ESTUDIO COMPARATIVO DE UNA ESTRUCTURA DE 6 NIVELES CON APLICACIÓN DEL PROGRAMA SAP2000

Emerson Guambo Novillo[1], Guillermo Muñoz Villa[2], José Mancero[3]

[1] Ingeniero Civil 2004
[2] Ingeniero Civil 2004
[3] Director de Tesis, Ingeniero Civil, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2003, Profesor de ESPOL desde 1983.

RESUMEN

El programa SAP2000 es una herramienta muy eficiente y productiva dentro del campo de la ingeniería estructural, debido a su gran capacidad de analizar y diseñar estructuras, es por eso que es un programa de mayor aceptación en nuestro medio.

Gracias a la diversidad de opciones que facilita el programa para el análisis de edificios, se desarrollaron los tres modelos para la estructura de seis niveles los mismos que tenían configuraciones estructurales diferentes (solo con marcos, marcos y muros, tubular), para luego someterlos a un análisis y de esta forma observar su respuesta ante cargas de gravedad y sísmicas. Una vez obtenidos sus resultados, se realizó una comparación entre ellos, a fin de establecer que sistema estructural seria el mas recomendado para el edificio de seis niveles.

No obstante, para llevar a cabo tal estudio, se desarrolló una guia del usuario con procedimientos detallados, con la finalidad de que el usuario pueda interactuar con el programa, para que el ingreso y la salida de datos se la realice con mucha facilidad es decir en forma ágil y precisa, logrando de esta manera optimizar la creación de los modelos dentro del SAP2000.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el uso y disponibilidad de computadoras ha dado lugar a que se desarrollen una gran variedad de programas para el análisis y diseño de estructuras los cuales han tenido un efecto positivo en el análisis estructural, al reducir el tiempo en el calculo estructural y obtener resultados de una manera eficaz y productiva.

Un programa de análisis y diseño estructural muy utilizado en nuestro medio es SAP2000. Esta herramienta de cálculo permite optimizar el diseño considerando diversos sistemas estructurales, geometrías, secciones, condiciones de carga para una determinada estructura. Logrando de esta manera simular lo mas cercano posible las condiciones a las que va a estar expuesta la estructura real dentro del modelo estructural.

Para aprovechar con mayor eficacia lo útil que representa el programa SAP2000, se ha desarrollado una guía de usuario que facilite el manejo del programa y además conjuntamente un análisis sísmico a un edificio de seis niveles con tres modelos, en los cuales sus sistemas estructurales son diferentes, con el fin de efectuar un estudio comparativo entre dichos modelos.

CONTENIDO

CONCEPTOS BASICOS DEL PROGRAMA SAP 2000

SAP2000 es un programa de análisis y diseño estructural, que se basa en el método de elementos finitos utilizando matrices de rigidez, el cual proporciona herramientas que son muy útiles dentro del modelado de edificios sismo resistentes.

Modelo Estructural

El análisis y el diseño de la estructura se lo realiza definiendo un modelo en la interfase gráfica del programa, el cual puede incluir las siguientes características:

Propiedades del material.
Elementos Frame que representan vigas, columnas y miembros de cerchas.
Elementos Shell que representan muros, pisos y otros miembros de pared delgada.
Nudos que representan las conexiones de los elementos.
Restricciones y resortes en que se apoyan los nudos.
Cargas que pueden incluir el peso propio, cargas térmicas, cargas sísmicas y otros.
Resultados de desplazamientos, esfuerzos y reacciones debido a las cargas.

Sistemas de coordenadas

Las posiciones de los elementos del modelo son definidas con respecto a un solo sistema de coordenada y cada elemento tiene su propio sistema de coordenada local usado para definir las propiedades, las cargas y para visualizar los resultados en cada eje.
.

Gridlines

El grid es una juego de líneas paralelas a los ejes coordenados, el cual constituye una armazón que ayuda en el trazado del modelo.

Define

Define se usa para crear los nombres de las entidades que no son parte de la geometría del modelo, como propiedades del material, propiedades de sección, casos de carga, nombres de grupo, funciones de espectro, combinaciones de carga.

Draw

Draw se usa para añadir nuevos objetos (frame,. shell, joint) al modelo o para modificar un objeto a la vez.

