



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA: INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO ESTRUCTURADO DE MANERA INDEPENDIENTE

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL

TEMA:

LOS DESPLAZAMIENTOS DE LOS PÓRTICOS ANTE FUERZAS
HORIZONTALES Y VERTICALES Y SU FORMA DE CÁLCULO.

AUTORA:

Adriana Gabriela Naranjo Urbina

TUTOR:

Ing. Juan Garcés

Ambato – Ecuador

Julio 2011

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de Tutor del trabajo de investigación sobre el tema: “LOS DESPLAZAMIENTOS DE LOS PÓRTICOS ANTE FUERZAS HORIZONTALES Y VERTICALES Y SU FORMA DE CÁLCULO”, de la estudiante Adriana Gabriela Naranjo Urbina, egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la carrera de Ingeniería Civil, la misma que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por la Facultad y la Universidad Técnica de Ambato, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos y méritos correspondientes para ser sometido a la evaluación del jurado examinador designado por el H. Consejo de Pregrado.

Ambato, 25 abril del 2011

El tutor

Ing. Juan Garcés

PROFESOR CALIFICADOR

AUTORÍA

Yo, ADRIANA GABRIELA NARANJO URBINA, con C.I. # 180401565-7, tengo a bien indicar que los criterios emitidos en el trabajo de investigación “LOS DESPLAZAMIENTOS DE LOS PÓRTICOS ANTE FUERZAS HORIZONTALES Y VERTICALES Y SU FORMA DE CÁLCULO”, como sus opiniones, ideas, análisis y conclusiones vertidos son responsabilidad de mi persona, como autora de este trabajo investigativo.

Ambato, 25 de abril del 2011

AUTORA

.....
Egda. Adriana Gabriela Naranjo Urbina
C.I. 180401565-7

APROBACIÓN DEL JURADO EXAMINADOR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Informe de Investigación, sobre el tema: “LOS DESPLAZAMIENTOS DE LOS PÓRTICOS ANTE FUERZAS HORIZONTALES Y VERTICALES Y SU FORMA DE CÁLCULO”, de la estudiante ADRIANA GABRIELA NARANJO URBINA, alumna de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Ambato, julio del 2011

Para constancia firman

.....

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo de manera muy especial al Divino Niño porque tengo plena fe en que el me trajo hasta aquí.

*A mis padres: **Mario y Yolanda** les dedico este trabajo fruto de mi esfuerzo, para ustedes mis más grandes tesoros, porque son mi razón de ser, son un ejemplo y una de las razones más importantes para seguirme superándome.*

*A mis hermanos **Paola y Daniel** quienes supieron darme consejos cuando los necesitaba, por su amor, apoyo incondicional, y cuidados.*

*A mi esposo **Paúl** y a mi hijo **Axel Ariel** por haber permanecido y vivido junto a mí desde el día que entraron a mi vida hasta la consecución de este logro tanto personal como profesional.*

*Y a mis verdaderos amigos **Mayra, Danny, Washington**, por estar junto a mí en las buenas y malas.*

Adriana

AGRADECIMIENTO

A Dios y al Divino Niño por bendecirme durante toda mi vida estudiantil, por ayudarme a levantarme de alguna caída y darme las fuerzas necesarias para seguir de pie.

A mis queridos padres Mario y Yolanda por el enorme esfuerzo que han hecho por mí durante estos 24 años de mi vida, gracias por enseñarme valores tales como el respeto, la lealtad, la perseverancia, amor, cariño sus consejos y bendiciones. Los amo muchísimo.

A mis hermanos Paola y Daniel por estar siempre conmigo en todo momento.

A mi esposo Paúl por haber caminado junto a mí durante la elaboración de este proyecto, por su apoyo, ayuda y de manera especial a mi hijo Axel Ariel que es la razón primordial para lograr este anhelo especial de ser una excelente profesional, por mi familia y por la sociedad .

A la Universidad Técnica de Ambato especialmente a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, a todas las autoridades y docentes de la facultad por haberme abierto sus puertas para que me forme como profesional.

Al Ingeniero Juan Garcés director de tesis por guiarme durante el desarrollo de la misma y a muchos otros Ingenieros que me ayudaron a desarrollarla mi eterna gratitud.

A todos mis mejores amigos especialmente a Mayra, Danny, Washington con los que juntos recorrimos un maravilloso camino hacia el éxito gracias por su amistad y apoyo incondicional.

Adriana

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

TEMA	i
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA.....	iii
APROBACIÓN DEL JURADO EXAMINADOR.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE DE CUADROS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN EJECUTIVO	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPITULO I.....	1
EL PROBLEMA	1
1.1. TEMA.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2.1. Contextualización.....	1
1.2.2. Análisis Crítico.	2
1.2.3. Prognosis.....	3
1.2.4. Formulación Del Problema.....	3
1.2.5. Interrogantes (Subproblemas).....	3
1.2.6. Delimitación del Objetivo de Investigación.....	4
Delimitación de contenido	4
Delimitación espacial.....	4
Delimitación temporal	4
1.3. JUSTIFICACIÓN	4
1.4. OBJETIVOS	5
1.4.1. General	5
1.4.2. Específicos	5
CAPITULO II	6
MARCO TEORICO	6
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	6
2.1.1 Fuente de Información	6
2.1.2 Autor	6

2.1.3 Año de realización:	6
2.1.4 Tema	6
2.1.5 Objetivo General.....	6
2.1.6 Conclusiones.....	6
2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.....	6
Finalidad de la Investigación	7
Visión de la realidad	7
Relación Sujeto - Objeto del Conocimiento	7
Papel de los valores.....	7
Generalización Científica	7
Metodología	7
Diseño de la Investigación.....	7
Énfasis en el Análisis.....	8
2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	8
2.4. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES	14
2.4.1. Supra ordenación de las Variables	14
CONCEPTOS DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE: “APLICACIÓN DE UN SOFTWARE”	15
CONCEPTOS DE LA VARIABLE DEPENDIENTE: “TIEMPO DE CÁLCULO DE LOS DESPLAZAMIENTOS DE LOS PÓRTICOS ANTE FUERZAS HORIZONTALES Y VERTICALES”	16
2.5. HIPÓTESIS	23
2.6. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES	23
2.6.1. Variable Independiente	23
2.6.2. Variable Dependiente	23
CAPITULO III.....	24
METODOLOGÍA	24
3.1. MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN	24
3.1.1. Enfoque.....	24
3.1.2. Modalidad	24
3.2. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN	24
Nivel Exploratorio	24
Nivel Descriptivo.....	25
Nivel Asociación de Variables	25
3.3. POBLACIÓN O UNIVERSO	25
3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	25

3.5. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	28
3.6. PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	28
CAPITULO IV	29
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	29
4.1. CÁLCULO DE LOS DESPLAZAMIENTOS DE LOS PÓRTICOS DEBIDO A FUERZAS HORIZONTALES Y VERTICALES (MÉTODO MATRICIAL DE LA RIGIDEZ)	29
4.1.1 Procedimiento	29
4.2. EJERCICIO DE APLICACIÓN	31
Planos Arquitectónicos	32
Prediseño de la losa.....	33
4.2.1 Peso de Losa por m ²	34
4.2.1.1 Carga Muerta	34
4.2.1.2 Carga Viva	34
4.2.2 Cálculo de Cargas de Paredes Tipo según Proyecto.....	35
4.2.3 Carga de Sismo	38
4.2.4 Carga Distribuida sobre las Vigas	43
Mosaico de Cargas.....	44
Fuerzas que actúan sobre el pórtico del eje 2	47
4.2.5 Cálculo Matricial	47
4.2.5.1 Matriz de Rigidez de la Estructura	49
Matriz de Rigidez para Vigas	51
Matriz de Rigidez para Columnas	52
Formación de la Matriz de Rigidez de la Estructura	54
4.2.5.2 Vector de Fuerzas	55
Las reacciones de empotramiento y los momentos flectores.....	55
4.2.5.3 Formación de la Ecuación Matricial de la Estructura.....	60
Ecuación Matricial de la Estructura.....	61
4.2.5.4 Solución Matricial de la Estructura	62
Solución Matricial del Pórtico del Eje 2 de la Estructura.....	63
4.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS	64
4.4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	64
4.5. VERIFICACIÓN DE HIPOTESIS	64
CAPÍTULO V	66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
5.1.- CONCLUSIONES.....	66

5.2.- RECOMENDACIONES	67
CAPITULO VI.....	68
PROPUESTA	68
6.1. DATOS INFORMATIVOS	68
6.1.1 Título.....	68
6.1.2 Institución Ejecutora	68
6.1.3 Beneficiarios	68
6.1.4 Ubicación	68
6.1.5 Tiempo estimado para la ejecución	68
6.1.6 Equipo técnico responsable	68
6.1.7 Costo	68
6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.....	68
6.3. JUSTIFICACIÓN	69
6.4. OBJETIVOS	69
6.4.1. General	69
6.4.2. Específicos	69
6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	70
6.6. FUNDAMENTACIÓN.....	70
6.6.1 Método de la Rigidez utilizando una computadora	70
Algunas Definiciones Necesarias	71
6.6.2 Programa.....	72
6.6.3 MatLab.....	72
Programación de MatLab.....	73
Sentencia FOR	73
Sentencia WHILE.....	74
Sentencia IF	74
6.7. METODOLOGÍA.....	75
6.8. MODELO OPERATIVO.....	76
6.8.1 Programación	76
6.8.2 Definición de variables y contadores empleados en el programa.....	81
6.8.3 Modelación en ETABS	84
6.9. ADMINISTRACIÓN.....	88
6.10. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN	89
6.10.1 Datos de ingreso para utilizar el programa	89
6.10.2 Proceso de cálculo del programa	92
6.10.3 Comparación de Resultados.....	93

6.10.4 Consideración Adicional.....	94
MATERIALES DE REFERENCIA.....	95
1. BIBLIOGRAFÍA.....	95
2. ANEXOS.....	97
2.1. TABLAS FACTORES DEL CEC -2000	97
Anexo 1. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.....	97
Anexo 2 . Poblaciones ecuatorianas y valor del factor Z.....	98
Anexo 3. Coeficiente de suelo S y Coeficiente Cm.....	103
Anexo 4. Tipo de uso, destino e importancia de la estructura	104
Anexo 5. Coeficientes de configuración en planta	105
Anexo 6. Coeficiente de configuración en elevación	106
Anexo 7. Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural R	107
Anexo 8. Valores de Δ_M máximos, expresados como fracción de la altura de piso.....	108
Anexo 9. Espectro sísmico elástico del presente reglamento, que representa el sismo de diseño.	109
Anexo 10. Factor de reducción de respuesta R para estructuras diferentes a las de edificación.....	110
Anexo 11. Cargas uniformes	111
Anexo 12. Reducción de las cargas vivas unitarias totales.....	112
2.2. DIAGRAMA DE FLUJO	113

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Longitud de los Tipos de Paredes del Edificio.....	37
Cuadro 2. Fuerza horizontal aplicada en los pisos	39
Cuadro 3. Fuerza horizontal aplicada en los pórticos en el sentido x	43
Cuadro 4. Resumen de las propiedades básicas de los miembros.....	50
Cuadro 5. Valores de Desplazamiento del Pórtico del Eje 2	64
Cuadro 6. Desplazamientos finales del pórtico del eje 2	88
Cuadro 7. Presupuesto Referencial	88
Cuadro 8. Valores de altura de entrepiso del edificio analizado	90
Cuadro 9. Valores de longitud entre vanos del edificio analizado.....	90
Cuadro 10. Valores de las secciones de las columnas del edificio analizado	91
Cuadro 11. Valores de las secciones de las vigas del edificio analizado.....	91

Cuadro 12. Valores de Peso Mayorado de los Pisos.....	91
Cuadro 13. Valores de la carga horizontal del edificio analizado.....	92
Cuadro 14. Comparación entre los resultados obtenidos utilizando el Programa (Método Matricial) y la Modelación en ETABS.....	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1. La fuerza de la gravedad sobre un edificio flexionado.....	22
Figura. 2 Corte Típico de la Losa.	33
Figura. 3 Sección Típica de la Losa.....	34
Figura. 4 Pared Tipo 1.....	35
Figura. 5 Pared Tipo 2.....	36
Figura. 6 Pared Tipo 3.....	36
Figura. 7 Pared Tipo 4.....	36
Figura. 8 Pared Tipo 5.....	37
Figura. 9 Mosaico de cargas.....	44
Figura. 10 Viga eje 2 N+13.86m.....	44
Figura. 11 Viga eje 2 N+11.16m, N+8.46m, N+5.76m, N+3.06m.....	45
Figura. 12 Pórtico eje 2.....	47
Figura. 13 Sistema de coordenadas.....	48
Figura. 14 Reacciones de empotramiento causado por las cargas sobre los miembros.....	56
Figura. 15 Definición de ejes en Etabs.....	84
Figura. 16 Definición de niveles en Etabs.....	84
Figura. 17 Definición de las Propiedades de los Materiales en Etabs.....	85
Figura. 18 Prediseño y Definición de Secciones Estructurales en Etabs.....	85
Figura. 19 Definición de Casos de Cargas en Etabs.....	85
Figura. 20 Definición de Combos de Cargas en Etabs.....	86
Figura. 21 Asignación de Restricciones en Etabs.....	86
Figura. 22 Asignación de propiedades de los elementos en Etabs.....	86
Figura. 23 Asignación de la Carga Distribuida en Etabs.....	87
Figura. 24 Asignación de la Fuerza Horizontal en Etabs.....	87
Figura. 25 Pórtico eje 2.....	89

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MÉCANICA

**“LOS DESPLAZAMIENTOS DE LOS PÓRTICOS ANTE FUERZAS
HORIZONTALES Y VERTICALES Y SU FORMA DE CÁLCULO”**

Autora: Adriana Gabriela Naranjo Urbina.

Tutor: Ing. Juan Garcés.

Fecha: Abril, 2011.

RESUMEN EJECUTIVO

En la actualidad, debido al aumento de la población y a la necesidad de ocupar un espacio se observa el aumento de edificaciones de gran altura que permiten solucionar los problemas de falta de espacio, razón por la que se debe considerar en su diseño y construcción la junta de separación entre los edificios.

Análisis que incentivó a la idealización de un programa de fácil uso y empleo, que permita determinar en forma rápida y eficaz los desplazamientos que sufrirían las edificaciones ante la ocurrencia de un sismo y además las solicitaciones que tendría debido a su peso.

El presente documento tiene por objeto programar el proceso matricial de cálculo que permita obtener los desplazamientos de cada piso de un pórtico.

INTRODUCCIÓN

El avance tecnológico ha permitido obtener grandes beneficios a profesionales, puesto que antiguamente realizar el análisis matricial de una estructura para obtener sus valores de desplazamiento conllevaba tediosos procesos de cálculo en los cuales era casi imposible no cometer errores de cálculo.

Razón por la que se ha visto la necesidad de crear un programa que permita calcular los valores de desplazamientos de un pórtico debido a fuerzas horizontales y verticales de forma rápida y confiable.

Para ello se desarrollará un programa en MatLab, en el cual se resolverán las ecuaciones necesarias para obtener dichos resultados.

El programa permitirá calcular los desplazamientos en edificaciones regulares en planta y en elevación sin limitaciones en número de piso como en número de vanos.

De este modo se podrá considerar en el diseño y la construcción de edificaciones la junta de dilatación que permitirá los movimientos relativos entre estructuras permitiendo así mejorar la seguridad en las edificaciones.

La estructura del presente trabajo contempla los siguientes capítulos:

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA, está conformado por: el tema, planteamiento del problema, justificación y objetivos.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO, consta de antecedentes investigativos, fundamentación filosófica, categorías fundamentales, hipótesis y señalamiento de variables.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA, está integrado por: la modalidad básica de la investigación, nivel o tipo de investigación, población y muestra,

operacionalización de variables, plan de recolección de la información y el plan de procesamiento de la información.

