

Capa	# Acer...	Area T...	x (cm)	y (cm)	Rec (c...)
AsInf	2	7.76	3.0	3.0	
AsSup	2	7.76	17.0	3.0	

Estribos

Tipo	Rx	Ry	L(cm)	de(cm)	s(cm)	rv	rh
A	2	2	0	0.953	10	2.5	2.5

Tipo A: estribo con ganchos

Tipo B: estribo solapado

Diag. Interacción

Aceptar

Cancelar

Figura 4.7: Digitalización de la Sección del Elemento Viga - Columna

- El número de barras a colocar que tendrá cada una de las capas.
- El área total del acero a utilizar por capa.
- La ubicación de las cabillas se podrá hacer de dos maneras:
  - Colocando en  $X$  la distancia horizontal que va desde el borde izquierdo de la sección hasta el centro de la barra y luego colocando el recubrimiento que será la distancia comprendida desde el borde inferior de la sección hasta el centro de la cabilla.
  - Colocando la altura que habrá desde el borde inferior de la sección hasta el centro de la barra y luego el recubrimiento que será la distancia en horizontal que habrá desde el borde izquierdo de la sección hasta el centro de la barra.

**Estribos:** Se agregan los datos correspondientes al acero transversal de los elementos:

**Tipo:** se define el tipo de estribo con el que se va a trabajar, teniendo dos tipos como opciones:

- Tipo A: estribo con ganchos
- Tipo B: estribo solapado

Tipo A: si se trabaja con estribos tipo A, se deben definir  $R_x$  y  $R_y$

$R_x$ : define el número de ramas en la dirección X de la sección transversal.  $R_y$ : define el número de ramas en dirección Y de la sección transversal.

Tipo B: si se elige trabajar con los estribos tipo B  $R_x$  y  $R_y$  son iguales a 0 y se debe proporcionar una longitud L (perímetro) de estribo empleada en el reforzamiento transversal.

**Diámetro (de):** se debe definir en centímetros el diámetro de los estribos.

**Separación entre los estribos:** se debe especificar la separación que tendrán los estribos en la zona confinada.

**Recubrimiento:**  $R_h$  y  $R_v$  serán los recubrimientos horizontales y verticales que tendrán los estribos partiendo de la cara del elemento al centro del estribo.

**Definir Materiales:** En esta opción se definen las especificaciones mecánicas usados para la estructura.

Para el concreto, el usuario debe proveer al sistema de los siguientes datos:

- Resistencia del concreto ( $f'_c$  en  $Kg/cm^2$ )
- Deformación máxima del concreto ( $eo < 0.002$ )
- Deformación ultima del concreto ( $eoc < 0.004$ )
- Módulo de elasticidad ( $E$ ,  $Kg/cm^2$ )
- Máxima deformación última del concreto confinado ( $eccu \geq 0.004$ )
- Tasa de deformación (alta o baja) se refiere a la rapidez con la cual se aplica la carga al pórtico a analizar. Generalmente, se considera la tasa de deformación baja cuando las cargas son aplicadas lentamente, estáticas; mientras

que la opción alta se utiliza cuando las cargas son aplicadas rápidamente, dinámicas.

- Opciones de diseño (confinado, no confinado)

Para el acero, el usuario debe especificar la curva esfuerzo deformación del acero utilizado, suministrando los siguientes valores:

- Máxima deformación ( $esm$ )
- Deformación de cedencia ( $ey$ )
- Deformación al final de la cedencia ( $esh$ )
- Esfuerzo último ( $fsu, Kg/cm^2$ )
- Esfuerzo cedente ( $fy, Kg/cm^2$ )
- Esfuerzo cedente de refuerzo transversal ( $fy, kg/cm^2$ )

Se debe tomar en cuenta lo siguiente:  $ey \leq esh \leq esm, fsu > fy$

**Diagrama de Interacción:** Permite al usuario visualizar los diagramas de interacción para cada uno de los elementos del sistema, tanto para el eje Yb como el eje Zb. Estos diagramas son referidos a los momentos críticos o de agrandamiento ( $Mcr$ ), Momento plástico o de fluencia ( $Mp$ ), y Momento Último ( $Mu$ ) y la Curvatura Ultima con sus respectivos niveles de Carga Axial ( $C$ ). En la Figura 4.8 se observa un ejemplo del Diagrama de Interacción. Tiene la capacidad de mostrar los momentos positivos y negativos, además de las curvaturas positivas y negativas.

Sección Placa: Al hacer click en este botón se activaran tres botones

Nuevo: permite crear una nueva placa, donde se despliega una nueva ventana llamada “Sección Placa”.

Sección Placa: donde se debe establecer las siguientes características de la placa

- Nombre Sección: define el nombre de la placa.
- Modulo de Elasticidad ( $E$ ) en  $Kg/cm^2$ .

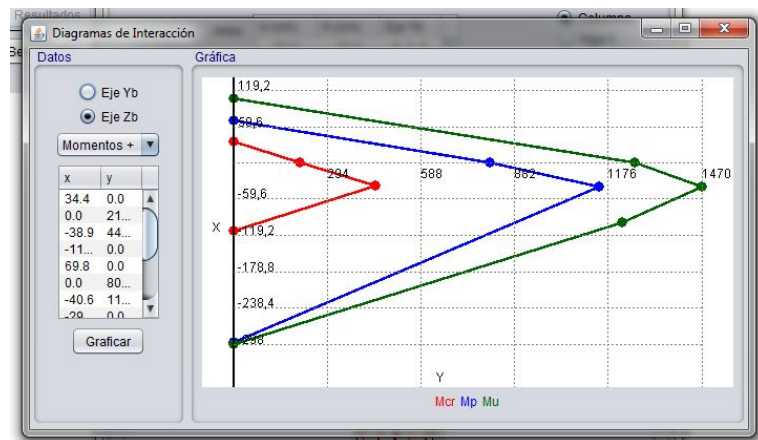


Figura 4.8: Diagrama de Interacción

- Coeficiente de Poisson ( $\nu$ )
- Espesor de la placa ( $t$ ) en cm
- Densidad de masa ( $d$ ) en  $Kg/m^3$

Editar: permite editar las secciones ya creadas. Para modificar las secciones, se debe seleccionar la sección y se le dá al botón "Editar", se desplegará la ventana de "Definir Sección" con todas las características de la sección seleccionada.