Select

Select se usa para identificar aquellos objetos a los que se desee aplicar una operación, ya que para asignar alguna característica previamente se tiene que seleccionar los objetos.

Edit

Edit se usa para realizar cambios al modelo. La mayoría de las operaciones de edición trabajan con uno o mas objetos que han sido seleccionados.

Assign

Assign se usa para asignar propiedades y cargas a uno o mas objetos que han sido seleccionados ya sean nudos, frame o shell.

Analyze

Analyze se utiliza para analizar el modelo estructural que ha sido creado con las operaciones antes mencionadas con lo cual se determina los desplazamientos, esfuerzos, y reacciones que se producen en la estructura.

Display

Display se usa para visualizar el modelo y los resultados de el análisis, como gráficos, tablas y funciones de impresión.

Design

Design se usa para verificar los elementos frame de concreto o acero con respecto a los requerimientos de los códigos.

MODELOS ESTRUCTURALES PARA EL EDIFICIO

Para efectuar el estudio a nuestra estructura que consiste en un edificio de seis niveles, se consideraron tres sistemas estructurales, cuyos modelos son los mas usados para este tipo de edificación, y con la ayuda del programa SAP2000 realizamos el análisis respectivo.

El edificio tiene una altura de 19m., el primer entrepiso tiene una altura de 4m., los entrepisos superiores tienen 3m. Además esta compuesto por cuatro pórticos en ambos sentidos.

Para el modelo que incluye muros, su espesor varia de 30cm hasta 15 cm., en cambio para el modelo en forma tubular, las dimensiones de las columnas perimetrales son de 100cm en un lado y el otro lado varia de 30cm hasta 15cm.

El tipo de material empleado para esta estructura es un hormigón con f’c=280 Kg/cm2, E=251000 Kg/cm2.

El espectro de diseño que utilizamos para un suelo blando es un Tipo S3, propuesto por el código ecuatoriano de la construcción con un I=1, Ca= 2.8, Z=0.35, R=10; además se consideró un 5% como porcentaje de amortiguamiento crítico.

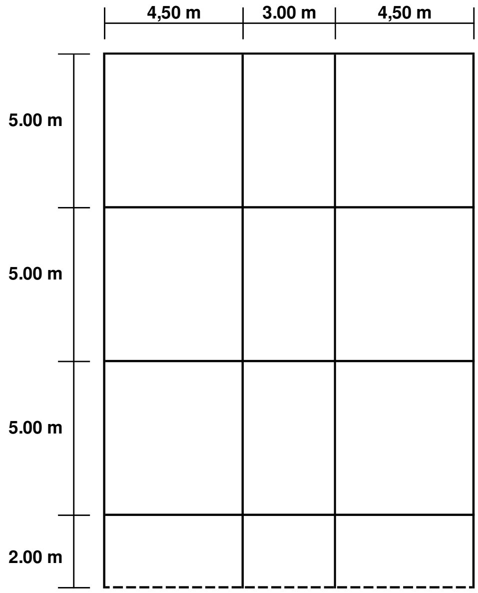

Figura 1. Seccion en Planta del Edificio

Tabla I. Cargas y secciones del edificio

NIVEL	CARGAS (T) SENTIDO Y		SECCIONES (CM)					
			COLUMNAS		VIGAS			
					PORTICOS EN SENTIDO X 1X-2X-3X-4X		PORTICOS EN SENTIDO Y 1Y-2Y-3Y-4Y	
	D	L	b	h	b	h	b	h
1	1.80	0.75	60	60	25	45	30	50
2	1.80	0.75	55	55	25	45	30	50
3	1.80	0.60	50	50	25	45	30	50
4	1.80	0.60	45	45	25	45	30	50
5	1.80	0.60	40	40	25	45	30	50
6	1.40	0.30	35	35	25	45	30	50