CAPÍTULO IV. ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS, está formado por: el análisis de resultados e interpretación de datos.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES, contiene las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO VI. LA PROPUESTA, está conformado por: los datos informativos, antecedentes de la propuesta, justificación, objetivos, análisis de factibilidad, fundamentación, modelo operativo, administración y previsión de la evaluación.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1. TEMA.

Los desplazamientos de los pórticos ante fuerzas horizontales y verticales y su forma de cálculo.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.2.1. Contextualización.

“Es conocido que el Ecuador se encuentra en el llamado “Cinturón de Fuego del Pacífico”, lo que lo convierte en una zona de marcado peligro sísmico. De hecho países como Chile, Perú, Colombia y Japón ya han sido sometidos a sismos de considerable magnitud que han dejado consecuencias muy lamentables.

Japón, Chile y Colombia, al sufrir en ocasiones anteriores los efectos de los terremotos, han formado y desarrollado en base a sus experiencias una cultura de prevención de desastres en lo referente a la realidad de sus edificios.

Para ello han desarrollado Códigos de Diseño y Construcción muy estrictos y respaldados en un control rígido de cada proceso constructivo y no sólo como un tema de respeto a la reglamentación de diseño vigente sino como un aspecto de conciencia y seguridad estructural.

En nuestro país es cierto que en la actualidad no se cuenta con un Código de diseño estructural sismo-resistente completo. Sin embargo, eso no debería ser motivo para que se sigan diseñando y construyendo edificaciones con falencias

repetitivas, que agravan aún más la seguridad de las personas ante un posible terremoto.

Es obligación de todos los ingenieros estructurales respetar de manera estricta los apartados aplicables para diseño sismo-resistente y aún más, es responsabilidad de las autoridades y municipios supervisar cada uno de los diseños presentados para construcción, a fin de poner un alto a la construcción de edificaciones con fallas de diseño.

Es por ello que el cálculo de los desplazamientos de los pórticos es indispensable, ya que este determina la separación entre edificaciones a fin de que la estructura no sufra daños internos cuando ocurra un sismo, pero hacerlo manualmente es muy tedioso y toma demasiado tiempo, además, debido a la gran cantidad de cálculos que este conlleva se pueden cometer errores.

Por esta razón sería de gran ayuda hacer un programa que nos ayude a optimizar el tiempo y a realizar el cálculo de los desplazamientos por el método matricial de una forma eficiente y rápida.”⁽¹⁾

1.2.2. Análisis Crítico.

Debido a que las estructuras antisísmicas no existen dado que los pórticos de las edificaciones se desplazan ante cualquier movimiento sísmico.

Es por ello que el país cuenta con una norma de construcción sismorresistente. Cuyo objetivo es evitar el colapso de la estructura y salvar vidas. Razón por la cual se debe tener en cuenta al momento de construir los requerimientos de derivas de piso para ellos es necesario el cálculo de los desplazamientos de los pórticos. Sin embargo este tipo de cálculo toma demasiado tiempo ejecutarlo manualmente, por lo que es necesario utilizar un programa que optimice el tiempo y determine en forma segura los resultados.

⁽¹⁾http://sdpnoticias.com/nota/18350/No_soportarian_un_terremoto_de_gran_magnitud_las_edificaciones_ecuatorianas

1.2.3. **Prognosis.**

En caso de no realizarse el programa que permita determinar los valores de desplazamientos horizontales de los pórticos ante fuerzas horizontales y verticales no será posible optimizar el tiempo de cálculo y seguirá siendo tedioso y demorado el cálculo manual debido a la gran cantidad de información que este conlleva, para que de esta forma los ingenieros puedan concebir y predecir un adecuado comportamiento de los edificios altos frente a los efectos horizontales de viento y sismos.

1.2.4. **Formulación Del Problema.**

¿Cómo disminuir el tiempo para el cálculo de los desplazamientos horizontales que sufren los edificios?

1.2.5. **Interrogantes (Subproblemas).**

-¿Cuál es la razón fundamental por la que el cálculo de los desplazamientos horizontales en los pórticos sea susceptible a errores?

-¿Es necesario determinar los desplazamientos de los pórticos?

-¿El cálculo de los desplazamientos de los pórticos es un parámetro de control del comportamiento de estructuras de Hormigón Armado ante un sismo?

-¿Qué factores intervienen en el cálculo de los desplazamientos?

-¿Qué tipo de estructura será analizada?

1.2.6. Delimitación del Objetivo de Investigación.

Delimitación de contenido

El presente estudio se encuentra dentro del área de Ingeniería Civil, en el campo de estructuras, específicamente en estructuras sismo resistentes, en la rama de diseño y cálculo de estructuras, para edificaciones de hormigón armado.

Delimitación espacial

La presente investigación se enfocará en edificios de hormigón armado de la ciudad de Ambato.

Delimitación temporal

La presente investigación se realizará en un tiempo de siete meses, empezando desde el mes de Julio del 2010 hasta Febrero del 2010.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Con la realización de un programa para el cálculo de los desplazamientos horizontales que sufren las edificaciones se contribuirá al diseño estructural para así obtener edificaciones sismo resistentes.

Dado que la ciudad ha tenido un aumento poblacional se verá la necesidad de construir edificios residenciales razón por la cual es esencial el desarrollo de dicho programa.

Al mismo tiempo la ciudad de Ambato tendrá un mejoramiento económico ya que adquirirá prestigio debido al incremento de edificios de gran altura, logrando así atraer a empresas prestigiosas del Ecuador que permitan crear nuevas fuentes de trabajo.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. General

Estudiar los desplazamientos de los pórticos ante fuerzas horizontales y verticales y la forma en que se calculan.

1.4.2. Específicos

- Definir los desplazamientos de los pórticos ante fuerzas horizontales y verticales.
- Describir la forma en que se calcula los desplazamientos de los pórticos, mediante un ejercicio manual.
- Proponer un método de solución electrónico para agilizar el proceso de cálculo de los desplazamientos de los pórticos ante fuerzas horizontales y verticales.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

2.1.1 Fuente de Información: Análisis Matricial de Estructuras

2.1.2 Autor: Roberto Rochel Awad

2.1.3 Año de realización: 1993

2.1.4 Tema: Efectos de segundo orden

2.1.5 Objetivo General: Desarrollo de métodos matriciales para el análisis de estructuras.

2.1.6 Conclusiones:

“El análisis de primer orden considera que las deformaciones producidas por las cargas sobre la estructura son muy pequeñas comparadas con sus dimensiones y por lo tanto su geometría inicial no sufre ninguna variación, razón por lo que las deformaciones como las acciones sobre los elementos se determinan a partir de la geometría inicial de la estructura”

“El análisis de segundo orden se plantean ecuaciones de equilibrio de la estructura a partir de la geometría deformada, de este análisis se deduce el grado de estabilidad de la estructura y su capacidad para soportar cargas”

2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

La presente investigación se realizará asumiendo un paradigma neopositivista debido a que:

Finalidad de la Investigación

Se desea dar una explicación sobre los desplazamientos horizontales en los pórticos y la forma en que se calculan.

Visión de la realidad

Existe una realidad única.

Relación Sujeto - Objeto del Conocimiento

Tiene dualidad debido a que ellas reúnen características distintas.

Papel de los valores

Se pretende establecer una investigación neutra que permita conocer la realidad del cálculo de los desplazamientos horizontales de los pórticos.

Generalización Científica

El proceso de cálculo de los desplazamientos de los pórticos sigue leyes naturales e inmutables.

Metodología

Es intervencionista – experimental, pues el método se impone al objeto.

Diseño de la Investigación

Esta investigación será predeterminada por expertos en el tema de estructuras y por ello deberá estar definido rigurosamente.

Énfasis en el Análisis

Será cuantitativo debido a que dará como resultado valores.

2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL

Este estudio se realizará en base al Código Ecuatoriano de la Construcción CEC.

ARTICULOS REFERENTES AL CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN (CEC 2002)

DEFINICIONES

3.1 Para efectos de este código se adoptan las siguientes definiciones:

3.1.1 Altura de piso: La distancia entre los diferentes niveles de piso de una estructura.

3.1.2 Base de la estructura: Nivel al cual se considera que la acción sísmica actúa sobre la estructura

3.1.3 Cortante basal de diseño: Fuerza total de diseño por cargas laterales, aplicada en la base de la estructura, resultado de la acción del sismo de diseño con o sin reducción, de acuerdo con las especificaciones del presente código.

3.1.4 Cortante de piso: Sumatoria de las fuerzas laterales de todos los pisos superiores al nivel considerado.

3.1.5 Deriva de piso: Desplazamiento lateral relativo de un piso con respecto al piso consecutivo, medido en dos puntos ubicados en la misma línea vertical de la estructura.

3.1.6 Edificaciones esenciales: Aquellas estructuras que deben permanecer operativas luego de un terremoto para atender emergencias.

3.1.7 Efectos P- Δ : Son los efectos secundarios que afectan a las fuerzas cortantes y axiales, y a los momentos flectores, cuando se aplican cargas verticales que actúan en pórticos deformados lateralmente.

3.1.8 Espectro de respuesta para diseño: Es un espectro de tipo elástico para una fracción de amortiguamiento respecto al crítico del 5%, utilizado con fines de diseño para representar los efectos dinámicos del sismo de diseño. Este espectro de diseño puede representarse mediante un espectro de respuesta basado en las condiciones geológicas, tectónicas, sismológicas y del tipo de suelo asociadas con el sitio de emplazamiento de la estructura, o bien puede ser un espectro construido según los requerimientos especificados en este código.

3.1.9 Estructura: Conjunto de elementos ensamblados para resistir cargas verticales y sísmicas. Las estructuras pueden clasificarse en estructuras de edificación y otras estructuras distintas a las de edificación.

3.1.10 Fuerzas sísmicas de diseño: Fuerzas laterales que resultan de distribuir adecuadamente el cortante basal de diseño en toda la estructura, según las especificaciones de este código.

3.1.18 Pórtico espacial sismo-resistente: Estructura formada por columnas y vigas descolgadas que resiste cargas verticales y de origen sísmico, en la cual tanto el pórtico como la conexión viga-columna son capaces de resistir tales fuerzas, y está especialmente diseñado y detallado para presentar un comportamiento estructural dúctil.

3.1.19 Pórtico espacial sismo-resistente con diagonales rigidizadoras: Sistema resistente de una estructura compuesta tanto por pórticos espaciales sismo-resistente como por diagonales estructurales adecuadamente dispuestas, diseñados todos ellos para resistir fuerzas sísmicas. Se entiende como una adecuada disposición el ubicar las diagonales lo más simétricamente posible, hacia la periferia y en todo lo alto de la estructura. Para que la estructura se considere pórtico con diagonales se requiere que el sistema de diagonales absorba al menos el 75% del cortante basal.

3.1.20 Pórtico espacial sismo-resistente con muros estructurales (sistemas duales): Sistema resistente de una estructura compuesta tanto por pórticos espaciales sismo-resistentes como por muros estructurales adecuadamente dispuestos, diseñados todos ellos para resistir fuerzas sísmicas. Se entiende como una adecuada disposición el ubicar los muros estructurales lo más simétricamente posible hacia la periferia y que mantienen su longitud en planta en todo lo alto de la estructura. Para que la estructura se considere como un sistema dual se requiere que los muros absorban al menos el 75 % del corte basal.

3.1.21 Pórtico espacial sismo-resistente con vigas banda: Estructura compuesta por columnas y losas con vigas bandas (del mismo espesor de la losa) que resisten cargas verticales y de origen sísmico, en la cual tanto el pórtico como la conexión losa-columna son capaces de resistir tales fuerzas y está especialmente diseñada y detallada para presentar un comportamiento estructural dúctil.

3.1.22 Rigidez lateral de piso: Sumatoria de las rigideces a corte de los elementos verticales estructurales del piso.

3.1.23 Resistencia lateral del piso: Sumatoria de la capacidad a corte de los elementos estructurales verticales del piso.

3.1.24 Sismo de diseño: Terremoto que tiene una probabilidad del 10% de ser excedido en 50 años, determinado bien a partir de un análisis de la peligrosidad

sísmica del sitio de emplazamiento de la estructura, o a partir de un mapa de peligro sísmico, tal como el proporcionado por este código. Para representar este terremoto, puede utilizarse un grupo de acelerogramas que presenten propiedades dinámicas representativas de las características tectónicas, geológicas y geotécnicas del sitio. Los efectos dinámicos del sismo de diseño pueden representarse mediante un espectro de respuesta para diseño.

4.11 LIMITES DE LA DERIVA DE PISO.-

Debido a que en muchas ocasiones no son las fuerzas sísmicas, sino el control de deformaciones, el parámetro de diseño crítico a ser enfrentado durante la fase de diseño de una estructura, se enfatiza este requisito, estableciendo un cambio conceptual de aquel descrito en el CEC-77, a través del cálculo de las derivas inelásticas máximas de piso. Tales derivas son limitadas por valores que se han tomado utilizando criterios de todos los documentos de trabajo y de criterios propios. Este hecho reconoce y enfrenta los problemas que se han observado en sismos pasados, donde las deformaciones excesivas han ocasionado ingentes pérdidas por daños a elementos estructurales y no estructurales. Para cumplir con este código, el diseñador debe comprobar que su estructura presentará deformaciones inelásticas controlables, mejorando substancialmente el diseño conceptual. Los valores máximos se han establecido considerando que el calculista utilizará secciones agrietadas, de conformidad con el presente código.

4.12 SEPARACIÓN ENTRE ESTRUCTURAS ADYACENTES

4.12.1 El establecimiento de separaciones máximas entre estructuras desea evitar el golpeteo entre estructuras adyacentes, o entre partes de la estructura intencionalmente separadas, debido a las deformaciones laterales. Este concepto está directamente relacionado con las derivas máximas inelásticas del numeral anterior.

4.12.2 Se considera el efecto desfavorable en que los sistemas de entrepiso de cada una de las partes intencionalmente separadas de las estructuras, o de estructuras adyacentes, no coincidan a la misma cota de altura. Para los casos de coincidencia o no coincidencia, se establece la cuantificación de separación máxima. Cabe mencionar que la exigencia impuesta está cerca al 50% del valor de separación máxima que debería estrictamente cumplirse. Esta consideración obedece a criterios de carácter económico.

BASES DEL DISEÑO

Los procedimientos y requisitos descritos en este código se determinarán considerando la zona sísmica del Ecuador donde se va a construir la estructura, las características del suelo del sitio de emplazamiento, el tipo de uso, destino e importancia de la estructura, y el tipo de sistema y configuración estructural a utilizarse. Las estructuras deberán diseñarse para una resistencia tal que puedan soportar los desplazamientos laterales inducidos por el sismo de diseño, considerando la respuesta inelástica, la redundancia y sobre-resistencia

estructural inherente, y la ductilidad de la estructura. La resistencia mínima de diseño deberá basarse en las fuerzas sísmicas de diseño establecidas en este código.

6.7 EFECTOS P-Δ

6.7.1 Corresponden a los efectos adicionales, en las dos direcciones principales de la estructura, causados por efectos de segundo orden que producen un incremento en las fuerzas internas, momentos y derivas de la estructura, y que deben considerarse en la evaluación de la estabilidad estructural global y en el diseño mismo de la estructura. Los efectos P-Δ no necesitan ser considerados cuando el índice de estabilidad Q_i , es menor a 0,10.

6.7.2 El índice de estabilidad, para el piso i y en la dirección bajo estudio, puede calcularse por medio de la ecuación:

$$Q_i = \frac{P_i \Delta_i}{V_i h_i} \quad (14)$$

donde:

Q_i = Índice de estabilidad del piso i , es la relación entre el momento de segundo orden y el momento de primer orden.

P_i = Es la suma de la carga vertical total sin mayorar, incluyendo el peso muerto y la sobrecarga por carga viva, del piso i y de todos los pisos localizados sobre el piso i

Δ_i = Es la deriva del piso i calculada en el centro de masas del piso.

V_i = El cortante sísmico del piso.

h_i = La altura del piso considerado.