Eliminar: permite eliminar una a una, las placas ya creadas con solo seleccionarla.

Asignar Sección: Despliega una ventana que permite asignar las secciones y placas definidas al conjunto de elementos y conjunto de placas.

**SOLICITACIONES:** Para asignar las solicitaciones, conjunto de cargas (Fuerzas puntuales o distribuidas), desplazamientos o aceleraciones, a las cuales se someterá la estructura, se deben seleccionar los nodos, después se debe indicar las condiciones iniciales y finalmente introducir los pasos de análisis.

Seleccionar Nodos: Para seleccionar los nodos deben crearse los conjuntos de nodos, estos conjuntos llevaran las mismas restricciones y solicitaciones. Haciendo click al botón "+" cada conjunto de nodos puede ser renombrado presionando doble click en la casilla debajo de la columna "nombre".

Condiciones iniciales: Dependiendo del conjunto de nodos se debe asignar las diferentes restricciones que tendrán para establecer las condiciones de apoyo del pórtico, ya

sea la restricción de los desplazamientos en las diferentes direcciones ( $U_x, U_y, U_z$ ), o la restricción de las rotaciones posibles ( $\theta_x, \theta_y, \theta_z$ ).

**Pasos de análisis:** En esta opción podemos crear los pasos de análisis que tendrá el pórtico, la estructura o elemento pudiendo elegir la duración del paso, el nodo al que será sometido y la magnitud de la fuerza, desplazamiento o aceleración, y la dirección que esta tendrá. En la Figura 4.9 se visualiza el diseño de la ventana.

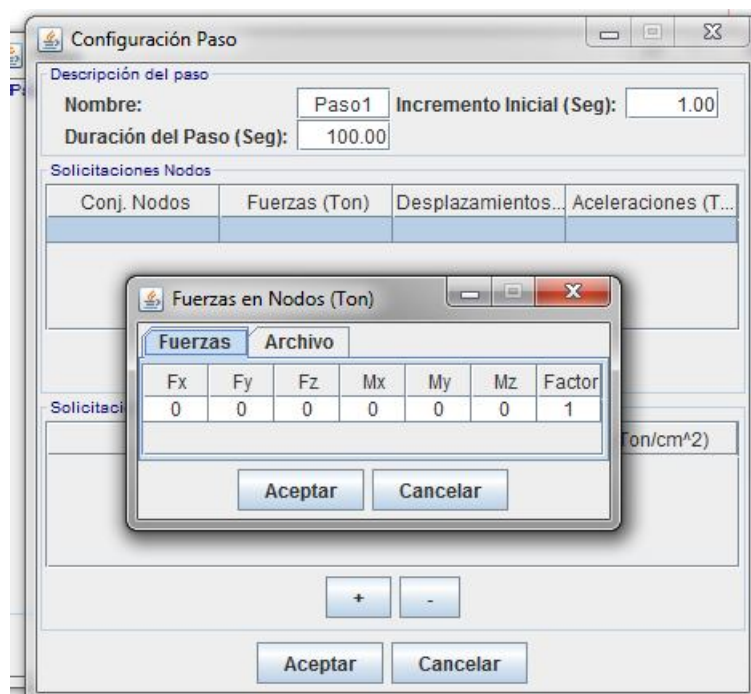


Figura 4.9: Configuración del Paso de análisis

Para introducir los pasos de análisis se oprime el botón “Pasos Análisis” que abrirá la ventana “Pasos”. Luego para crear un nuevo paso, en la opción Nuevo se abre una nueva ventana “Configuración Paso” donde se piden las características principales del paso los cuales son necesarios para el análisis. Las características necesarias son:

**Nombre:** Permite al usuario asignarle un nombre para identificar el paso creado.

**Incremento Inicial (seg):** valor del incremento del paso en segundos, con el cual el programa empieza el proceso. En caso de ser un análisis dinámico es referido al primer incremento inicial de tiempo que tiene el registro de aceleraciones.

Los registros de aceleraciones contenidos en la carpeta del programa tienen un incremento de 0.01seg.

**Duración del Paso (seg):** Para el caso de un análisis estático, la duración del paso indica el tiempo en el cual se desea aplicar la carga o desplazamiento. En caso de ser un análisis dinámico, la duración se refiere al tiempo que será sometida la estructura al sismo.

Luego, el usuario podrá elegir dependiendo del conjunto de nodo o conjunto de placas, las solicitaciones que tendrá por paso ya sea, Fuerzas, Desplazamientos o Aceleraciones que serán aplicadas. Para introducir las solicitaciones primero se debe crear haciendo click en el botón “+” luego se tiene que seleccionar el conjunto de Nodos al cual le será aplicada la solicitación. A continuación, se asignara las solicitaciones, que serán aplicadas en el paso a analizar. Estas pueden ser:

**Fuerzas (Ton):** Para introducir una fuerza se hace doble click en el espacio vacío ubicado en la segunda columna. En esta opción se pueden introducir fuerzas y/o momentos eligiendo la dirección requerida, se introduce la magnitud de la fuerza en toneladas y el momento en *Ton.cm* en la casilla correspondiente.