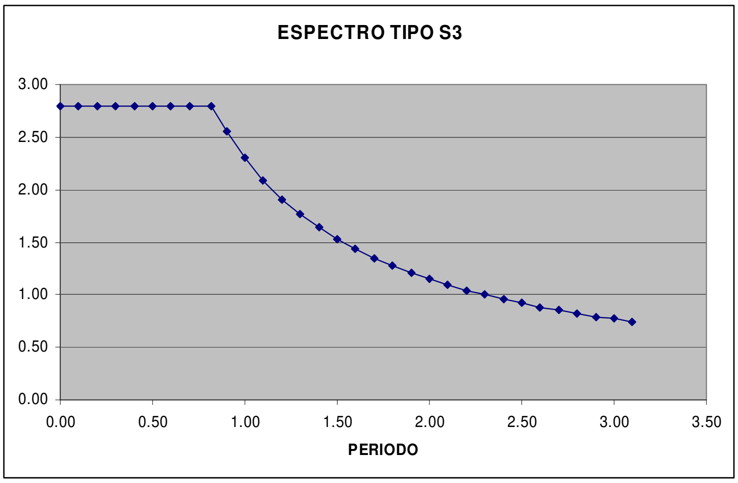

Figura 2. Espectro de Diseño

Modelo con Marcos Resistentes.

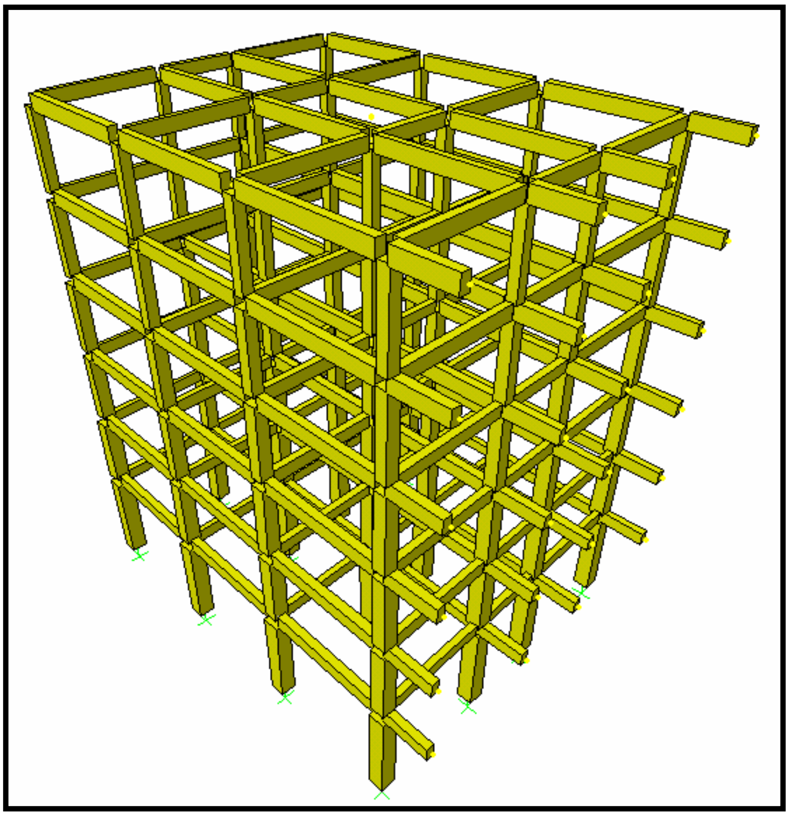

Figura 3. Modelo 1

Modelo con Marcos y Muros Resistentes.