6.7.3 El índice de estabilidad de cualquier piso, Q_i , no debe exceder el valor de 0,30. Cuando Q_i es mayor que 0,30, la estructura es potencialmente inestable y debe rigidizarse, a menos que se demuestre, mediante procedimientos más estrictos, que la estructura permanece estable y que cumple con todos los requisitos de diseño sismorresistente establecidos en las normativas de diseño en hormigón armado, estructuras metálicas, madera o mampostería, acordes con la filosofía de diseño del presente código.

6.7.4 Para considerar el efecto P-Δ en la dirección bajo estudio y cuando se cumple que $0,1 < Q_i < 0,3$, tanto las derivas de piso calculadas, ΔE_i , como las fuerzas internas y los momentos de la estructura que aparecen como producto de la aplicación de las cargas laterales de diseño, se multiplicarán por un factor de mayoración $f_{P-\Delta}$ determinado por:

$$f P-\Delta = \left(\frac{1}{1-Q} \right) \quad (15)$$

6.8 LIMITES DE LA DERIVA DE PISO.-

6.8.1 Generalidades: Para la revisión de las derivas de piso se utilizará el valor de la respuesta máxima inelástica en desplazamientos Δ_M de la estructura, causada por el sismo de diseño. Las derivas obtenidas como consecuencia de la aplicación de las fuerzas laterales de diseño estáticas (Δ_E), para cada dirección de aplicación de las fuerzas laterales, se calcularán, para cada piso, realizando un análisis elástico estático de la estructura. Pueden también calcularse mediante un análisis dinámico, como se especifica en la sección correspondiente de este código. El cálculo de las derivas de piso debe incluir las deflexiones debidas a efectos traslacionales y torsionales, y los efectos P- Δ . Adicionalmente, en el caso de pórticos con estructura metálica, debe considerarse la contribución de las deformaciones de las zonas de conexiones a la deriva total de piso.

6.8.2 Límites de la deriva.-

El valor de Δ_M debe calcularse mediante:

$$\Delta_M = R \Delta_E \quad (16)$$

no pudiendo Δ_M superar los valores establecidos en la Tabla 8.

6.8.3 Las fuerzas laterales utilizadas para el cálculo de las derivas de piso deben obtenerse a partir del coeficiente C de la expresión del cortante basal, calculado sin tomar en cuenta el límite inferior del valor de C, ni las limitantes del Método 2 de determinación del valor de T.

6.9 SEPARACIÓN ENTRE ESTRUCTURAS ADYACENTES.

6.9.1 Dentro de la misma estructura: Todos los elementos de la estructura deben diseñarse y construirse para que actúen como un solo esquema estructural a efectos de resistir el sismo de diseño, a menos que intencionalmente se separen unos elementos de otros una distancia suficiente para evitar problemas de colisión entre ellos. Para determinar la distancia mínima de separación entre los elementos estructurales, se deberá verificar si los sistemas de entrepiso de cada una de las partes intencionalmente separadas coinciden a la misma cota en altura. De no coincidir, la distancia mínima de separación será el promedio de los valores absolutos de los desplazamientos máximos horizontales Δ_M , obtenidos según lo especificado en este código, para cada una de las partes de la estructura que se desee actúen separadamente. Por el contrario, si las cotas de los entrepisos coinciden, la separación mínima será la mitad del valor absoluto del desplazamiento máximo horizontal Δ_M de una de las partes, el más desfavorable. Dichos valores deben medirse en la dirección perpendicular a la junta que las

separe, a menos que se tomen medidas para que no se produzcan daños a los elementos estructurales al utilizar una distancia menor.

6.9.2 Entre estructuras adyacentes: Una de las responsabilidades de la reglamentación urbana de las ciudades será la de fijar la separación mínima que debe existir entre estructuras colindantes que no formen parte de la misma unidad estructural. En ausencia de una reglamentación de este tipo, pueden utilizarse las siguientes recomendaciones:

6.9.2.1 Cuando ya exista una estructura vecina en la cual previamente se haya dejado una separación con respecto al lindero del terreno, y cuyas cotas de los diferentes entrepisos coincidan con las cotas de los entrepisos de la estructura por diseñarse, la nueva estructura debe separarse de la existente una distancia igual a la cuarta parte del desplazamiento máximo horizontal Δ_M del último piso, más 0,005 veces la altura de la estructura vecina, menos la separación previamente existente entre la estructura vecina y la nueva por diseñarse. Sin embargo, en el caso de que las cotas de los entrepisos de la estructura vecina no coincidan con las cotas de entrepisos de la estructura por diseñarse, la distancia mínima de separación deberá ser la mitad del desplazamiento máximo horizontal del último piso de la estructura a diseñarse, más el uno por ciento de la altura de la estructura vecina, menos la separación previamente existente entre ambas estructuras.

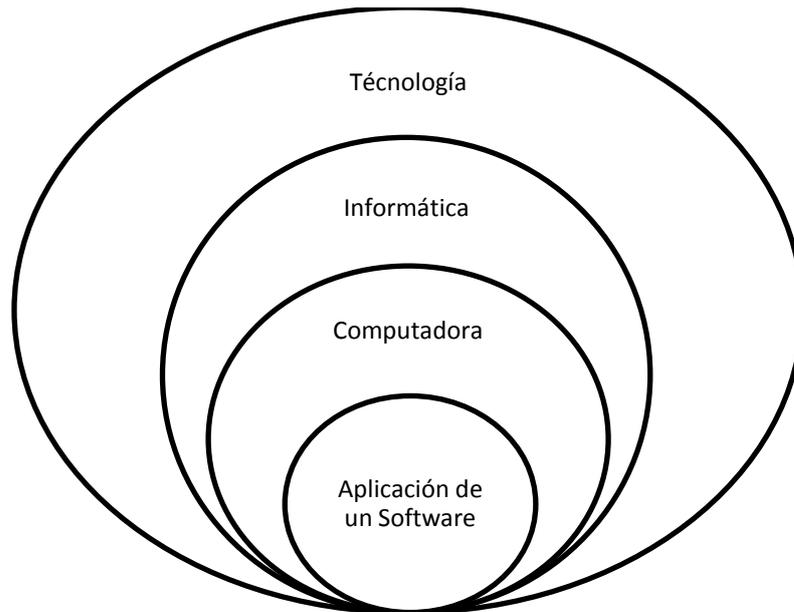
6.9.2.2 Cuando ya exista una estructura vecina en la cual no existe una separación con respecto al lindero del terreno, y no se conozcan sus desplazamientos máximos, la nueva estructura debe separarse de la existente una distancia igual a la cuarta parte del desplazamiento máximo horizontal Δ_M del último piso, más una distancia igual a 0,005 veces la altura de la estructura vecina, para el caso en el que las cotas de los entrepisos de la estructura vecina coincidan con las cotas de la estructura por diseñarse. Si por el contrario, las cotas de los entrepisos de la estructura vecina no coinciden con las cotas de entrepisos de la estructura nueva, la distancia mínima de separación requerida será el doble del valor descrito en este numeral, para el caso de coincidencia de cotas de entrepisos.

6.9.2.3 Cuando no se haya construido aún en el terreno colindante, y la reglamentación urbana permita construir estructuras adosadas, en aquellos pisos en los cuales no se requiere adosamiento, la estructura debe separarse del lindero del terreno una distancia igual a la mitad del desplazamiento máximo horizontal Δ_M del último piso.

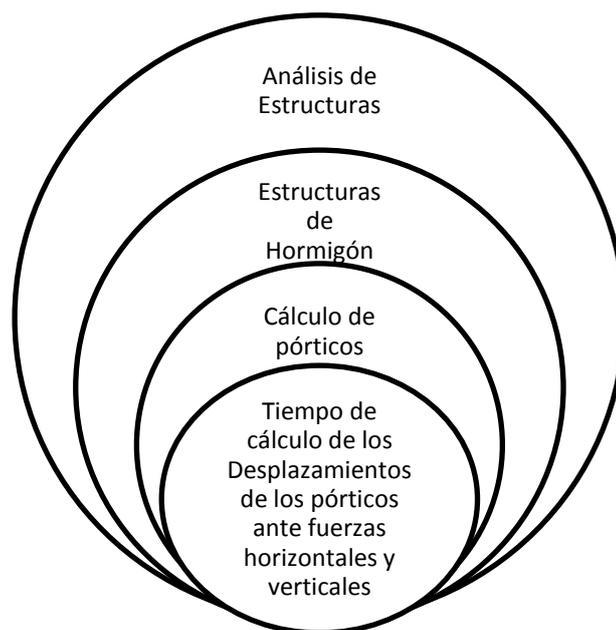
2.4. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

2.4.1. Supra ordenación de las Variables

VARIABLE INDEPENDIENTE



VARIABLE DEPENDIENTE



CONCEPTOS DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE: “APLICACIÓN DE UN SOFTWARE”

Tecnología

Es el conjunto de conocimientos técnicos, ordenados científicamente, que permiten diseñar y crear bienes y servicios que facilitan la adaptación al medio ambiente y satisfacer tanto las necesidades esenciales como los deseos de las personas.

Fuente (<http://es.wikipedia.org/wiki/Tecnolog%C3%ADa>)

Informática

Es la ciencia aplicada que abarca el estudio y aplicación del tratamiento automático de la información, utilizando sistemas computacionales, generalmente implementados como dispositivos electrónicos. También está definida como el procesamiento automático de la información.

Computadora o Computador

También denominada **ordenador**, es una máquina electrónica que recibe y procesa datos para convertirlos en información útil. Está dividida en dos partes: Hardware y Software.

Hardware

Es la parte física de la computadora integrada por un conjunto de circuitos electrónicos y dispositivos mecánicos, se pueden clasificar en Periféricos de Entrada, Periféricos de Salidas, Unidad Central y Dispositivos de Almacenamiento.

Software

Es la parte lógica del computador que está compuesta por todos los programas, rutinas y sistemas que permiten al computador ejecutar sus funciones.

Software de Aplicación

Es un programa informático diseñado para facilitar al usuario la realización de un determinado tipo de trabajo.

Es decir, aquel que hace que el **computador** coopere con el **usuario** en la realización de tareas específicas, en cualquier campo de actividad susceptible de ser automatizado o asistido.

Fuente (<http://es.wikipedia.org/wiki/Computadora>)

CONCEPTOS DE LA VARIABLE DEPENDIENTE: “TIEMPO DE CÁLCULO DE LOS DESPLAZAMIENTOS DE LOS PÓRTICOS ANTE FUERZAS HORIZONTALES Y VERTICALES”

Ingeniería estructural

La ingeniería estructural tiene por objeto el diseño de estructuras. Toda estructura se construye con un propósito definido que constituye su función. Ésta puede ser encerrar un espacio, contener o retener un material, transmitir cargas al terreno, o muchas otras. (URIBE, 1992)

Análisis de estructuras

El objetivo del análisis es proporcionar una seguridad adecuada a las estructuras ante la aparición de estados límite de falla para las acciones más desfavorables que puedan presentarse durante la vida útil y procurar que en las condiciones normales de operación no sobrepasen los límites de servicio (flechas, fisuras, vibraciones, etc.)

Por acciones generalmente identificamos las cargas pero puede definirse como toda acción externa que induce en la estructura fuerzas internas, esfuerzos y deformaciones, así definido entendemos por acción además de las cargas, los asentamientos, las contracciones del hormigón y los cambios de temperatura, etc. (ROCHEL AWAD, 1993)

Comportamiento de las estructuras

Las estructuras se definen como los sistemas que soportan cargas, y la palabra comportamiento se entiende como su tendencia a deformarse, vibrar, pandearse o fluir dependiendo de las condiciones a que estén sometidas. (NORRIS, 1973)

Análisis Matricial de Estructuras

Los primeros artículos sobre análisis de estructuras por métodos matriciales fueron publicados a finales del siglo pasado. Fue necesario que transcurrieran más de 50 años para que se convirtiera este método en la herramienta más poderosa para el ingeniero calculista, su desarrollo ha sido de tal magnitud, que los métodos tradicionales como el de Hardy Cross o el de G. Kani pueden considerarse como antiguos.

El desarrollo de los métodos matriciales para el análisis de estructuras se debe al auge que ha tomado en la época los computadores digitales, de allí que su enseñanza en la ingeniería toma importancia fundamental en la época moderna. (ROCHEL AWAD, 1993)

Empleo de los Métodos Matriciales

Durante muchos años, los ingenieros de estructuras intentaron resolver los problemas de análisis estructural mediante la aplicación de los métodos matemáticos del álgebra lineal. Aun cuando muchas estructuras pudieron analizarse en esa forma, el trabajo fue tan tedioso que resultó impráctico, hasta que estuvieron disponibles las calculadoras o computadoras de gran capacidad. De hecho, las ecuaciones matriciales usuales no pueden procesarse con calculadoras de bolsillo, a menos que se trate de estructuras muy sencillas.

Actualmente, el análisis matricial (mediante computadoras) está reemplazando cada vez más a los métodos clásicos de análisis en los despachos de cálculo. (NELSON – MCCORMAC, 2008)

Métodos de Análisis Matricial

Básicamente hay dos tipos diferentes de métodos matriciales para analizar estructuras, método de *rigidez (desplazamientos)* y método de *flexibilidad (fuerzas)*.

Ambos métodos satisfacen las ecuaciones de equilibrio de fuerzas y las condiciones de compatibilidad de los desplazamientos pero no en el mismo orden.

En el método de rigidez primero se satisface el equilibrio de fuerzas y en el método de flexibilidad lo hacen las compatibilidades de los desplazamientos.

La selección de un método o del otro depende de la estructura así como de la preferencia del analista.

El método de flexibilidad está asociado con el grado de indeterminación de la estructura y requiere resolver tantas ecuaciones simultáneas.

El método de rigidez no tiene en cuenta si la estructura es determinada o indeterminada; lo que importa en este caso es el grado total de libertad del sistema. (NORRIS, 1973)

Método Matricial de los Desplazamientos

En este método, llamado también de la rigidez o del equilibrio, los desplazamientos de los nudos, necesarios para describir totalmente la configuración deformada de la estructura, se usan en un conjunto de ecuaciones simultáneas. Después de resolver estas ecuaciones y determinar los desplazamientos, éstos se sustituyen en las relaciones fuerza-deformación de cada elemento para determinar las diversas fuerzas internas.

El número de incógnitas en el método de los desplazamientos es en general mayor que el número de incógnitas en los métodos de flexibilidades. Por lo tanto debe evaluarse un mayor número de ecuaciones simultáneas. A pesar de ello, el método de los desplazamientos es el que se utiliza con mayor frecuencia para el

análisis matricial, debido a que simplifica en forma considerable la representación de la estructura.

Además, este método puede aplicarse de modo conveniente tanto a los sistemas estáticamente determinados como a los sistemas estáticamente indeterminados, ya que la solución para ambos se formula de la misma manera.

(NELSON – MCCORMAC, 2008)

Método Matricial de las Fuerzas

Este método se conoce como el *método de flexibilidad* (debido a que se usan las matrices de flexibilidad de los elementos), *método de fuerzas* (porque supone las fuerzas en los elementos como incógnitas), o *método de compatibilidad* (porque satisface las condiciones de compatibilidad después de establecer las ecuaciones de equilibrio). (NORRIS, 1973)

En este método, las redundantes (fuerzas que se omiten) se escogen y eliminan de la estructura, de modo que quede una estructura estáticamente determinada. Se plantea una ecuación de compatibilidad de deformaciones en cada sección de la que se ha excluido una fuerza. Estas ecuaciones se escriben en términos de las redundantes, y las ecuaciones resultantes se resuelven para los valores numéricos de esas redundantes. Una vez conocidas éstas, las fuerzas internas restantes, los momentos, etcétera, pueden determinarse por medio de la estática.

(NELSON – MCCORMAC, 2008)

Estructuras

Las estructuras pueden clasificarse desde varios puntos de vista.