**Desplazamiento en Nodos (cm):** Igualmente se hace doble click en el espacio vacío correspondiente. En esta opción el usuario podrá introducir tanto desplazamientos, como rotaciones introduciendo la magnitud en la dirección requerida. Los desplazamientos deben ser introducidos en centímetros (*cm*) y las rotaciones en radianes

**Aceleraciones ( $Ton/cm^2$ ):** En este caso el usuario podrá escoger entre una lista de registros que se encuentran almacenados en la carpeta del programa o bien introducir su propio archivo de registros teniendo cuidado que el mismo cumpla con el formato que se presenta y la extensión *amp* para que pueda ser leído por el sistema.

Estos registros se presentan como archivos de texto con extensión *amp* contenido en ocho (8) columnas separadas por comas (,) donde se especifica el intervalo de tiempo así como el registro de aceleraciones de los mismos.

Los sismos tienen una duración de 29.99 segundos y la amplitud varía según la intensidad del sismo. (La primera columna corresponde al tiempo y la segunda a las aceleraciones registradas).

**ANALIZAR:** Luego de crear la geometría, las secciones, solicitaciones y paso de análisis del modelo, se realiza el análisis de la estructura. Para comenzar el análisis es necesario guardar el proyecto, si este es guardado correctamente aparecerá una pequeña ventana indicando que ha sido guardado con éxito.

Una vez guardado se activara el botón de “Analizar”. Este botón establece la comunicación y emite la petición para llamar a PEEF y proceder al análisis. Al comenzar se podrá observar en una ventana emergente el proceso de simulación indicando el tiempo de itecaión de ejecución del mismo. Si el análisis se realiza de manera correcta y completa al final de la ventana emergente indicara que su proceso ha sido culminado exitosamente. De lo contrario esta lista quedará incompleta.

**RESULTADOS:** Una vez culminado el análisis correctamente, se activara la pestaña de “Resultados” donde se grafican y visualizan las variables calculadas durante el análisis. Se presentaran dos opciones: Gráficas y Mapa de Daño.

Gráficas: En la primera opción se realizan las graficascbidimensionales correspondientes a los nodos o elementos. Un ejemplo se puede observar en la Figura 4.10. Las variables a graficar están constituidas por dos ejes  $X$  y  $Y$ .

Para graficar se debe elegir entre las dos variables: nodos o elementos. Si se desea graficar para un nodo:

Se debe elegir cuál de los nodos existentes se desea graficar. El usuario podrá elegir cualquiera de las variables en los dos componentes.

Las variables son:

- Tiempo
- Desplazamiento en  $X$  -  $U1$
- Desplazamiento en  $Y$  -  $U2$
- Desplazamiento en  $Z$  -  $U3$

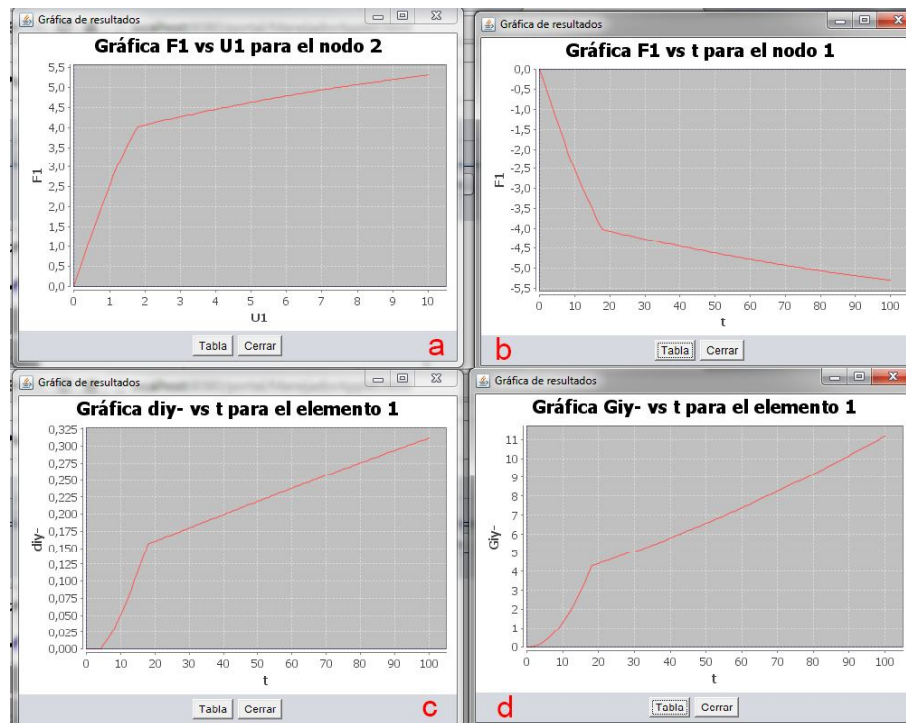


Figura 4.10: Resultados gráficos del portal

- Rotación en X - R1
- Rotación en Y - R2
- Rotación en Z - R3
- Fuerza en X - F1
- Fuerza en Y - F2
- Fuerza en Z - F3
- Momento en X - M1
- Momento en Y - M2
- Momento en Z - M3

Por otra parte si se desea graficar para Elementos aparecen los valores correspondientes a:



- $\phi_{iy} - \phi_{jy}$  = son las rotaciones por flexión de la tangente del elemento en los extremos con respecto a la cuerda del plano.
- $\phi_{iz} - \phi_{jz}$  = son las rotaciones por flexión en el plano XY
- $\delta$  = representa el alargamiento axial.
- $\phi_x$  = rotación torsional.
- $M_{iy} - M_{jy}$  = representan los momentos flectores en los extremos i y j del elemento en el plano XZ.
- $N$  = es la carga axial del elemento.
- $M_{iz} - M_{jz}$  = representan los momentos flectores en i y j en el plano XY.
- $M_x$  = es el torque.
- $\lambda_i - \lambda_j$  = son multiplicadores plásticos.
- $d_{iy}^+ - d_{jy}^+ - d_{iz}^+ - d_{jz}^+$  = representan el agrietamiento debido a acciones positivas.
- $d_{iy}^- - d_{jy}^- - d_{iz}^- - d_{jz}^-$  = representan el agrietamiento debido a acciones negativas.
- $\Phi_{iyp} - \Phi_{izp}$  = deformaciones plásticas para la rotula i.
- $\Phi_{jyp} - \Phi_{jzp}$  = deformaciones plásticas para la rotula j.
- $G_{iy}^+ - G_{jy}^+ - G_{iz}^+ - G_{jz}^+ - G_{iy}^- - G_{jy}^- - G_{iz}^- - G_{jz}^-$  = representan la tasa de disipación de energía para cada rotula del miembro de pórtico.

Como se observa Figura 4.10, la gráfica a, representa la relación entre el desplazamiento en  $X$  y la fuerza en  $X$  para el nodo 2. La gráfica b, representa la relación entre el tiempo  $t$  y la fuerza en  $X$  para el nodo 1. La gráfica c, representa la relación entre el tiempo  $t$  y daño en la dirección negativa del eje  $Y$  local para el elemento 1. La gráfica d, representa la disipación de energía en dirección negativa del eje  $Y$  local a medida que transcurre el tiempo  $t$  para el elemento 1.

Mapa de Daño: En esta segunda opción se puede ver gráficamente y numéricamente el daño de la estructura en función del tiempo, Figura 4.11. El tiempo se puede cambiar manualmente, o presionando el botón CORRER y donde el programa reproducirá el daño iteración a iteración.

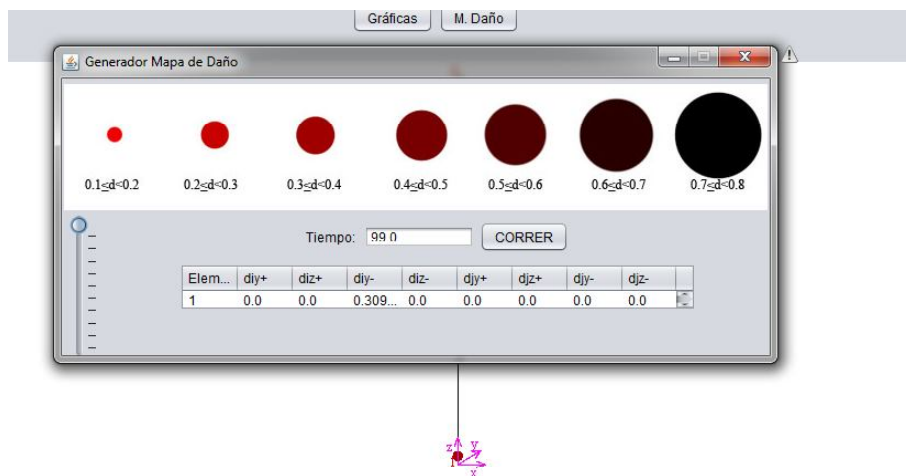


Figura 4.11: Mapa de Daño

### 4.2.1 Archivos generados por el PDP3D

**Nombre\_Proyecto.INP:** El archivo es generado por el portal y contiene la información sobre la geometría de la estructura las propiedades de los elementos que la conforman y la información sobre los pasos de análisis para realizar la simulación. Es el archivo de entrada o archivo que alimenta el programa PEEF

**Nombre\_Proyecto.P3D** El archivo es generado por el portal, el cual contiene la información y los datos que el usuario administra al portal, como por ejemplo, geometría de la estructura, secciones de los elementos, pasos de análisis para la simulación, materiales de los elementos, y más. Este archivo solo es entendido por el Portal.

**Nombre\_Proyecto.ERR** En este archivo se guardan los errores por los cuales no pudo converger la simulación de la estructura. Este archivo es generado por PEEF

**Nombre\_Proyecto\_E Elemento.txt** Los archivos obtenidos por PEEF, al simular correctamente una estructura, contienen los resultados de cada una de las variables de estado para los elementos. Este archivo se refiere exclusivamente a los resultados obtenidos en el elemento con identificador Elemento.

**Nombre\_Proyecto\_E.txt** Los archivos obtenidos por PEEF, al simular correctamente una estructura, contienen los resultados de cada una de las variables de estado para los elementos, Este archivo se refiere exclusivamente a los resultados obtenidos en todos los elementos de la estructura. Este archivo es el cual se utiliza para visualizar los resultados en el Portal.

**Nombre\_Proyecto\_N Nodo.txt** Los archivos obtenidos por PEEF, al simular correctamente una estructura, contienen los resultados de cada una de las variables de estado para los nodos, Este archivo se refiere exclusivamente a los resultados obtenidos en el nodo con identificador Nodo.

**Nombre\_Proyecto\_N.txt** Los archivos obtenidos por PEEF, al simular correctamente una estructura, contienen los resultados de cada una de las variables de estado para los nodos, Este archivo se refiere exclusivamente a los resultados obtenidos en todos los nodos de la estructura. Este archivo es el cual se utiliza para visualizar los resultados en el Portal.

**ArchivoINP.txt** Este archivo contiene e indica a PEEF cual archivo con extensión INP debe simular.

**RES** Este archivo sin extensión es el resultado de ejecutar el programa generador, contiene la información sobre las propiedades de la sección en sus ejes locales.