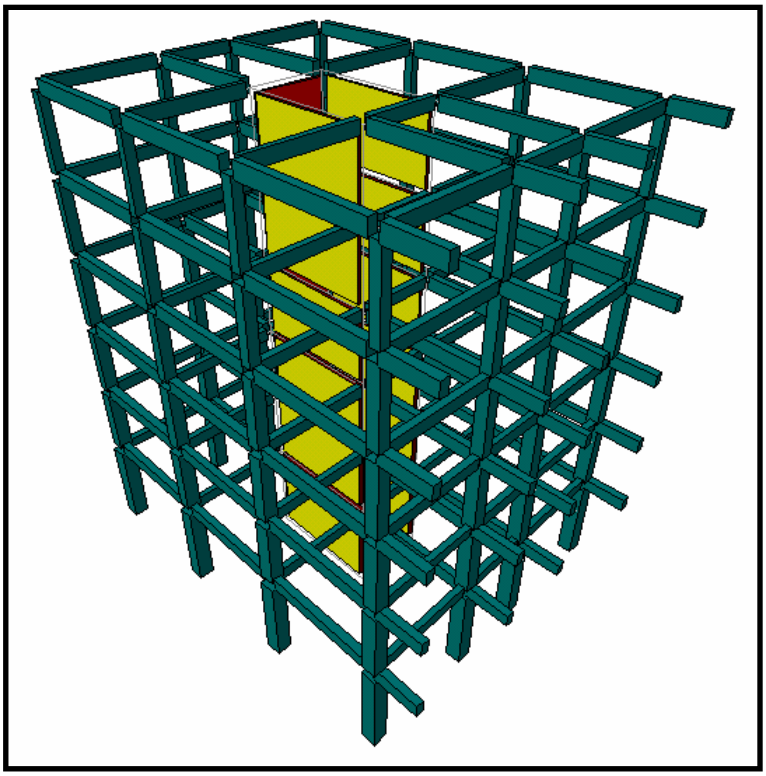

Figura 4. Modelo 2

Modelo en Forma Tubular.

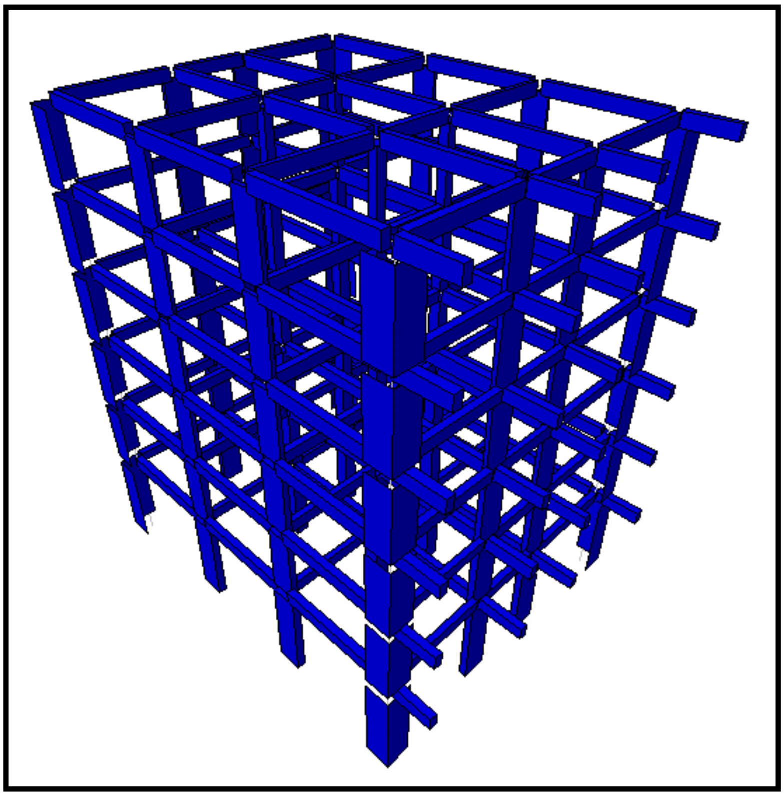

Figura 5. Modelo 3

RESULTADOS OBTENIDOS

Tabla II. Resultados del Analisis

MODELO	1	2	3
PERIODO	0.82	0.74	0.75
MASA	108.31	113.57	109.36
CORTANTE X	77.28	55.99	79.01
CORTANTE Y	82.13	75.56	81.79
MOMENTO X	1099.35	1042.15	1103.35
MOMENTO Y	1036.81	753.73	1068.71
TORSION	210.70	354.54	165.34