Según su destino, podría hablarse de estructuras para vivienda, para servicios educativos y hospitalarios, para transporte, para contener líquidos o sólidos, para espectáculos públicos, para industrias, para comunicaciones, para transmisión de fluido eléctrico, etc.

Según su sistema estructural, se habla en cambio de estructuras reticulares, de estructuras laminares, de estructuras masivas y de estructuras especiales.

A su vez se dividen en armaduras, pórticos o marcos.

Las estructuras especiales son todas aquellas que no caben en las clasificaciones anteriores o que están construidas por combinaciones varias de ellas aquí están las estructuras colgantes, los arcos, etc.

Según su tipo de análisis, las estructuras se dividen en determinadas e indeterminadas.

Según su tipo de material, se habla de estructuras metálicas, estructuras de hormigón armado. (URIBE, 1992)

Pórtico

Se acostumbra llamar pórtico o marco a una estructura formada por el conjunto de vigas y columnas en el cual las uniones son muy rígidas y su diseño está gobernado por flexión en las vigas y flexo compresión en las columnas.

(http://uchile90.angelfire.com/primero/estruc_rigi.pdf)

Elementos estructurales

Son elementos estructurales, las barras, vigas y columnas.

Barras

Se suele dar el nombre de barras a los elementos, generalmente de sección constante, con el que se construyen armaduras, están sometidos primordialmente a esfuerzos de tensión o compresión simple, y ocasionalmente a esfuerzos de flexión.

Vigas

Son elementos en que una dimensión, la correspondiente a su eje longitudinal, predomina sobre las otras dos, y en los que, a diferencia de las barras, las cargas actúan normales con relación al eje.

Las vigas simples y las vigas continuas están sometidas principalmente a corte y flexión y algunas veces a torsión. Las que forman parte de pórticos están sujetas además a cargas axiales, pero en general los esfuerzos que ellas producen son muy pequeños comparados con los de flexión y corte.

Columnas

Son elementos del mismo tipo geométrico de los anteriores, pero en los cuales priman primordialmente fuerzas de compresión cuya línea de acción coincide con o es paralela a su eje. En el primer caso los esfuerzos son de compresión simple; en el segundo, este va acompañada de flexión uni o biaxial, además pueden ser sometidas a corte, como es el caso de columnas pertenecientes a pórticos. (URIBE, 1992)

Fuerzas que actúan en las estructuras

“Las fuerzas presentes en una estructura se suelen dividir en *externas* e *internas*. Las fuerzas externas están constituidas por las cargas aplicadas y las reacciones de los apoyos. Las cargas a su vez se pueden clasificar desde diversos tipos de vista como se indica a continuación.

Según el modelo de aplicación pueden ser *estáticas* o *dinámicas*. Se llama carga estática la que se aplica gradualmente. Si se aplica súbitamente, la carga se clasifica como dinámica.

En atención a su permanencia, la carga puede ser *momentánea* o *sostenida*. Ejemplo de la primera es un camión que pasa por un puente; de la segunda, el peso propio de la estructura.

Considerando su estabilidad, la carga podría considerarse como *fija* o *fluctuante*. La primera no cambia con el tiempo; la segunda sí. Cuando una carga fluctuante es de naturaleza tal que los valores máximos y mínimos son iguales en magnitud, pero de sentido opuesto, se dice que dicha carga es *invertida*.

Si se tiene en cuenta el origen, las cargas pueden clasificarse como debidas a la acción de la gravedad, a la presión hidrostática o al empuje, al viento, al sismo y a los cambios de temperatura.

Las cargas gravitacionales las subdividen los códigos a su vez en *carga muerta* y *carga viva*.

La *carga muerta* incluye los pesos propios de la estructura, muros, pisos, cubierta, cielos rasos, escaleras, equipos fijos y en general, todas aquellas cargas gravitacionales que no son causadas por la ocupación y uso de la edificación y que deban ser soportadas por ésta; en consecuencia se conoce con bastante aproximación. Al calcularse debe usarse las densidades reales de los materiales.

La *carga viva* son cargas gravitacionales de ocupación, móviles o movibles que generalmente encierran para el diseñador un mayor grado de incertidumbre.

Las cargas vivas o cargas de servicio, si están adecuadamente escogidas, rara vez serán excedidas durante la vida útil de la estructura.

De acuerdo con la extensión de la zona de aplicación se habla de cargas *concentradas* o *puntuales* y *repartidas*. La repetición puede ser uniforme, triangular, trapezoidal, parabólica, arbitraria, etc. Es evidente que esta clasificación es relativa e depende de las dimensiones del elemento estructural que recibe la carga.

También se pueden clasificar las cargas según el lugar de aplicación y la dirección que llevan. En caso de elementos prismáticos la carga puede ser *centrada*, *excéntrica* o *normal* al eje longitudinal.

Cargas *centradas* son aquellas aplicadas, o que se pueden considerar aplicadas, en el centroide de una sección transversal del elemento. Cuando la línea de acción de la carga tal pasa por los centroides de todas las secciones transversales del mismo, la carga se denomina *axial*. Las cargas no están aplicadas en el centroide de la sección transversal se denomina *excéntricas*.⁽¹⁾

Fuerzas Horizontales y Verticales

El efecto que el viento produce en distintos elementos se puede representar por una fuerza horizontal en la dirección y sentido del mismo, cuya magnitud depende de su velocidad y de la superficie expuesta.

⁽¹⁾ URIBE Escamilla, Jairo (1992). Análisis de Estructuras. 2ª Edición, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, página 20, 21

El efecto que produce el sismo en las construcciones es "una fuerza horizontal" cuyo valor se determina en función de la aceleración del terreno (intensidad sísmica), y de la masa del edificio (o sea de su peso).

La aceleración provocada por el sismo en el terreno puede tener cualquier dirección y sentido, y se representa a través de tres componentes: dos horizontales perpendiculares entre sí (por ejemplo norte-sur y este-oeste), y una vertical. Las componentes horizontales provocan fuerzas sísmicas en esa dirección y la vertical da lugar a fuerzas verticales, que se suman o restan (según su sentido), a las fuerzas gravitatorias (peso) de los elementos afectados.

Las fuerzas horizontales son las principales responsables de los daños en las estructuras y tienden a "volcar" los edificios.; las verticales afectan fundamentalmente a partes estructurales en voladizo, tales como aleros y balcones. (http://www.inpres.gov.ar/Ing_Sismorres/Nociones.html)

Desplazamientos de pórticos

Es la longitud de la trayectoria comprendida entre la posición inicial y la posición final de un pórtico debido a solicitaciones externas que modifican su equilibrio. (<http://es.wikipedia.org/wiki/Desplazamiento>)

Tipos de Análisis

El análisis de los pórticos puede ser a través de un análisis de primer orden o un análisis de segundo orden.

Análisis de Primer Orden

Es aquel que considera que las deformaciones producidas por las cargas sobre la estructura son muy pequeñas por lo tanto su geometría inicial no sufre ninguna variación, es decir en él tanto las deformaciones como las acciones sobre los elementos se determinan a partir de la geometría inicial de la estructura. (ROCHEL AWAD, 1993)

Análisis de Segundo Orden

Es aquel que para su análisis se plantean las ecuaciones de equilibrio de la estructura a partir de su geometría deformada, de este análisis se deduce el grado de estabilidad de la estructura y su capacidad para soportar cargas.

La necesidad de realizar un análisis de segundo orden depende de la magnitud de los desplazamientos horizontales que sufren los nudos y que se determinan a partir del análisis de primer orden.

Los efectos de segundo orden pueden afectar a la estructura en su conjunto o a cada elemento en particular tanto es sus deformaciones como en sus acciones internas y son producidos por las fuerzas laterales como viento o sismo, empujes

de tierra, cargas verticales, asimetría estructural, asentamientos diferenciales, etc. (ROCHEL AWAD, 1993)

El Efecto P – Delta

Cuando el edificio sufre pequeñas oscilaciones, este parámetro no es muy importante. Sin embargo, si las oscilaciones son significativas entonces la gravedad puede tener un efecto importante.

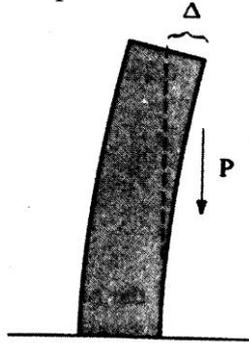


Figura. 1. La fuerza de la gravedad sobre un edificio flexionado.
Fuente (http://www.CAPÍTULO_A.6_REQUISITOS_DE_LA_DERIVA)

Como se puede ver en la figura 14, la gravedad jala hacia abajo dicha porción del edificio y esta fuerza tiende a flexionar aun más el edificio. Este es el efecto “P-Delta”. (“Delta” es la distancia en voladizo y “P” es la fuerza de la gravedad)

Estructura estable

Una estructura se considera estable cuando es capaz de soportar cualquier sistema concebible de cargas, de manera elástica e inmediatamente son aplicadas, suponiendo que la resistencia de todos los miembros y apoyos es infinita.

Las estructuras estables pueden ser *estáticamente determinadas* o *estáticamente indeterminadas*, dependiendo de sí las ecuaciones de equilibrio son por sí solas suficientes para determinar tanto las reacciones como las fuerzas internas.

Si son suficientes, la estructura se clasifica simplemente como determinada; de lo contrario como indeterminada. (NORRIS, 1973)

Grado de Indeterminación y Grado de libertad

El grado de indeterminación de una estructura es el número de componentes de las reacciones y fuerzas internas desconocidas que sobrepasan al número de ecuaciones de condición para el equilibrio estático.

El grado de libertad, es el número total de componentes de las deflexiones desconocidas de los nudos libres. (NORRIS, 1973)

2.5. HIPÓTESIS

Con la utilización de un software disminuirá el tiempo de cálculo de los desplazamientos de los pórticos ante fuerzas horizontales y verticales.

2.6. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES

2.6.1. Variable Independiente

Aplicación de un Software.

2.6.2. Variable Dependiente

Tiempo de cálculo de los desplazamientos de los pórticos ante fuerzas horizontales y verticales.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Enfoque

Esta investigación será realizada desde un enfoque cuali - cuantativo, debido a que permite la aplicación de técnicas que ayudan a la comprensión de los desplazamientos de los pórticos, así como los procesos utilizados para su cálculo con el fin de explicar las causas del mismo y encontrar los valores exactos de los desplazamientos de los pórticos para mejorar la seguridad en las edificaciones.

3.1.2. Modalidad

La modalidad de la presente investigación será una investigación aplicada, debido a que los resultados obtenidos permitirán la solución de la problemática.

Sin embargo también será documental y bibliográfica ya que se recogerá toda la información existente sobre el problema.

3.2. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

Nivel Exploratorio

Se ha logrado un nivel exploratorio porque se ha realizado un estudio poco estructurado con una mayor amplitud y dispersión, en el cual se desarrollo nuevos métodos, los cuales permitieron generar hipótesis y reconocer las

variables independiente y dependiente. Investigando así un problema desconocido dentro de un contexto.

Nivel Descriptivo

Por consiguiente se alcanzó el nivel descriptivo el cual permitió distribuir las variables consideradas aisladamente y clasificar sus elementos.

Nivel Asociación de Variables

Cabe recalcar que en el nivel asociación de variables se evaluó las variaciones de comportamientos de una variable en función de la otra, además se midió el grado de relación entre las variables.

3.3. POBLACIÓN O UNIVERSO

Para el presente estudio se tomará una muestra no aleatoria la cual consiste en tomar 1 tipo de edificio regular en planta y en elevación.

3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

CONCEPTO	CATEGORIA DIMENSIÓN	INDICADORES	ITEMS	TECNICAS E INSTRUMENTOS
Es un programa informático en el cual la computadora coopera con el usuario para facilitar la realización de un determinado tipo de trabajo.	Programa	Informático	¿Con qué tipo de programa la computadora coopera con el usuario?	Técnica: Investigación documental Técnica de instrumento: Documentos e internet.
	Facilitar la realización de un trabajo	Rápida Eficaz Segura	¿De qué manera se facilita la realización de un trabajo?	Técnica: Investigación documental Técnica de instrumento: Documentos e internet.

VARIABLE DEPENDIENTE: Tiempo de cálculo de los desplazamientos de los pórticos ante fuerzas horizontales y verticales.

CONCEPTO	CATEGORIA DIMENSIÓN	INDICADORES	ITEMS	TECNICAS E INSTRUMENTOS
Es la duración del cálculo de los desplazamientos de los pórticos ante fuerzas horizontales y verticales.	Fuerzas	<ul style="list-style-type: none"> - Vertical - Horizontal 	¿Qué tipo de fuerzas actúan sobre los pórticos?	<p>Técnica: Investigación documental</p> <p>Técnica de instrumento: Documentos e internet</p>
El desplazamiento en los pórticos es la longitud de la trayectoria comprendida entre la posición inicial y la posición final de un pórtico debido a solicitaciones externas que modifican su equilibrio.	Deformaciones de la estructura	<ul style="list-style-type: none"> - Modificación de su geometría inicial - Asimetría de las cargas - Desplazamiento horizontal de los nudos 	¿Qué deformaciones sufren los elementos estructurales?	<p>Técnica: Aplicación de fórmulas</p> <p>Técnica de instrumento: Aplicación Código Ecuatoriano de la Construcción.</p>

3.5. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Los datos de los parámetros obtenidos con las ecuaciones recomendadas por el Código Ecuatoriano de la Construcción servirán para calcular la estructura antes expuesta.

La información recolectada será analizada por el instrumento de fichas bibliográficas.

3.6. PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El procesamiento se realizara mediante la tabulación de los datos obtenidos a fin de que se pueda sacar conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. CÁLCULO DE LOS DESPLAZAMIENTOS DE LOS PÓRTICOS DEBIDO A FUERZAS HORIZONTALES Y VERTICALES (MÉTODO MATRICIAL DE LA RIGIDEZ)

4.1.1 Procedimiento

Para calcular los desplazamientos de los pórticos se emplea el método de los desplazamientos o de la rigidez, el mismo que está representado por la siguiente ecuación.

$$[F] = [K][\Delta] \quad (11.2)$$

$$[\Delta] = [K]^{-1}[F] \quad (11.2a)$$

Donde:

[F]= Vector total de fuerzas

[K]= Matriz de rigidez de la estructura

[\Delta]= Vector total de desplazamientos

Si se expande la ecuación, se obtiene:

$$\begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ F_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & k_{2n} \\ \cdot & \cdot & & & & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & & & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & & & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & & & & \cdot \\ k_{n1} & k_{n2} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & k_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \delta_n \end{bmatrix}$$

(11.2a)

Dado que cualquier elemento prismático, en nuestro caso una viga horizontal se encuentra sometida en sus extremos a fuerza axial, flexión y corte se tendría el siguiente planteamiento matricial para un marco plano:

$$[K] = \begin{bmatrix}
 u_i & v_i & \theta_i & u_j & v_j & \theta_j \\
 \frac{AE}{L} & 0 & 0 & -\frac{AE}{L} & 0 & 0 \\
 0 & \frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & -\frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} \\
 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} \\
 -\frac{AE}{L} & 0 & 0 & \frac{AE}{L} & 0 & 0 \\
 0 & -\frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} \\
 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L}
 \end{bmatrix} \begin{matrix} u_i \\ v_i \\ \theta_i \\ u_j \\ v_j \\ \theta_j \end{matrix}$$

(11.53)

En este sentido la matriz de rigidez de una columna vertical de un pórtico plano es:

$$[K] = \begin{bmatrix}
 u_i & v_i & \theta_i & u_j & v_j & \theta_j \\
 \frac{12EI}{L^3} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & -\frac{12EI}{L^3} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} \\
 0 & \frac{AE}{L} & 0 & 0 & -\frac{AE}{L} & 0 \\
 -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{4EI}{L} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{2EI}{L} \\
 -\frac{12EI}{L^3} & 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{12EI}{L^3} & 0 & \frac{6EI}{L^2} \\
 0 & -\frac{AE}{L} & 0 & 0 & \frac{AE}{L} & 0 \\
 -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{2EI}{L} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{4EI}{L}
 \end{bmatrix} \begin{matrix} u_i \\ v_i \\ \theta_i \\ u_j \\ v_j \\ \theta_j \end{matrix}$$

(11.55)

Donde:

E = módulo de elasticidad del hormigón

$$I = \frac{b \times h^3}{12} \text{ (Inercia de una sección rectangular)}$$

L = longitud

A = b * h (área de una sección rectangular).

u_i = desplazamiento en el nudo donde inicia el elemento viga o columna.

v_i = cortante en el nudo donde inicia el elemento viga o columna.