**RES\_seccion** Este archivo contiene la información sobre las propiedades de la sección en sus ejes locales en el extremo i de la sección.

**RES\_seccion.j** Este archivo contiene la información sobre las propiedades de la sección en sus ejes locales en el extremo j de la sección.

**seccion.txt** El archivo que crea el portal con la información sobre la sección, la cual contiene información de los materiales y la distribución de los aceros. Este programa funciona como archivo de entrada para el programa generador

## 4.3 Pruebas y Depuraciones del Cliente PC

Luego de la programación del Cliente PC en una interfaz gráfica, sencilla, intuitiva y agradable para el usuario. Se llevó la ardua tarea de realizar numerosas pruebas del programa.

Esta serie de pruebas y depuraciones por las cuales pasó el PDP3D se resumen en 3 etapas fundamentales.

La primera etapa puede definirse como la prueba del post -procesador; recordando que el Post-proceso se refiere a la visualización de los resultados para ser entendidos e interpretados por el especialista.

En esta etapa se probó exhaustivamente el portal con diferentes modelos teóricos y reales. Estas pruebas se realizaron en conjunto con la Ingeniero Maylett Uzcátegui, siendo ella el primer usuario dentro del área en probar el Portal de Pórticos 3D.

Entre algunas de las pruebas realizadas se destaca la visualización de los resultados obtenidos de un Edificio pequeño en forma de L sometido ante un sismo en particular.

**Simulación numérica de una estructura en "L" y dos niveles:** En este caso la estructura se sometió varias veces a historias de aceleraciones en su base derivadas del sismo artificial Z5S2GB2 donde:

- Z5: Según el mapa de zonificación (Mérida, Municipio Libertador).
- S2: Forma espectral tipificada de acuerdo al terreno de fundación.
- GB2: Clasificación de la edificación según el uso.

Se realizaron un total de 6 simulaciones numéricas, en donde el registro de aceleraciones se multiplicó por una magnitud según la tabla 4.1, para las direcciones  $X$  y  $Y$  respectivamente:

En la Figura 4.12 se muestra el mapa de daño obtenido en cada simulación.

Tabla 4.1: Magnitud de la variable aceleración del registro de aceleraciones.

Simulación	Sismo en X	Sismo en Y
1	0.20g	0.10g
2	0.40g	0.20g
3	0.60g	0.30g
4	0.80g	0.40g
5	1.00g	0.50g
6	1.20g	0.60g

En la simulación 1 y 2 los valores de daño son muy pequeños, inferiores en la mayoría de los elementos a 0.20, el máximo ocurre en la viga 4 con un valor de daño de 0.24. También se puede observar que los daños en las columnas aparecen a partir de la simulación 5, sin embargo no se incrementan de forma considerable en la simulación 6, y se mantiene con valores inferiores a 0.40. Por el contrario, en las vigas 4, 6, 8 y 10 el daño aumenta con cada simulación, alcanzando valores entre 0.50 y 0.60 en la última simulación.

La segunda etapa para las pruebas y depuración del Cliente Pc incluyo probar y depurar el Preprocesador junto con el Procesador, de esta manera el objetivo de esta etapa era refinar la escritura del archivo INP, archivo que contiene la información del modelo. Estas Pruebas fueron realizadas por Lisbeth Maldonado y Diego Uzcátegui, para su proyecto de grado [Maldonado L. \(2012\)](#).

Los resultados obtenidos por parte de esta segunda etapa fueron los siguientes:

- En la primera parte se corrigieron errores en los archivos de extensión .INP que generaba el preprocesador, tales como, errores en la frecuencia, errores en la ubicación de las coordenadas de los nodos, entre otros, los cuales se comprobaban a través del programa ABAQUS CAE.
- En el menú de edición del grupo de secciones, no se podían deshacer los cambios a la sección, por ende una vez modificados, no se lograba regresar.
- Al eliminar algún elemento no era posible realizar el análisis de la estructura.