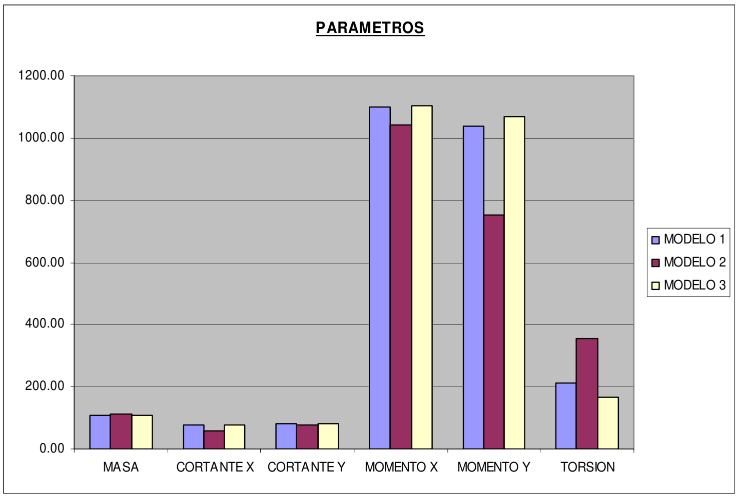

Figura 6. Gráficos de Resultados

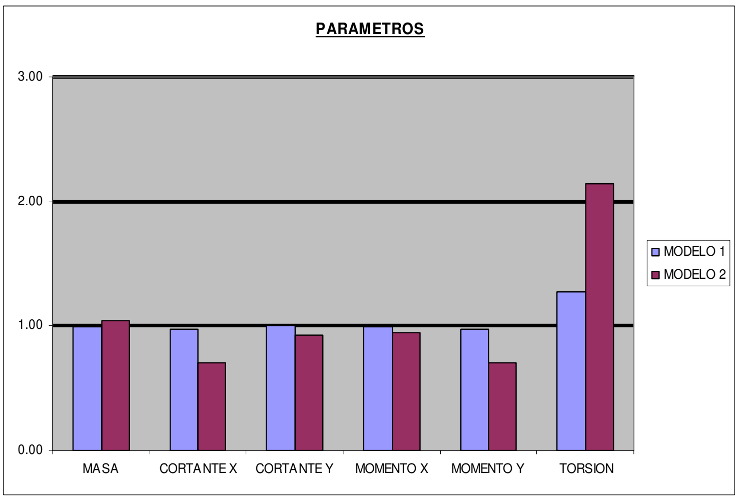

Figura 7. Resultados en comparación al Modelo 3

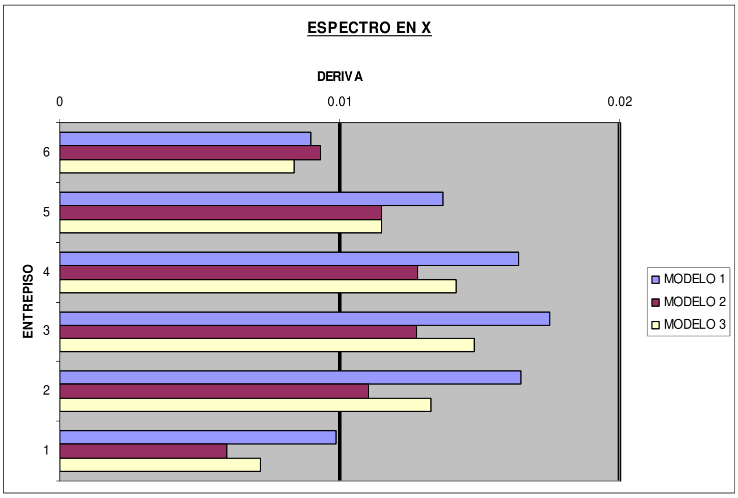

Figura 8. Revisión de las Derivas en X

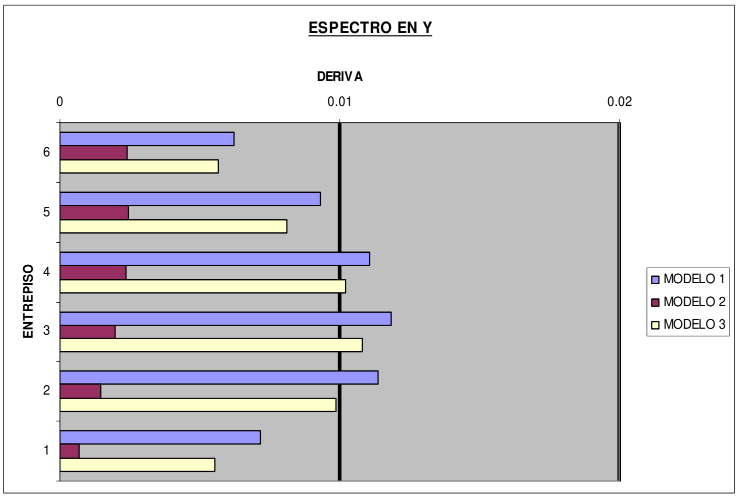

Figura 9. Revisión de la Derivas en Y

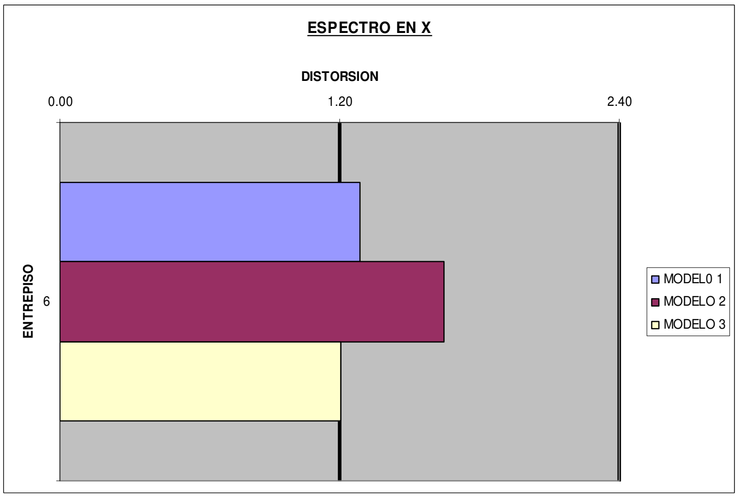

Figura 10. Revisión de Distorsiones

CONCLUSIONES

La gama de opciones que presenta el programa SAP2000 hace que podamos realizar un modelo que se adapte a las condiciones reales, y gracias a su gran capacidad de analizar estructuras ante cargas sísmicas, permite obtener con mucha facilidad los parámetros de respuesta cuando se somete dicha estructura ante un espectro determinado.

Aprovechando la cualidades de este programa, en el cual fueron desarrollados los tres modelos para la edificación que es objeto de estudio en este texto, y analizando los resultados para compararlos entre si, tenemos que el modelo 2 no seria tan apropiada ya que su masa es mayor y presenta un momento torsor alto por lo cual se produce una distorsión en planta superior a la permisible, lo que la hace una estructura inestable. Con lo que nos quedan dos modelos, en los cuales sus resultados son casi parecidos, pero en el modelo 3 se observa que sus derivas son menores, su distorsión en planta es aceptable y apenas su peso varia en 1% con respecto al modelo 1 de esta forma se establece que el modelo 3 sería el sistema estructural mas recomendado para el edificio analizado, debido a que su respuesta sísmica es mas favorable, por la forma de su estructuración.