θ_i = giro en el nudo donde inicia el elemento viga o columna.

u_j = desplazamiento en el nudo donde termina el elemento viga o columna.

v_j = cortante en el nudo donde termina el elemento viga o columna.

θ_j = giro en el nudo donde termina el elemento viga o columna.

(URIBE, 1992).

4.2. EJERCICIO DE APLICACIÓN

Se desea determinar los desplazamientos que sufriría el pórtico 2 mostrado en el plano arquitectónico siguiente:

Especificaciones:

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 \quad \Rightarrow \quad E = 21 \text{ KN/mm}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

Vigas: 300mm x 400mm

Columnas: 400mm x 400mm

Planos Arquitectónicos

PLANTA BAJA
30.600 - 8' x 4 - 11m

PRIMERA PLANTA ALTA 30.505.4
SEGUNDA PLANTA ALTA 30.475.4
TERCERA PLANTA ALTA 30.445.4
8' x 4 - 11m

CUARTA PLANTA ALTA 30.135.4
8' x 4 - 11m

QUINTA PLANTA ALTA 30.105.4
8' x 4 - 11m

FACHADA FRONTAL

VIGMA LATERAL IZQUIERDA

VIGMA LATERAL DERECHA

CORTE X - X

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA		
TEMA "LOS DESPLAZAMIENTOS DE LOS EDIFICIOS ANTE FUERZAS HORIZONTALES Y VERTICALES Y SU FORMA DE CÁLCULO"		
CORTE/SE PLANTA BAJA - PLANTA ALTA - FACHADAS - CORTE	PROFESOR INGEN. ADRIANA PARARODI	
ESCALA	FECHA JUNIO - 2011	LAVINA 1A

Prediseño de la losa

Requerimientos:

- Losa alivianada bidireccional sobre vigas
- Las vigas pueden ser peraltadas

ACI 318

$$h > h = \frac{\text{Ln} \left(0.8 + \frac{f_y}{14000} \right)}{36 + 9\beta} \quad \text{Ec. 9.12}$$

$$\text{Ln} = 5\text{m} = 500\text{cm}$$

$$\beta = \frac{5\text{m}}{4\text{m}} = 1.25$$

$$h > h = \frac{500 * \left(0.8 + \frac{4200}{14000} \right)}{36 + 9 * 1.25} = 11.64 \text{ cm}$$

∴ h tiene que ser mayor que 11.64 cm.

$$h < h = \frac{\text{Ln} \left(0.8 + \frac{f_y}{14000} \right)}{36}$$

$$h < h = \frac{500 * \left(0.8 + \frac{4200}{14000} \right)}{36} = 15.28 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow h = 20 \text{ cm}$$

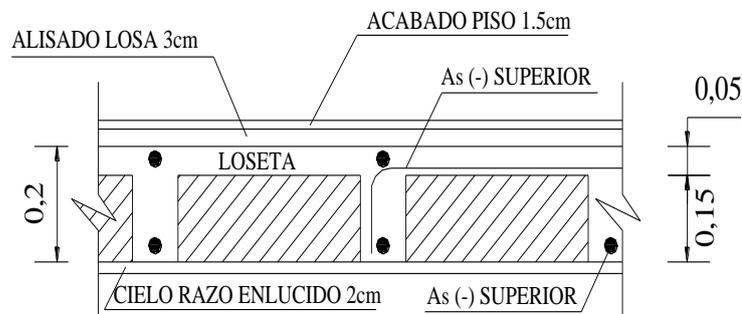


Figura. 2 Corte Típico de la Losa.
(Elaborado por Naranjo Adriana, 2011)

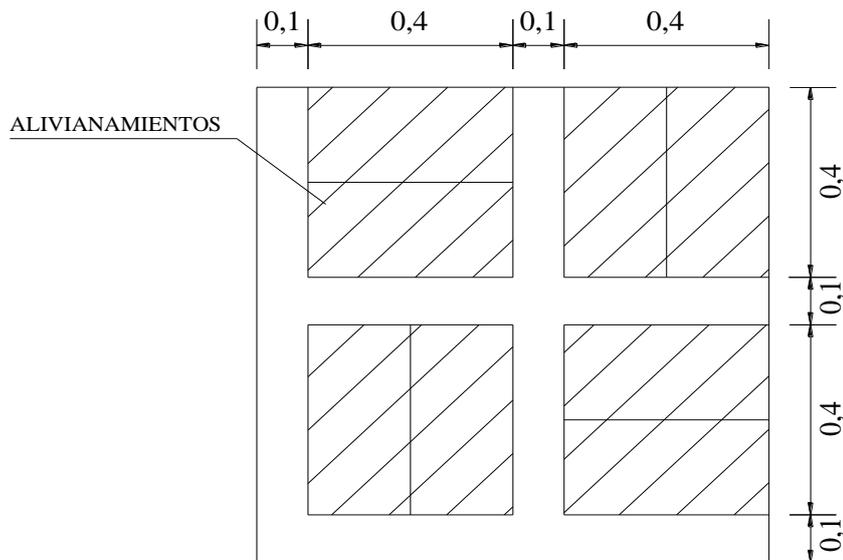


Figura. 3 Sección Típica de la Losa
(Elaborado por Naranjo Adriana, 2011)

4.2.1 Peso de Losa por m²

4.2.1.1 Carga Muerta

Peso Propio Loseta = 0.05m * 1m* 1m* 2400 kg/m	= 120.0 kg/m ²
Peso Propio Nervios = 0.10m * 0.15m* 3.6m *2400 kg/m	= 129.6 kg/m ²
Peso Propio Alivianamientos = 8/m ² *8 kg	= 64.0 kg/m ²
Peso Propio Alisado y Cielo Raso= 0.05m*1m*1m*1200 kg/m	= 60.0 kg/m ²
Acabado Piso = 0.015m * 1m* 1m *1200 kg/m	= 18.0 kg/m ²
Carga de Pared (Particiones)	= 120.0 kg/m ²
	511.6 kg/m ²

$$\Rightarrow CM = 512 \text{ kg/m}^2 = 0.512 \text{ Tn/m}^2$$

4.2.1.2 Carga Viva

Según código ecuatoriano de la construcción (Ver anexo 11)

$$CV = 200 \text{ kg/m}^2 = 0.2 \text{ Tn/m}^2 \quad \Rightarrow \text{Categoría Residencial}$$

Dado que la edificación tiene 5 pisos el Código Ecuatoriano de la Construcción indica que se debe reducir el valor de la carga viva en un 40%. (Ver anexo 12)

$$CV = 200 \text{ kg/m}^2 - 40\% (200\text{kg/m}^2) = 120 \text{ kg/m}^2$$

$$CV = 120\text{kg/m}^2 = \Rightarrow 0.12 \text{ Tn/m}^2 \text{ (Losa de entrepiso)}$$

Para losa de cubierta se toma el 50% CV

$$CV = 200 \text{ kg/m}^2 * 50\%$$

$$CV = 60\text{kg/m}^2 = \Rightarrow 0.6 \text{ Tn/m}^2 \text{ (Losa de cubierta)}$$

4.2.2 Cálculo de Cargas de Paredes Tipo según Proyecto

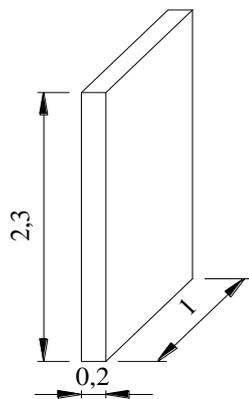
$$\gamma \text{ ladrillo y mortero} = 1600\text{kg/m}^3$$

$$\gamma \text{ vidrio} = 2500\text{kg/m}^3$$

$$\gamma \text{ aluminio} = 2800\text{kg/m}^3$$

PARED TIPO 1

Consideraciones: De acuerdo al proyecto la altura libre es 2,50m. Sin embargo para el cálculo se toma solo 2,30m. Para prever que las vigas se descuelguen 0,20m adicionales al espesor de la losa.

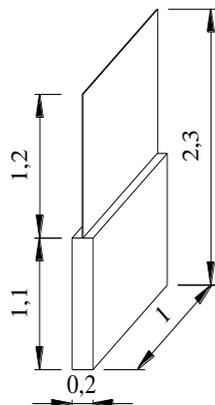


$$PT1 = 0.20\text{m} * 2.30\text{m} * 1.0\text{m} * 1600 \text{ kg/m}^3$$

$$PT1 = 736 \text{ kg/ml}$$

Figura. 4 Pared Tipo 1

PARED TIPO 2

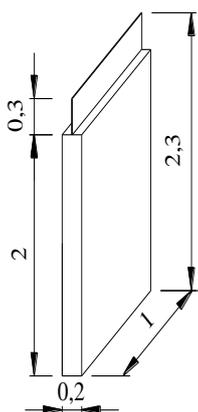


$$\begin{aligned} \text{Mampostería} &= 0.20\text{m} * 1.10\text{m} * 1.0\text{m} * 1600\text{kg/m}^3 = 352.00 \text{ kg/ml} \\ \text{Vidrio} &= 0.006\text{m} * 1.2\text{m} * 1.0\text{m} * 2500\text{kg/m}^3 = 180.00\text{kg/ml} \\ \text{Perfilera de Aluminio} &= 10.00 \text{ kg/ml} \\ \hline &= 380.00\text{kg/ml} \end{aligned}$$

$$\text{PT2} = 380.00 \text{ kg/ml}$$

Figura. 5 Pared Tipo 2

PARED TIPO 3

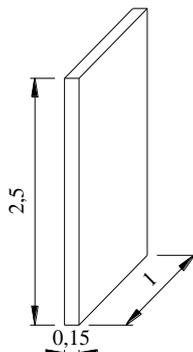


$$\begin{aligned} \text{Mampostería} &= 0.20\text{m} * 2.00\text{m} * 1.0\text{m} * 1600\text{kg/m}^3 = 640.00 \text{ kg/ml} \\ \text{Vidrio} &= 0.006\text{m} * 0.3\text{m} * 1.0\text{m} * 2500\text{kg/m}^3 = 4.50\text{kg/ml} \\ \text{Perfilera de Aluminio} &= 10.00 \text{ kg/ml} \\ \hline &= 654,50\text{kg/ml} \end{aligned}$$

$$\text{PT3} = 655,00 \text{ kg/ml}$$

Figura. 6 Pared Tipo 3

PARED TIPO 4

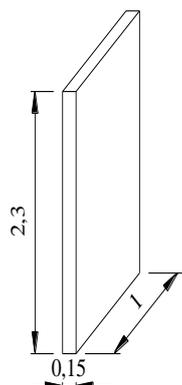


$$\text{PT4} = 0.15\text{m} * 2.50\text{m} * 1.0\text{m} * 1600 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{PT4} = 600 \text{ kg/ml}$$

Figura. 7 Pared Tipo 4

PARED TIPO 5



$$PT5 = 0.15\text{m} * 2.30\text{m} * 1.0\text{m} * 1600 \text{ kg/m}^3$$

$$PT5 = 552 \text{ kg/ml}$$

Figura. 8 Pared Tipo 5

Cuadro 1. Longitud de los Tipos de Paredes del Edificio

NIVEL m	CARACTERISTICAS	LONGITUD DE PARED TIPO SEGÚN PROYECTO (m)				
		TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 5
13,86	LOSA DE CUBIERTA	0	0	0	0	0
11,16	LOSA DE ENTREPISO	17,44	12,44	0,96	22,32	6,15
8,46	LOSA DE ENTREPISO	17,44	12,44	0,96	22,32	6,15
5,76	LOSA DE ENTREPISO	17,44	12,44	0,96	22,32	6,15
3,06	LOSA DE ENTREPISO	17,44	12,44	0,96	22,32	6,15

LOSA CUBIERTA N+13.86m

$$\text{Área} = 9.40\text{m} * 8.40 \text{ m} = 78.96\text{m}^2$$

$$CM = 512 \text{ kg/m}^2$$

$$CV = 60\text{kg/m}^2$$

$$\omega \text{ CM} = 512 \text{ kg/m}^2 * 78.96\text{m}^2 = 40,427.52\text{kg}$$

$$\omega \text{ CV} = 25\% * 60 \text{ kg/m}^2 * 78.96\text{m}^2 = 1,184.40 \text{ kg}$$

$$\omega = \frac{40,427.52\text{kg} + 1,184.40 \text{ kg}}{1} = 41,611.92 \text{ kg}$$

$$\omega = 41,611.92 \text{ kg}$$

⇒ $\omega = 41.61 \text{ Ton}$ **Peso total de losa de cubierta N+13.86m**

LOSA DE ENTREPISO N+11.16m - N+8.46m - N+5.76m - N+3.06m.

$$\text{Área losa} = 9.40\text{m} \times 8.40 \text{ m} = 78.96\text{m}^2$$

$$\text{Área grada} = 3.80\text{m} \times 2.30 \text{ m} = -8.74\text{m}^2$$

$$\text{Área} = \frac{78.96\text{m}^2 - 8.74\text{m}^2}{1} = 70.22 \text{ m}^2$$

$$\text{CM} = 512 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{CV} = 120\text{kg/m}^2$$

$$\omega \text{ CM} = 512 \text{ kg/m}^2 * 70.22\text{m}^2 = 35,952.64 \text{ kg}$$

$$\omega \text{ CV} = 25\% * 120 \text{ kg/m}^2 * 70.22\text{m}^2 = 2,106.60 \text{ kg}$$

$$\omega \text{ PT1} = 736 \text{ kg/ml} * 17.44 \text{ m} = 12,835.84 \text{ kg}$$

$$\omega \text{ PT2} = 380.00 \text{ kg/ml} * 12.44 \text{ m} = 4,727.20 \text{ kg}$$

$$\omega \text{ PT3} = 655.00 \text{ kg/ml} * 0.96 \text{ m} = 628.80 \text{ kg}$$

$$\omega \text{ PT4} = 600.00 \text{ kg/ml} * 22.32 \text{ m} = 13,392.00 \text{ kg}$$

$$\omega \text{ PT5} = 552.00 \text{ kg/ml} * 6.15 \text{ m} = 3,394.80 \text{ kg}$$

$$\omega = \frac{35,952.64 \text{ kg} + 2,106.60 \text{ kg} + 12,835.84 \text{ kg} + 4,727.20 \text{ kg} + 628.80 \text{ kg} + 13,392.00 \text{ kg} + 3,394.80 \text{ kg}}{1} = 73,037.88 \text{ kg}$$

$$\omega = 73,037.88 \text{ kg}$$

$\Rightarrow \omega = 73.04\text{Ton}$ **Peso total de losa de entreciso N+11.16m - N+8.46m
N+5.76m - N+3.06m.**

4.2.3 Carga de Sismo

Para el diseño por sismo se utiliza lo establecido en el código CEC 2000, en el cual se indica los requisitos mínimos de cálculo y diseño sismo resistente, para el cortante basal de diseño y el cálculo de las fuerzas horizontales.