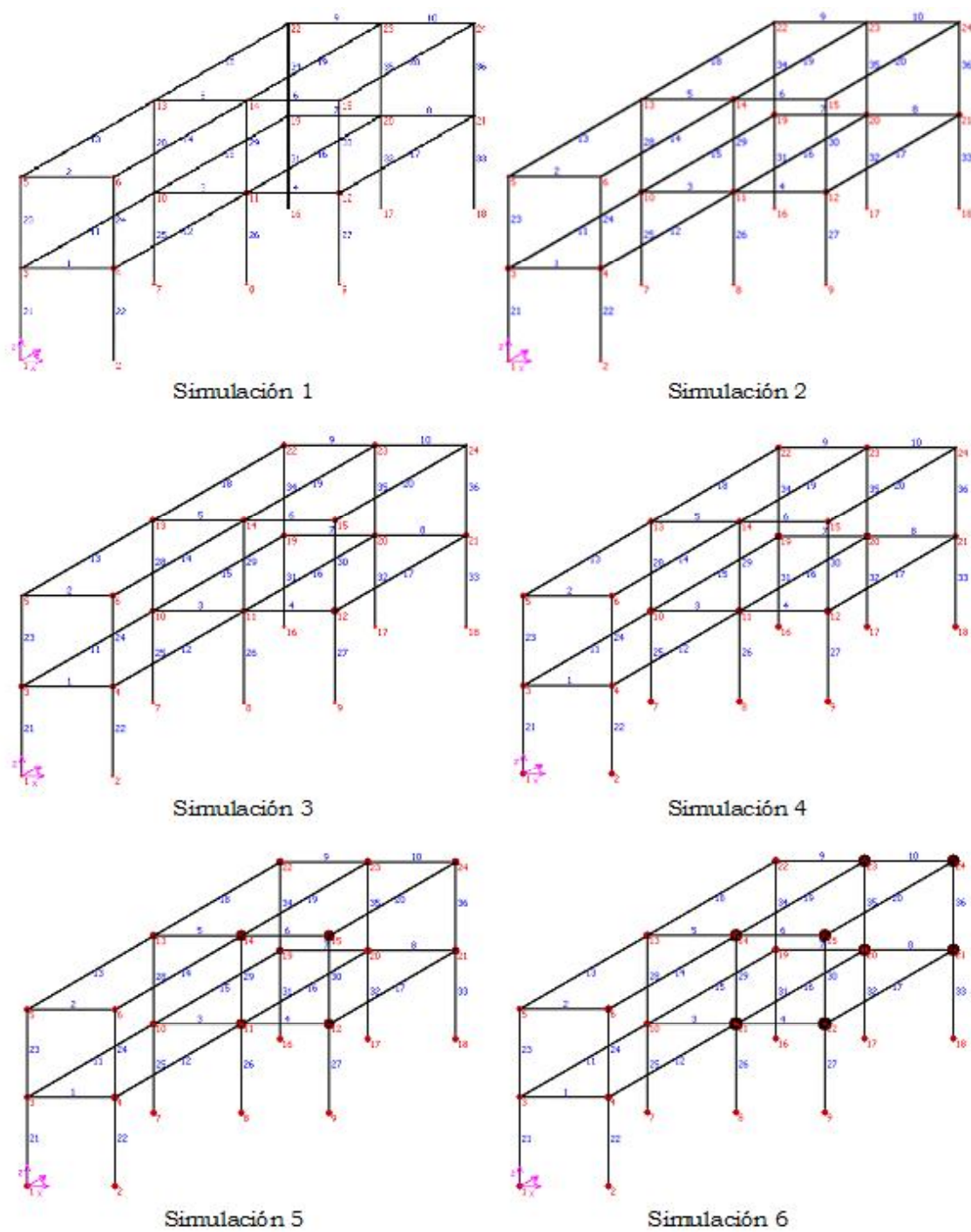


Figura 4.12: Mapa de daño al final de cada simulación

La tercera y última etapa para la depuración del PDP3D fue un trabajo en equipo junto a la Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”. Esta etapa se enmarcó en el uso y manejo del portal de una forma mucho más rigurosa para la obtención de posibles errores en el PDP3D.

Un aporte adicional a este trabajo fue la realización de un Manual de Usuario y un Tutorial (ver Apéndice D), a cargo de Gabriela Terán, para el correcto uso del PDP3D.

El trabajo realizado por Andrea Guzmán y Katherine Mejías, en su trabajo de Grado Guzmán Andrea (2014), consistía en probar múltiples modelos de estructuras ante diferentes solicitudes. Los modelos que se usaron para el estudio y depuración del portal van desde modelos teóricos, hasta modelos de edificios reales, obteniendo como resultados más importantes los siguientes:

- Se encontró un error con el generador el cual se localiza en el módulo de secciones en la opción definir la sección, al momento de colocar el área de acero no quería generar los diagramas ni aceptar la cantidad de acero que se definía.
- Al momento de crear un paso donde se tuviera que cargar un registro sísmico (nombre.AMP) el programa no procesaba el archivo.
- Cuando se eliminaba algún paso para luego generar uno nuevo la pantalla emergente se colocaba en blanco (se colgaba) no era posible realizar el análisis de la estructura.
- Al momento de colocar el recubrimiento del acero longitudinal no permitía un recubrimiento menor a 3cm; ya que generaba un problema con el recubrimiento del acero transversal.

Dado que el proceso de prueba y depuración del Portal de Pórticos 3D fue realizado por diversas personas en diferentes momentos, evidencia la evolución, el mejoramiento y el fortalecimiento del mismo. Comenzando por una simple aplicación que mostraba solo resultados de forma gráfica hasta convertirse en un portal que permite a un usuario con cierto nivel de conocimiento poder realizar análisis de pórticos desde la comodidad de su casa.

## 4.4 Diagrama General de Clases

Como en toda aplicación de *software* desarrollada orientada a objeto, contiene un conjunto de clases enlazadas entre sí para englobar un producto final. En el caso del Portal De Pórticos 3D, en la Figura 4.13, se puede observar el diagrama de clases desarrolladas en JAVA para esta aplicación.