De esta manera queda establecido la forma estructural del edificio gracias a los resultados ofrecidos por el SAP2000, pero cabe mencionar que aunque el programa nos facilite el análisis, el usuario debe entender claramente como funcionan los sistemas estructurales para así saber si los resultados obtenidos son los esperados y tener en cuenta que estos dependen de los datos que hayan sido ingresados. Por este motivo el usuario debe tener el criterio y la experiencia suficiente cuando vaya a realizar un análisis a un determinado modelo y solo así podrá utilizarlo en forma exitosa y productiva.

REFERENCIAS

1. E. Guambo – G. Muñoz, "Estudio Comparativo de una Estructura de Seis Niveles con Aplicación del Programa SAP2000" (Tesis, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2004)

2. Enrique Bazan – Roberto Meli, Diseño Sísmico de Edificios (Editorial Limusa).

3. Mac Cormac, Análisis de Estructuras (Editorial Alfaomega).

4. Código Ecuatoriano de la Construcción, Capítulo 1.

5. Seminario Internacional, Guayaquil, julio 11 – 12, 2003 "Diseño Automatizado de Estructuras Sismo Resistentes" por Ing. Ashraf Habibullah, Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas, 2003.

6. Seminario, Guayaquil, noviembre 25 – 29, 2002 "Diseño Estructural de una Vivienda de Tres Niveles" por Ings. Victor Nuques – Walter Mera – Alex Villacrés – Jaime Guaman, Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas, 2003.

7. Dr. Edward L. Wilson, Three-Dimensional Static and Dynamic Analysis of Structures (Computer & Structures Inc.).