Cuadro 2. Fuerza horizontal aplicada en los pisos

PISO	NIVEL hi (m)	PESO Wi (Ton)	Wi * hi (Ton– m)	Fx (Ton)	Fy (Ton)
5	13.86	41.61	576.71	7.87	7.87
4	11.16	73.04	815.13	11.12	11.12
3	8.46	73.04	617.92	8.43	8.43
2	5.76	73.04	420.71	5.74	5.74
1	3.06	73.04	223.50	3.05	3.05

$$\Sigma W_i = 333.77 \text{ Ton}$$

$$\Sigma W_i * h_i = 2,653.97 \text{ Ton– m}$$

Fórmulas a utilizarse (CEC 2000)

$$F_x = \frac{(V - F_t) * W_x * h_x}{\sum_{i=1}^n W_i * h_i} = F_y$$

$$V = \frac{Z * I * C}{R * \emptyset_P * \emptyset_E} * W$$

Donde:

V = Cortante basal de diseño, que será aplicado a una estructura en una dirección dada.

Z = Factor de reducción de respuesta estructural.

I = Importancia de la estructura.

C = Coeficiente para la determinación del Cortante Basal.

R = Factor de reducción de resistencia sísmico R.

\emptyset_P = Coeficiente de configuración estructural en planta.

\emptyset_E = Coeficiente de configuración estructural en elevación.

W = Carga sísmica reactiva, representa la carga reactiva por sismo, igual a la carga muerta total de la estructura.

$$T = C_t * (h_n)^{3/4}$$

Donde:

T = Período de vibración.

C_t = 0.09 para pórticos de acero.

C_t = 0.08 para pórticos espaciales de hormigón armado.

C_t = 0.06 para pórticos espaciales de hormigón armado con muros estructurales y para otras estructuras.

h_n = Altura máxima de la edificación de n pisos, medida desde la base de la estructura.

$$C = \frac{1.25 * S^S}{T}$$

Donde:

C = Coeficiente para la determinación del Cortante Basal. No debe exceder el valor de C_m, no debe ser menor a 0.5 y puede utilizarse en cualquier estructura.

S = Tipo de Suelo.

F_t = Fuerza Concentrada que se aplicará en la parte más alta de la estructura., constituyéndose una fuerza adicional en el último piso. No necesita exceder el valor de 0.25V, y puede considerarse nulo cuando T es menor o igual a 0.7seg.

Consideraciones:

Ciudad = Ambato (ver Anexo 3)

Z = zona IV; (ver Anexo 1 y 2)

Z = 0.4

S = Tipo de Suelo; (ver Anexo 4)

S₂ = Suelos intermedios 1.2

C_m = Coeficiente, relacionado con la definición del espectro y depende del tipo de suelo a utilizarse; (ver Anexo 4)

C_m = 3.0

I = Importancia de la estructura; (ver Anexo 5)

I = 1.0

Ø_P = Coeficiente de configuración estructural en planta

Ø_P = 1.0 Cuando una estructura no contempla ninguno de los tipos de irregularidades descritas (ver Anexo 6).

Ø_E = Coeficiente de configuración estructural en elevación

Ø_E = 1.0 Cuando una estructura no contempla ninguno de los tipos de irregularidades descritas (ver Anexo 7)

h_n = Altura máxima de la edificación de n pisos, medida desde la base de la estructura.

C_t = 0.08; para pórticos espaciales de hormigón armado.

R = Factor de reducción de resistencia sísmico R; (ver Anexo 11)

R=10.0 Sistemas de pórticos espaciales sismo resistentes de hormigón armado con vigas descolgadas de acero laminado en caliente.

Período de vibración

$$T = Ct * (hn)^{3/4}$$

$$T = 0.08 * (13.86)^{3/4}$$

$$T = 0.575 \text{ seg.}$$

Ft = fuerza adicional a la fuerza en el último piso.

Ft = Se considerará nula cuando T es menor o igual a 0.7seg

$$Ft = 0$$

Coficiente para la determinación del Cortante Basal

No debe exceder del valor de Cm establecido en la tabla 3 (Anexo 3), no debe ser menor a 0.5 y puede utilizarse para cualquier estructura.

$$C = \frac{1.25 * S^S}{T}$$

$$C = \frac{1.25 * (1.2)^{1.2}}{0.575}$$

$$C = 2.71$$

Cortante Basal

$$V = \frac{Z * I * C}{R * \phi_P * \phi_E} * W$$

$$V = \frac{0.4 * 1.0 * 2.71}{10 * 1.0 * 1.0} * 333.77$$

$$V = 36.20 \text{ Ton}$$

Fuerza en cada piso en los dos sentidos

$$F_x = \frac{(V - Ft) * W_x * h_x}{\sum_{i=1}^n W_i * h_i} = F_y$$

$$F_x = \frac{(36.20 - 0) * W_x * h_x}{2,653.97}$$

$$F_x = 0,01364 W_x * h_x$$

La fuerza horizontal aplicada en los diferentes pisos que tiene la edificación se distribuye para el número de pórticos que existe en el sentido del eje en el que actúan dichas fuerzas.

En el edificio analizado existe 3 pórticos en el sentido X, por lo tanto F_x se dividirá para 3.

Cuadro 3. Fuerza horizontal aplicada en los pórticos en el sentido x

Piso	F_x (Piso) (Ton)	F_x (Pórtico) (Ton)	F_x (Pórtico) (KN)
5	7.87	2.62	25.69
4	11.12	3.71	36.37
3	8.43	2.81	27.55
2	5.74	1.91	18.73
1	3.05	1,02	10.00

4.2.4 Carga Distribuida sobre las Vigas

La carga distribuida sobre las vigas se obtendrá a partir del mosaico de cargas y en función de áreas. Se toma como punto de partida las cargas de servicio, para luego transformarlas a cargas ultimas.

Mosaico de Cargas

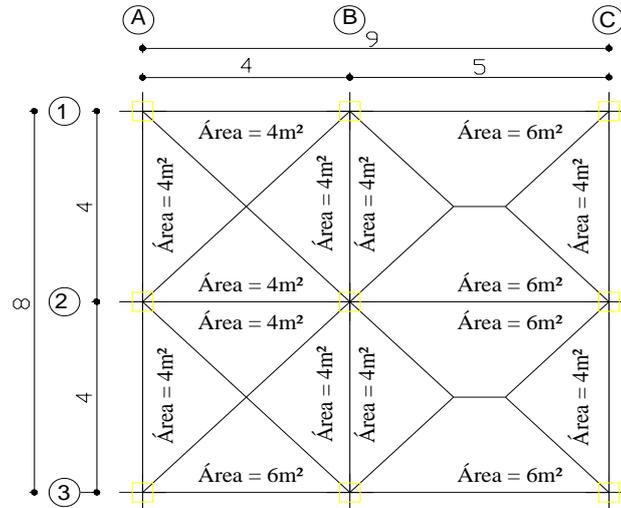


Figura. 9 Mosaico de cargas
(Elaborado por Naranjo Adriana, 2011)

La carga muerta y viva distribuida se obtiene multiplicando la carga por área y dividiendo para la luz ($\omega = \text{carga} \cdot \text{área} / \text{luz}$).

La carga de pared, se la incorpora directamente en kg/ml. (MEDINA, 1995)

El peso propio de la viga se sumará a la carga muerta.

VIGA EJE 2 NIVEL + 13.86m

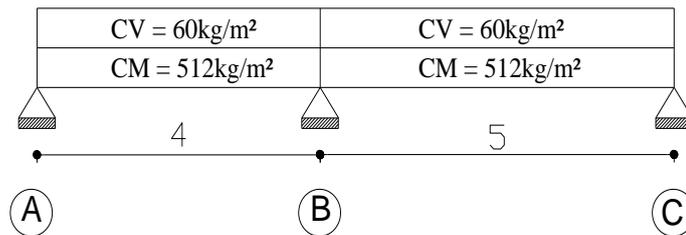


Figura. 10 Viga eje 2 N+13.86m.

TRAMO A – B

$$CM = (512 \text{ kg/m}^2 \cdot 8 \text{ m}^2) / 4 \text{ m} = 1,024.00 \text{ kg/m}$$

$$CMP = 0 \text{ kg/m}$$

$$PPV = 0,30\text{m} \cdot 0,40 \text{ m} \cdot 1\text{m} \cdot 2400\text{kg/m}^2 = 288.00 \text{ kg/m}$$

$$CM = \frac{1,024.00 + 288.00}{1} = 1,312.00 \text{ kg/m}$$

$$CV = (60 \text{ kg/m}^2 * 8 \text{ m}^2) / 4 \text{ m} = 120.00 \text{ kg/m}$$

$$U = 1.4 \text{ CM} + 1.7 \text{ CV}$$

$$U = 1.4 * (1,312.00 \text{ kg/m}) + 1.7 (120.00 \text{ kg/m})$$

$$U = 2,040.80 \text{ kg/m}$$

$$\Rightarrow U = 20.02 \text{ KN/m}$$

TRAMO B – C

$$CM = (512 \text{ kg/m}^2 * 12 \text{ m}^2) / 5 \text{ m} = 1,228.80 \text{ kg/m}$$

$$CMP = 0 \text{ kg/m}$$

$$PPV = 0,30\text{m} * 0,40 \text{ m} * 1\text{m} * 2400\text{kg/m}^2 = 288.00 \text{ kg/m}$$

$$CM = \frac{1,228.80 \text{ kg/m} + 288.00 \text{ kg/m}}{1} = 1,516.80 \text{ kg/m}$$

$$CV = (60 \text{ kg/m}^2 * 12 \text{ m}^2) / 5 \text{ m} = 144.00 \text{ kg/m}$$

$$U = 1.4 \text{ CM} + 1.7 \text{ CV}$$

$$U = 1.4 * (1,516.80 \text{ kg/m}) + 1.7 (144.00 \text{ kg/m})$$

$$U = 2,368.32 \text{ kg/m}$$

$$\Rightarrow U = 23.23 \text{ KN/m}$$

VIGA EJE 2 NIVEL + 11.16m

VIGA EJE 2 NIVEL + 8.46m

VIGA EJE 2 NIVEL + 5.76m

VIGA EJE 2 NIVEL + 3.06m

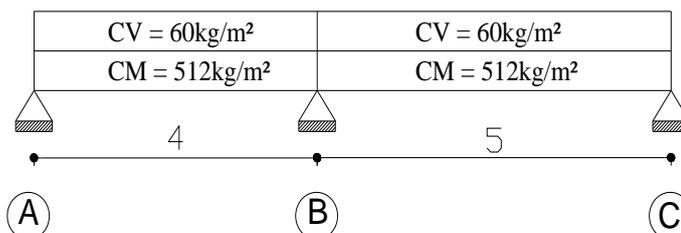


Figura. 11 Viga eje 2 N+11.16m, N+8.46m, N+5.76m, N+3.06m

TRAMO A – B

$$CM = (512 \text{ kg/m}^2 * 8 \text{ m}^2) / 4 \text{ m} = 1,024.00 \text{ kg/m}$$

$$CMP = 552.00 \text{ kg/m}$$

$$PPV = 0,30\text{m} * 0,40 \text{ m} * 1\text{m} * 2400\text{kg/m}^2 = 288.00 \text{ kg/m}$$

$$CM = \frac{1,024.00 \text{ kg/m} + 552.00 \text{ kg/m} + 288.00 \text{ kg/m}}{1} = 1,864.00 \text{ kg/m}$$

$$CV = (120 \text{ kg/m}^2 * 8 \text{ m}^2) / 4 \text{ m} = 240.00 \text{ kg/m}$$

$$U = 1.4 CM + 1.7 CV$$

$$U = 1.4 * (1,864.00 \text{ kg/m}) + 1.7 (240.00 \text{ kg/m})$$

$$U = 3,017.60 \text{ kg/m}$$

$$\Rightarrow U = 29.60 \text{ KN/m}$$

TRAMO B – C

$$CM = (512 \text{ kg/m}^2 * 12 \text{ m}^2) / 5 \text{ m} = 1,228.80 \text{ kg/m}$$

$$CMP = 600.00 \text{ kg/m}$$

$$PPV = 0,30\text{m} * 0,40 \text{ m} * 1\text{m} * 2400\text{kg/m}^2 = 288.00 \text{ kg/m}$$

$$CM = \frac{1,228.80 \text{ kg/m} + 600.00 \text{ kg/m} + 288.00 \text{ kg/m}}{1} = 2,116.80 \text{ kg/m}$$

$$CV = (120 \text{ kg/m}^2 * 12 \text{ m}^2) / 5 \text{ m} = 288.00 \text{ kg/m}$$

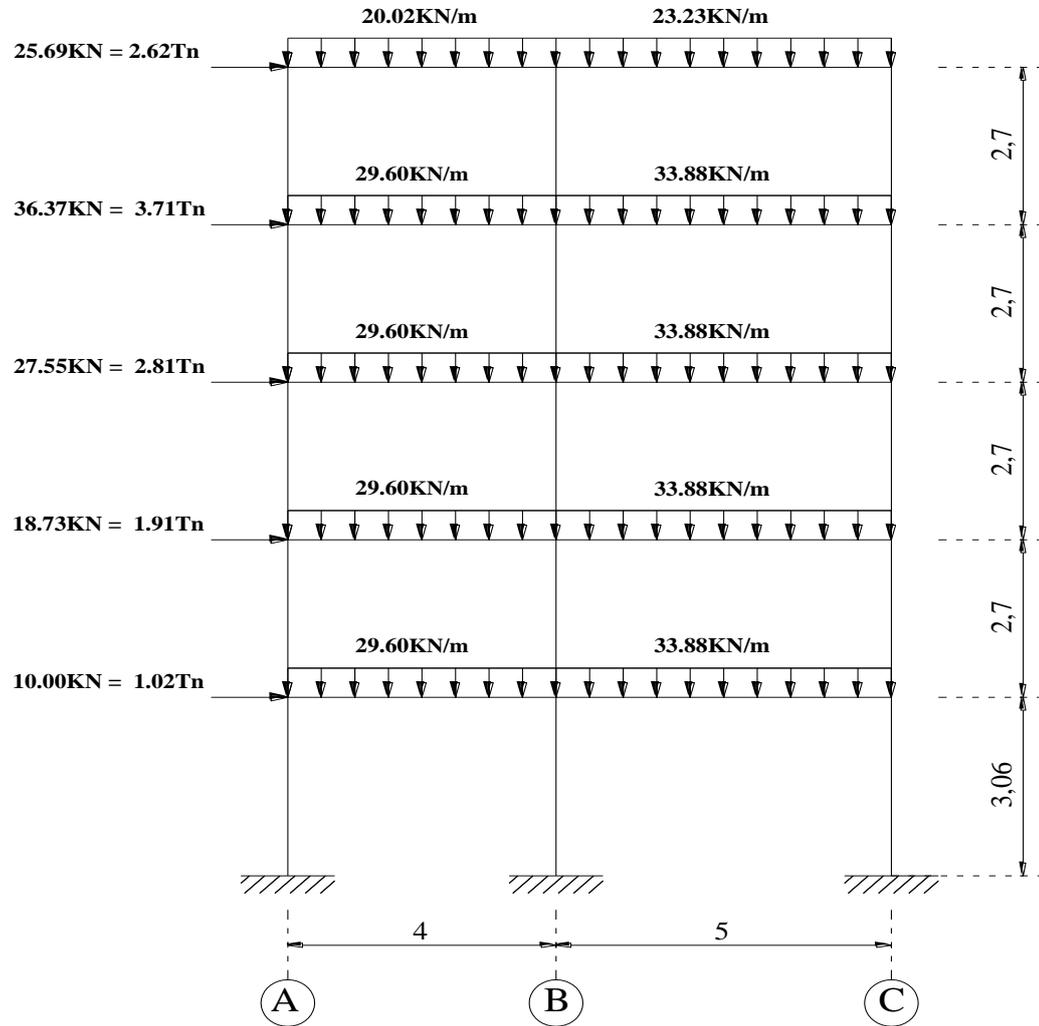
$$U = 1.4 CM + 1.7 CV$$

$$U = 1.4 * (2,116.80 \text{ kg/m}) + 1.7 (288.00 \text{ kg/m})$$

$$U = 3,453.12 \text{ kg/m}$$

$$\Rightarrow U = 33.88 \text{ KN/m}$$

Fuerzas que actúan sobre el pórtico del eje 2



PÓRTICO EJE 2

Figura. 12 Pórtico eje 2

(Elaborado por Naranjo Adriana, 2011)

4.2.5 Cálculo Matricial

Para el cálculo matricial por el método de la rigidez primero se enumerará los elementos del pórtico es decir las columnas y las vigas. En este caso C1 significa columna 1 y de la misma manera V1 significa viga 1.