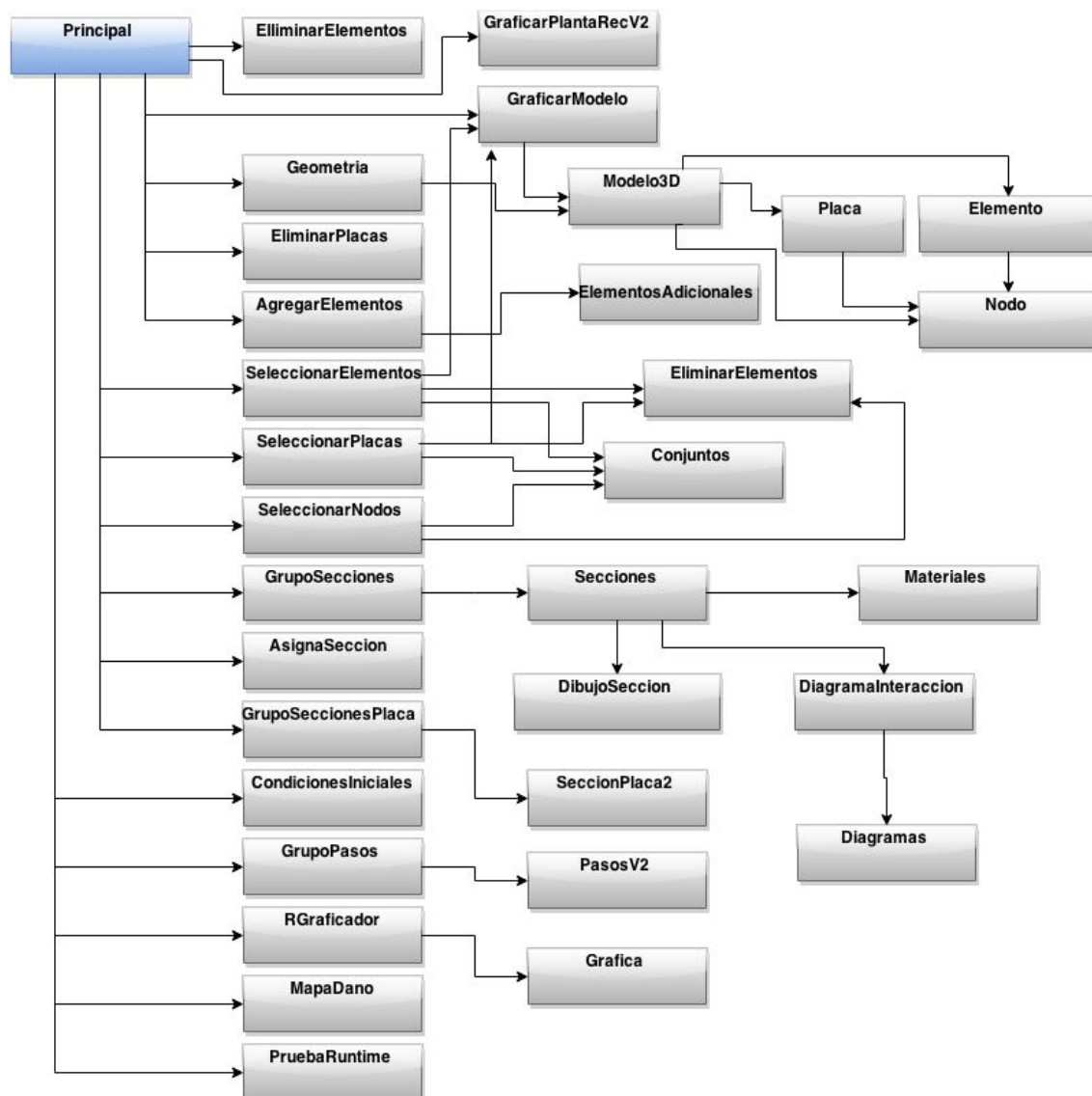


Figura 4.13: Diagrama de Clases para la Aplicación Portal de Pórticos 3D.



Como se observa el corazón de la aplicación es un Applet, con el nombre principal.java. Este Applet directamente funciona como clase principal conteniendo e interactuando con la mayoría de las clases del portal, es decir, sincronizando cada una de sus funciones. Esta clase principal.java hace llamados a un grupo específico de clases, como se ilustra en el diagrama de la Figura 4.14.

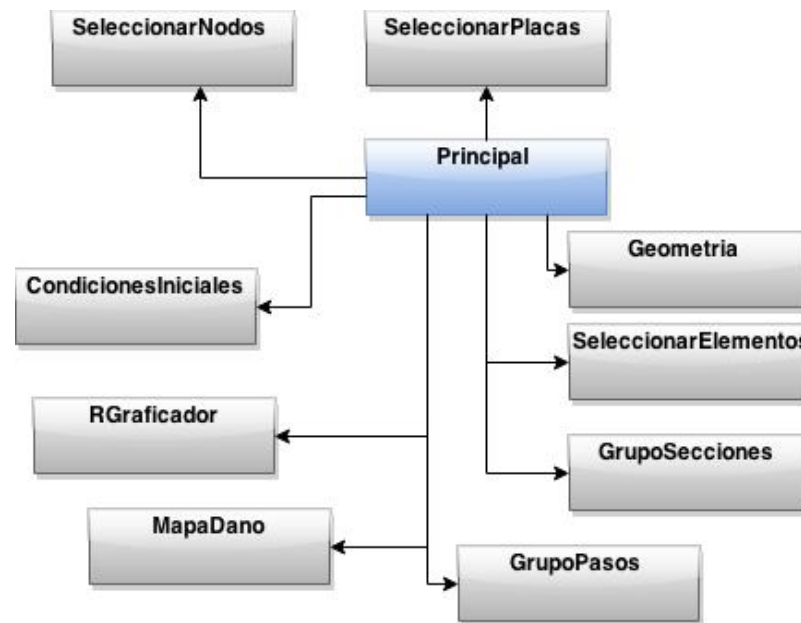


Figura 4.14: Diagrama de Clases para la Clase principal.java

Entre las clases, más importantes, que llama principal.java se encuentran:

**Geometría:** Esta clase se encarga directamente de contener agrupado los datos de nodos, elementos y placas que contiene el modelo estructural.

**SeleccionarElementos:** Clase cuyo objetivo es el de proporcionarle al usuario una interfaz para seleccionar los diferentes elementos, Viga o Columna, que compartan la misma sección. Estos elementos seleccionados resaltan en color rojo con respecto a los demás.

**SeleccionarPlacas:** En esta clase se despliega visualmente una lista de placas para ser seleccionadas por el usuario. Estas placas seleccionadas resaltan en un color amarillo para diferenciarlas del resto. Los diferentes conjuntos seleccionados donde almacenados en una clase llamada Conjunto.java

**SeleccionarNodos:** Clase con propósito muy similar al de `SeleccionarElemento.java`, pero que se diferencia en la información a almacenar. Esta clase almacena la información en un objeto de la clase `Conjunto.java`.