Posteriormente se enumerará los nudos existentes en el pórtico, debe enumerarse cada nudo de la estructura (incluyendo los apoyos) de un modo

secuencial, partiendo de 1 y continuando de uno en uno. Entonces un elemento será identificado por los dos números en sus extremos.

Y a continuación se procederá a numerar el grado de libertad de los nudos, es decir el número total de desplazamientos desconocidos en los nudos de la estructura. En nuestro caso como es un pórtico plano cada nudo tendrá 3 grados de libertad (dos lineales y 1 rotacional)

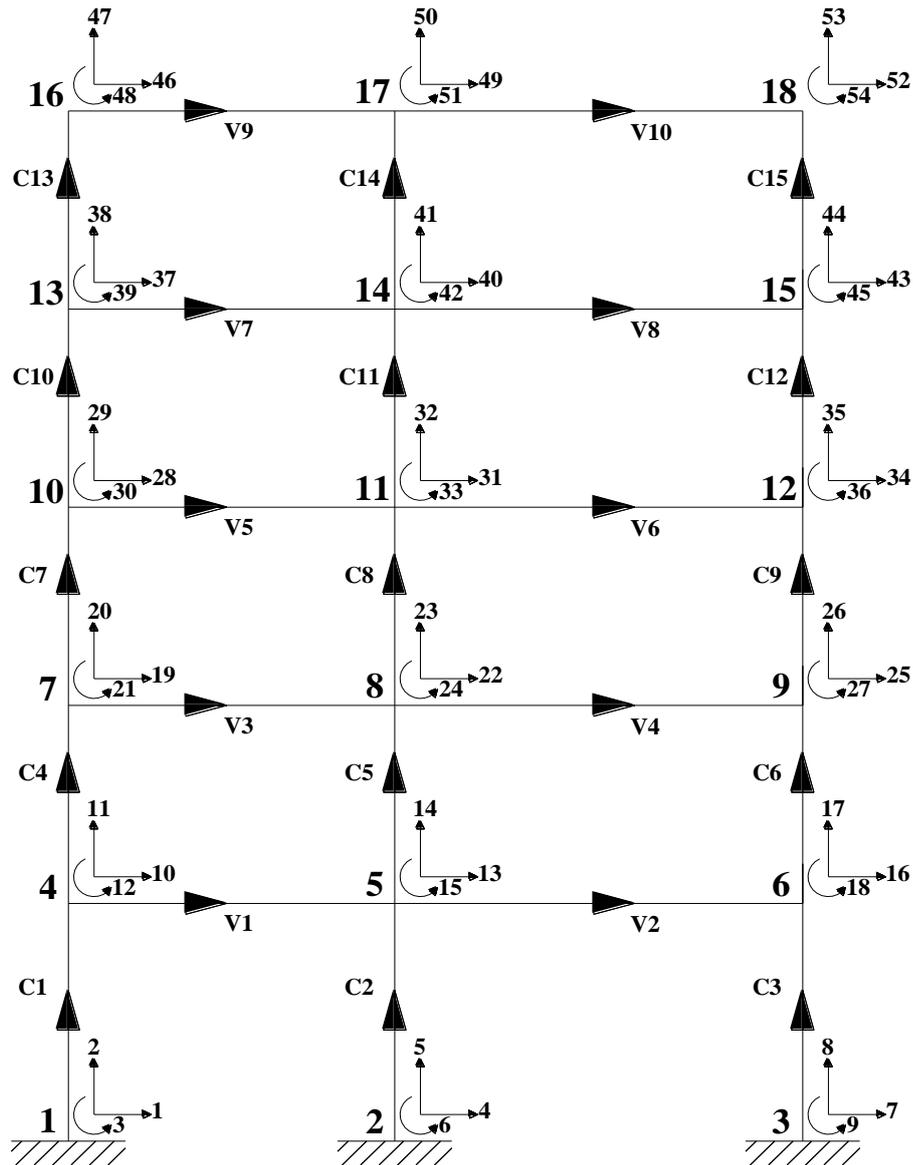


Figura. 13 Sistema de coordenadas

Grados de libertad restringidos: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

(Elaborado por Naranjo Adriana, 2011)

En la ecuación matricial $[F] = [K][\Delta]$ representan respectivamente:

$[F]$ = el vector fuerza generalizada

$[K]$ = la matriz de rigidez de la estructura

$[\Delta]$ = el vector desplazamiento generalizado del nudo.

Entonces se tendrá que establecer dichos términos de la ecuación matricial para la estructura analizada.

4.2.5.1 Matriz de Rigidez de la Estructura

La matriz de rigidez K de la estructura está formada por las matrices de rigidez de los elementos individuales de la estructura.

Estas matrices de rigidez de los elementos individuales están en función de E , I y L de cada elemento.

Para ello se deberá establecer las propiedades de los elementos individuales (vigas y columnas) del pórtico.

Consideraciones:

Vigas: 300mm x 400mm

Columnas: 400mm x 400mm

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 \quad \Rightarrow \quad E = 21 \text{ KN/mm}^2 = 21 \times 10^6 \text{ KN/m}^2$$

$$I = \frac{b \times h^3}{12} \quad (\text{Inercia de una sección rectangular})$$

$$A = b \times h \quad (\text{Área de una sección rectangular})$$

$$EI_{vigas} = \frac{21 \times 10^6 \text{KN/m}^2 \times 0.3\text{m} \times (0.4\text{m})^3}{12} = 33\,600. \text{ KN.m}^2$$

$$EI_{columnas} = \frac{21 \times 10^6 \text{KN/m}^2 \times 0.4\text{m} \times (0.4\text{m})^3}{12} = 44\,800. \text{ KN.m}^2$$

$$AE_{vigas} = 0.3\text{m} \times 0.4\text{m} \times 21 \times 10^6 \text{KN/m}^2 = 2\,520\,000. \text{ KN.m}$$

$$AE_{columnas} = 0.4\text{m} \times 0.4\text{m} \times 21 \times 10^6 \text{KN/m}^2 = 3\,360\,000. \text{ KN.m}$$

Cuadro 4. Resumen de las propiedades básicas de los miembros

ELEMENTO	LONGITUD	AE/L	2EI/L	4EI/L	6EI/L ²	12EI/L ³
Viga	4.00	630000	16800	33600	12600	6300
Viga	5.00	504000	13440	26880	8064	3225.6
Columna	3.06	1098039.22	29281.05	58562.09	28706.91	18762.68
Columna	2.70	1244444.44	33185.19	66370.37	36872.43	27312.91

Matriz de Rigidez para Vigas

La matriz de rigidez para elementos viga tiene la siguiente forma:

$$[\mathbf{K}] = \begin{matrix} & \begin{matrix} \mathbf{u}_i & \mathbf{V}_i & \boldsymbol{\theta}_i & \mathbf{u}_j & \mathbf{v}_j & \boldsymbol{\theta}_j \end{matrix} \\ \begin{pmatrix} \mathbf{u}_i \\ \mathbf{v}_i \\ \boldsymbol{\theta}_i \\ \mathbf{u}_j \\ \mathbf{v}_j \\ \boldsymbol{\theta}_j \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} AE/L & 0 & 0 & -AE/L & 0 & 0 \\ 0 & 12EI/L^3 & 6EI/L^2 & 0 & -12EI/L^3 & 6EI/L^2 \\ 0 & 6EI/L^2 & 4EI/L & 0 & -6EI/L^2 & 2EI/L \\ -AE/L & 0 & 0 & AE/L & 0 & 0 \\ 0 & -12EI/L^3 & -6EI/L^2 & 0 & 12EI/L^3 & -6EI/L^2 \\ 0 & 6EI/L^2 & 2EI/L & 0 & -6EI/L^2 & 4EI/L \end{pmatrix} \end{matrix}$$

$$[\mathbf{K}_{V1}]^{4-5} = \begin{matrix} & \begin{matrix} \mathbf{10} & \mathbf{11} & \mathbf{12} & \mathbf{13} & \mathbf{14} & \mathbf{15} \end{matrix} \\ \begin{pmatrix} \mathbf{10} \\ \mathbf{11} \\ \mathbf{12} \\ \mathbf{13} \\ \mathbf{14} \\ \mathbf{15} \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} 630000 & 0 & 0 & -630000 & 0 & 0 \\ 0 & 6300 & 12600 & 0 & -6300 & 12600 \\ 0 & 12600 & 33600 & 0 & -12600 & 16800 \\ -630000 & 0 & 0 & 630000 & 0 & 0 \\ 0 & -6300 & -12600 & 0 & 6300 & -12600 \\ 0 & 12600 & 16800 & 0 & -12600 & 33600 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

$$[\mathbf{K}_{V1}]^{4-5} = [\mathbf{K}_{V3}]^{7-8} = [\mathbf{K}_{V5}]^{10-11} = [\mathbf{K}_{V7}]^{13-14} = [\mathbf{K}_{V9}]^{16-17}$$

$$[\mathbf{K}_{V2}]^{5-6} = \begin{matrix} & \begin{matrix} \mathbf{13} & \mathbf{14} & \mathbf{15} & \mathbf{16} & \mathbf{17} & \mathbf{18} \end{matrix} \\ \begin{pmatrix} \mathbf{13} \\ \mathbf{14} \\ \mathbf{15} \\ \mathbf{16} \\ \mathbf{17} \\ \mathbf{18} \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} 504000 & 0 & 0 & -504000 & 0 & 0 \\ 0 & 3225.6 & 8064 & 0 & -3225.6 & 8064 \\ 0 & 8064 & 26880 & 0 & -8064 & 13440 \\ -504000 & 0 & 0 & 504000 & 0 & 0 \\ 0 & -3225.6 & -8064 & 0 & 3225.6 & -8064 \\ 0 & 8064 & 13440 & 0 & -8064 & 26880 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

$$[\mathbf{K}_{V2}]^{5-6} = [\mathbf{K}_{V4}]^{8-9} = [\mathbf{K}_{V6}]^{11-12} = [\mathbf{K}_{V8}]^{14-15} = [\mathbf{K}_{V10}]^{17-18}$$

Matriz de Rigidez para Columnas

La matriz de rigidez para elementos viga tiene la siguiente forma:

$$\left[\mathbf{K} \right] = \begin{pmatrix} \mathbf{u}_i & \mathbf{V}_i & \boldsymbol{\theta}_i & \mathbf{u}_j & \mathbf{v}_j & \boldsymbol{\theta}_j \\ 12EI/L^3 & 0 & -6EI/L^2 & -12EI/L^3 & 0 & -6EI/L^2 \\ 0 & AE/L & 0 & 0 & -AE/L & 0 \\ -6EI/L^2 & 0 & 4EI/L & 6EI/L^2 & 0 & 2EI/L \\ -12EI/L^3 & 0 & 6EI/L^2 & 12EI/L^3 & 0 & 6EI/L^2 \\ 0 & -AE/L & 0 & 0 & AE/L & 0 \\ -6EI/L^2 & 0 & 2EI/L & 6EI/L^2 & 0 & 4EI/L \end{pmatrix} \begin{matrix} \mathbf{U}_i \\ \mathbf{V}_i \\ \boldsymbol{\theta}_i \\ \mathbf{U}_j \\ \mathbf{V}_j \\ \boldsymbol{\theta}_j \end{matrix}$$

$$\left[\mathbf{K}_{C1} \right]^{1-4} = \begin{pmatrix} \mathbf{1} & \mathbf{2} & \mathbf{3} & \mathbf{10} & \mathbf{11} & \mathbf{12} \\ 18762.68 & 0 & -28706.91 & -18762.68 & 0 & -28706.91 \\ 0 & 1098039.22 & 0 & 0 & -1098039.22 & 0 \\ -28706.91 & 0 & 58562.09 & 28706.91 & 0 & 29281.05 \\ -18762.68 & 0 & 28706.91 & 18762.68 & 0 & 28706.91 \\ 0 & -1098039.22 & 0 & 0 & 1098039.22 & 0 \\ -28706.91 & 0 & 29281.05 & 28706.91 & 0 & 58562.09 \end{pmatrix} \begin{matrix} \mathbf{1} \\ \mathbf{2} \\ \mathbf{3} \\ \mathbf{10} \\ \mathbf{11} \\ \mathbf{12} \end{matrix}$$

$$\left[\mathbf{K}_{C1} \right]^{1-4} = \left[\mathbf{K}_{C2} \right]^{2-5} = \left[\mathbf{K}_{C3} \right]^{3-6}$$

$$\left[\mathbf{K}_{C4} \right]^{4-7} = \begin{pmatrix} \mathbf{10} & \mathbf{11} & \mathbf{12} & \mathbf{19} & \mathbf{20} & \mathbf{21} \\ 27312.91 & 0 & -36872.43 & -27312.91 & 0 & -36872.43 \\ 0 & 1244444.44 & 0 & 0 & -1244444.44 & 0 \\ -36872.43 & 0 & 66370.37 & 36872.43 & 0 & 33185.19 \\ -27312.91 & 0 & 36872.43 & 27312.91 & 0 & 36872.43 \\ 0 & -1244444.44 & 0 & 0 & 1244444.44 & 0 \\ -36872.43 & 0 & 33185.19 & 36872.43 & 0 & 66370.37 \end{pmatrix} \begin{matrix} \mathbf{10} \\ \mathbf{11} \\ \mathbf{12} \\ \mathbf{19} \\ \mathbf{20} \\ \mathbf{21} \end{matrix}$$

$$\begin{aligned}
 \left[\mathbf{K}_{C4} \right]^{4-7} &= \left[\mathbf{K}_{C5} \right]^{5-8} = \left[\mathbf{K}_{C6} \right]^{6-9} = \left[\mathbf{K}_{C7} \right]^{7-10} = \left[\mathbf{K}_{C8} \right]^{8-11} = \left[\mathbf{K}_{C9} \right]^{9-12} \\
 &= \left[\mathbf{K}_{C10} \right]^{10-13} = \left[\mathbf{K}_{C11} \right]^{11-14} = \left[\mathbf{K}_{C12} \right]^{12-15} = \left[\mathbf{K}_{C13} \right]^{13-16} = \left[\mathbf{K}_{C14} \right]^{14-17} \\
 &= \left[\mathbf{K}_{C15} \right]^{15-18}
 \end{aligned}$$

Las matrices de rigidez de los elementos individuales del pórtico están designadas por un par de subíndices. El primer subíndice indica el extremo del elemento donde las fuerzas pertenecientes a él se evalúan, mientras que el segundo subíndice indica el extremo donde se introducen desplazamientos unitarios.

Por ejemplo:

$K_{4\ 5}$ = representa la matriz de rigidez en el nudo 4 del elemento V1 entre los nudos 4 y 5.

$K_{5\ 4}$ = representa lo inverso, es decir que el extremo 4 del elemento V1 está sujeto a desplazamientos mientras que el extremo 5 está fijo.

$K_{4\ 4}$ = implica que los desplazamientos introducidos y las correspondientes fuerzas que a ellos corresponden están todos en el extremo 4. En otras palabras representan las fuerzas necesarias para introducir desplazamientos unitarios en el nudo 4. En consecuencia $K_{4\ 4}$ depende de las rigideces de aquellos elementos que llegan al nudo 4. Por esta razón $K_{4\ 4}$ se le denomina rigidez del nudo 4.

Si no existe elementos entre los nudos i y j entonces $K_{i\ j} = 0$.

En la matriz de rigidez de la estructura las submatrices de la diagonal principal representan las rigideces de los nudos, y las submatrices que están fuera de la diagonal principal representan las rigideces de los elementos individuales.