**GrupoSecciones:** Esta clase derivada de la `JFrame` permite al usuario gestionar las diferentes secciones de elementos con los cuales se diseña el pórtico.

**CondicionesIniciales:** Es una clase que contiene la interfaz, sencilla e intuitiva para la selección de condiciones de contorno, o condiciones iniciales para los nodos del portal, almacenando la información en un vector de tipo *boolean*.

**GrupoPasos:** Esta clase derivada de la `JFrame` permite al usuario gestionar las diferentes solicitudes (Fuerza, Desplazamientos o Aceleraciones) a las cuales está sometida la estructura aporticada.

**RGraficador:** Clase encargada de proporcionarle al usuario las diferentes alternativas para visualizar los datos en un plano cartesiano *XY*. Esta clase contiene tres `JComboBox`, que sirven para la selección de los ejes y el tipo de gráfica que se desea visualizar.

**MapaDanio:** Clase derivada de `JFrame`, la cual contiene un serie de objetos como un `JSlice`, para ver el transcurso del tiempo, una `JTable` donde se registran los resultados para el daño del elemento y un panel con la leyenda para interpretar el resultado numérico.

Otra clase importante a la cual hay que hacer referencia es la clase `GraficarModelo.java`, clase cuyo objetivo principal es el de graficar o visualizar el pórtico en 3D. Esta clase incluye la clase `Molelo3D.java`, clase base encargada de almacenar en `ArrayList` la información de la estructura, utilizando objetos de tipo `Elemento`, `Placa` y `Nodo`. Estos objetos contienen las coordenadas de ubicación, y los atributos característicos de cada elemento físico. La relación entre ellas se representa en el diagrama de la Figura 4.15.

Las secciones de los elementos son determinista para el modelo de la estructura aporticada, por tal motivo la clase `Secciones.java` contiene y maneja la información

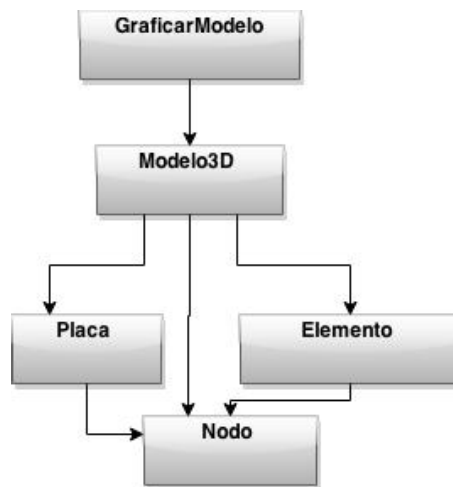


Figura 4.15: Diagrama de la Clase GraficarModelo.java y Modelo3D.java.

detallada para esta característica física. Esta Clase deriva de la JFrame y en ella se encuentran los atributos importantes de la sección almacenados en tres JTables, uno para el área de la sección, otro para la ubicación de los aceros longitudinales y otro que contiene la información de los estribos. Además esta clase realiza llamados a la Clase DibujoSeccion.java, DiagramaInteraccion.java y Materiales.java como se muestra en el diagrama de la Figura 4.16.

**DibujoSeccion.java:** Clase que deriva de un JPanel y cuyo propósito es graficar la sección, para darle un bosquejo al usuario de como resulta su diseño.

**Materiales.java:** Clase derivada de la JFrame, y que permite al usuario editar los parámetros en los materiales de construcción, concreto y acero, a utilizar en el modelo.

**DiagramaInteraccion.java:** Clase derivada de un JFrame, que contiene la estructura visual para contener un objeto grafico de tipo panel y mostrar al usuario a través de un JTable los datos del diagrama para una determinada sección. Esta clase llama la clase Diagrama.java, derivada de la clase Canvas.java, permite graficar el diagrama de interacción y ubicarlo en el objeto panelcentral de la clase DiagramaInteraccion.java

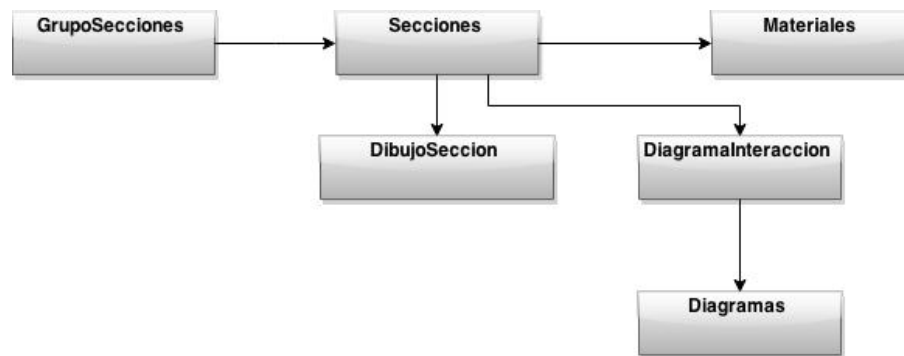


Figura 4.16: Diagrama de la Clase SeccionV2.java

La clase RGrificador.java encargada de proporcionar los controles al usuario presenta la peculiaridad que llama a la clase Grafica.java. Esta clase hace un llamado a librería JFreeChart que proporciona los métodos para la visualización de gráficas, ver Figura 4.17.



Figura 4.17: Diagrama de la Clase Rgrificador.java

La documentación más extendida y con mayor claridad queda expuesta en el Apéndice A del presente documento; en esta sección queda expuesta todo el desarrollo y funcionalidad del Cliente PC, como una aplicación Applet, alojada en un Navegador Web que realiza simulaciones de estructuras aporticadas desde cualquier computador con acceso a internet, sin atarse a una arquitectura física en particular.