Formación de la Matriz de Rigidez de la Estructura

54

$$\boxed{\mathbf{K}} = \begin{bmatrix}
 K_{11} & 0 & 0 & K_{14} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & K_{22} & 0 & 0 & K_{25} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & K_{33} & 0 & 0 & K_{36} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 K_{41} & 0 & 0 & K_{44} & K_{45} & 0 & K_{47} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & K_{52} & 0 & K_{54} & K_{55} & K_{56} & 0 & K_{58} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & K_{63} & 0 & K_{65} & K_{66} & 0 & 0 & K_{69} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & K_{74} & 0 & 0 & K_{77} & K_{78} & 0 & K_{710} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & K_{85} & 0 & K_{87} & K_{88} & K_{89} & 0 & K_{811} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & K_{96} & 0 & K_{98} & K_{99} & 0 & 0 & K_{912} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & K_{107} & 0 & 0 & K_{1010} & K_{1011} & 0 & K_{1013} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & K_{118} & 0 & K_{1110} & K_{1111} & K_{1112} & 0 & K_{1114} & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & K_{129} & 0 & K_{1211} & K_{1212} & 0 & 0 & K_{1215} & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & K_{1310} & 0 & 0 & K_{1313} & K_{1314} & 0 & K_{1316} & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & K_{1411} & 0 & K_{1413} & K_{1414} & K_{1415} & 0 & K_{1417} & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & K_{1512} & 0 & K_{1514} & K_{1515} & 0 & 0 & K_{1518} \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & K_{1613} & 0 & 0 & K_{1616} & K_{1617} & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & K_{1714} & 0 & K_{1716} & K_{1717} & K_{1718} \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & K_{1815} & 0 & K_{1817} & K_{1818}
 \end{bmatrix}$$

4.2.5.2 Vector de Fuerzas

Las reacciones de empotramiento y los momentos flectores

$$Y = \frac{Q * L}{2}$$

$$Y_{45} = \frac{29.60 \text{ KN/m} * 4\text{m}}{2} = 59.21 \text{ KN} \downarrow$$

$$Y_{45} = Y_{54} = Y_{78} = Y_{87} = Y_{1011} = Y_{1110} = Y_{1314} = Y_{1413}$$

$$M = \frac{Q * L^2}{12}$$

$$M_{45} = \frac{29.60 \text{ KN/m} * (4\text{m})^2}{12} = 39.47 \text{ KN.m} \curvearrowright$$

$$M_{45} = -M_{54} = M_{78} = -M_{87} = M_{1011} = -M_{1110} = M_{1314} = -M_{1413}$$

$$Y_{1617} = \frac{20.02 \text{ KN/m} * 4\text{m}}{2} = 40.04 \text{ KN} \downarrow$$

$$Y_{1617} = Y_{1716}$$

$$M_{1617} = \frac{20.02 \text{ KN/m} * (4\text{m})^2}{12} = 26.69 \text{ KN.m} \curvearrowright$$

$$M_{1617} = -M_{1716}$$

$$Y_{56} = \frac{33.88 \text{ KN/m} * 5\text{m}}{2} = 84.69 \text{ KN} \downarrow$$

$$Y_{56} = Y_{65} = Y_{89} = Y_{98} = Y_{1112} = Y_{1211} = Y_{1415} = Y_{1514}$$

$$M_{56} = \frac{33.88 \text{ KN/m} * (5\text{m})^2}{12} = 70.57 \text{ KN.m} \curvearrowright$$

$$M_{56} = -M_{65} = M_{89} = -M_{98} = M_{1112} = -M_{1211} = M_{1415} = -M_{1514}$$

$$Y_{1718} = \frac{23.23 \text{ KN/m} * 5\text{m}}{2} = 58.08 \text{ KN} \downarrow$$

$$Y_{1718} = Y_{1817}$$

$$M_{1718} = \frac{23.23 \text{ KN/m} * (5\text{m})^2}{12} = 48.40 \text{ KN.m} \curvearrowright$$

$$M_{1718} = -M_{1817}$$

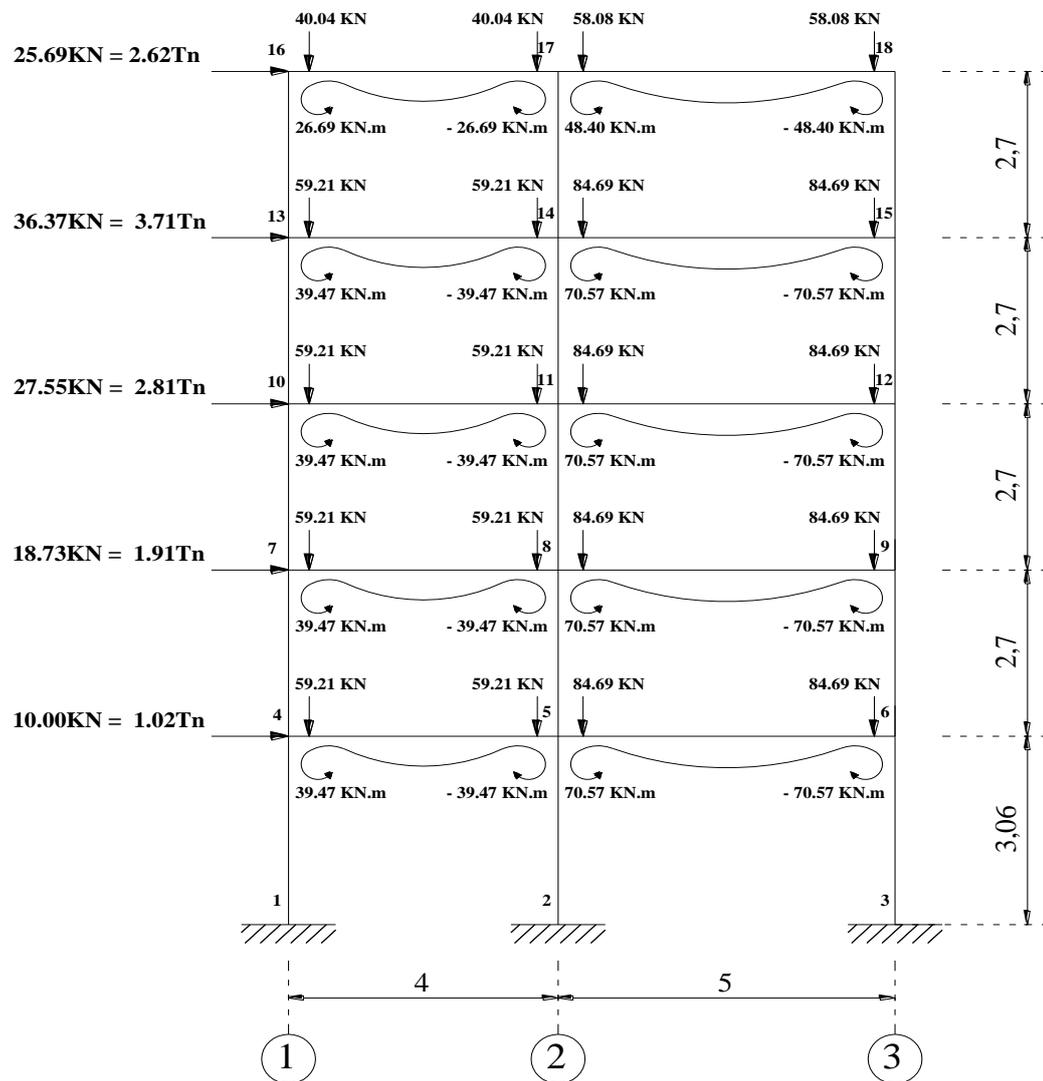


Figura. 14 Reacciones de empotramiento causado por las cargas sobre los miembros

(Elaborado por Naranjo Adriana, 2011)

El vector fuerza está formado por las fuerzas que intervienen en los nudos existentes en el pórtico.

$$[F] = \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \\ F_4 \\ F_5 \\ F_6 \\ F_7 \\ F_8 \\ F_9 \\ F_{10} \\ F_{11} \\ F_{12} \\ F_{13} \\ F_{14} \\ F_{15} \\ F_{16} \\ F_{17} \\ F_{18} \end{bmatrix}$$

Cada vector fuerza que actúa en 1 nudo tiene 3 componentes según la dirección en la que actúan en el nudo, este puede ser sentido X, sentido Y o Momento generado.

Debido a que la estructura se encuentra empotrada al suelo los nudos 1, 2, 3 no tienen vectores fuerza debido a que no pueden desplazarse.

$$F = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ M \end{bmatrix}$$

Vector Fuerza en el nudo 4

$$F_4 = \begin{bmatrix} 10.00 \text{ KN} \\ -59.21 \text{ KN} \\ 39.47 \text{ KN.m} \end{bmatrix}$$

Vector Fuerza en el nudo 7

$$F_7 = \begin{bmatrix} 18.73 \text{ KN} \\ -59.21 \text{ KN} \\ 39.47 \text{ KN.m} \end{bmatrix}$$

Vector Fuerza en el nudo 10

$$F_{10} = \begin{bmatrix} 27.55 \text{ KN} \\ -59.21 \text{ KN} \\ 39.47 \text{ KN.m} \end{bmatrix}$$

Vector Fuerza en el nudo 13

$$F_{13} = \begin{bmatrix} 36.37 \text{ KN} \\ -59.21 \text{ KN} \\ 39.47 \text{ KN.m} \end{bmatrix}$$

Vector Fuerza en el nudo 16

$$F_{16} = \begin{bmatrix} 25.69 \text{ KN} \\ -40.04 \text{ KN} \\ 26.69 \text{ KN.m} \end{bmatrix}$$

Vector Fuerza en el nudo 5, 8, 11, 14

$$F_5 = \begin{bmatrix} 0 \\ (-59.21 - 84.69)\text{KN} \\ (-39.47 + 70.57)\text{KN.m} \end{bmatrix}$$

$$F_5 = \begin{bmatrix} 0 \\ -143.89 \text{ KN} \\ 31.10 \text{ KN.m} \end{bmatrix}$$

$$F_5 = F_8 = F_{11} = F_{14}$$

Vector Fuerza en el nudo 17

$$F_{17} = \begin{bmatrix} 0 \\ (-40.04 - 58.08)\text{KN} \\ (-26.69 + 48.40)\text{KN.m} \end{bmatrix}$$

$$F_{17} = \begin{bmatrix} 0 \\ -98.12 \text{ KN} \\ 21.71 \text{ KN.m} \end{bmatrix}$$

Vector Fuerza en el nudo 6, 9, 12, 15

$$F_6 = \begin{bmatrix} 0 \\ -84.69 \text{ KN} \\ -70.57 \text{ KN.m} \end{bmatrix}$$

$$F_6 = F_9 = F_{12} = F_{15}$$

Vector Fuerza en el nudo 18

$$F_{18} = \begin{bmatrix} 0 \\ -58.08 \text{ KN} \\ -48.40 \text{ KN.m} \end{bmatrix}$$

Luego de haber ensamblado la matriz de rigidez y el vector fuerza de la estructura se procederá a establecer la ecuación matricial de la estructura.

Para realizar la solución matricial de la estructura se deberá eliminar las filas y columnas en donde exista restricción de movimiento.

4.2.5.3 Formación de la Ecuación Matricial de la Estructura

09

F1	K11	0	0	K14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Δ1
F2	0	K22	0	0	K25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Δ2
F3	0	0	K33	0	0	K36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Δ3
F4	K41	0	0	K44	K45	0	K47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Δ4
F5	0	K52	0	K54	K55	K56	0	K58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Δ5
F6	0	0	K63	0	K65	K66	0	0	K69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Δ6
F7	0	0	0	K74	0	0	K77	K78	0	K710	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Δ7
F8	0	0	0	0	K85	0	K87	K88	K89	0	K811	0	0	0	0	0	0	0	0	Δ8
F9	=	0	0	0	0	0	K96	0	K98	K99	0	0	K912	0	0	0	0	0	0	* Δ9
F10	0	0	0	0	0	0	K107	0	0	K1010	K1011	0	K1013	0	0	0	0	0	0	Δ10
F11	0	0	0	0	0	0	0	K118	0	K1110	K1111	K1112	0	K1114	0	0	0	0	0	Δ11
F12	0	0	0	0	0	0	0	0	K129	0	K1211	K1212	0	0	K1215	0	0	0	0	Δ12
F13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	K1310	0	0	K1313	K1314	0	K1316	0	0	0	Δ13
F14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	K1411	0	K1413	K1414	K1415	0	K1417	0	0	Δ14
F15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	K1512	0	K1514	K1515	0	0	K1518	0	Δ15
F16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	K1613	0	0	K1616	K1617	0	0	Δ16
F17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	K1714	0	K1716	K1717	K1718	0	Δ17
F18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	K1815	0	K1817	K1818	0	Δ18

Ecuación Matricial de la Estructura

Ecuación Matricial de la Estructura

The image shows a large, empty grid with a light blue background and a grid of small dots. The grid is divided into two main sections by a vertical line. The left section is labeled 'Matriz de Rigidez' and the right section is labeled 'Matriz de Masas'. The grid is intended for writing the matrix equation of the structure, which typically takes the form $[K] \{U\} = \{F\}$, where $[K]$ is the stiffness matrix, $\{U\}$ is the displacement vector, and $\{F\}$ is the force vector.

4.2.5.4 Solución Matricial de la Estructura

$$[\Delta] = \begin{bmatrix} K_{44} & K_{45} & 0 & K_{47} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ K_{54} & K_{55} & K_{56} & 0 & K_{58} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & K_{65} & K_{66} & 0 & 0 & K_{69} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ K_{74} & 0 & 0 & K_{77} & K_{78} & 0 & K_{710} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & K_{85} & 0 & K_{87} & K_{88} & K_{89} & 0 & K_{811} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & K_{96} & 0 & K_{98} & K_{99} & 0 & 0 & K_{912} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & K_{107} & 0 & 0 & K_{1010} & K_{1011} & 0 & K_{1013} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & K_{118} & 0 & K_{1110} & K_{1111} & K_{1112} & 0 & K_{1114} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & K_{129} & 0 & K_{1211} & K_{1212} & 0 & 0 & K_{1215} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & K_{1310} & 0 & 0 & K_{1313} & K_{1314} & 0 & K_{1316} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & K_{1411} & 0 & K_{1413} & K_{1414} & K_{1415} & 0 & K_{1417} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & K_{1512} & 0 & K_{1514} & K_{1515} & 0 & 0 & K_{1518} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & K_{1613} & 0 & 0 & K_{1616} & K_{1617} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & K_{1714} & 0 & K_{1716} & K_{1717} & K_{1718} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & K_{1815} & 0 & K_{1817} & K_{1818} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} F_4 \\ F_5 \\ F_6 \\ F_7 \\ F_8 \\ F_9 \\ F_{10} \\ F_{11} \\ F_{12} \\ F_{13} \\ F_{14} \\ F_{15} \\ F_{16} \\ F_{17} \\ F_{18} \end{bmatrix}$$

4.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El Análisis Matricial por el Método de la Rigidez de una estructura permite calcular los desplazamientos horizontales de piso que se producirían a causa de las fuerzas horizontales y verticales.

Es por ello que del ejercicio resuelto obtenemos cinco valores de desplazamiento.

Cuadro 5. Valores de Desplazamiento del Pórtico del Eje 2

Nº PISO	NIVEL (m)	Δ (mm)
1	3.06	4.50
2	5.76	10.11
3	8.46	15.04
4	11.16	18.66
5	13.86	20.82

4.4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Dado que las estructuras necesitan flexibilidad para soportar ciertos movimientos como lo es el caso de las fuerzas horizontales y que pueden ocasionar fallas dentro de las mismas es necesario saber el valor de la junta o separación entre las estructuras colindantes con el fin de evitar grietas dentro de los mismos.

En este sentido, el valor de la junta de dilatación será igual a la suma de los desplazamientos que tendrían dos pórticos adyacentes.

4.5. VERIFICACIÓN DE HIPOTESIS

La hipótesis ha sido comprobada, pues el cálculo manual de los desplazamientos de los pórticos ante fuerzas horizontales y verticales mediante el método

matricial de la rigidez conlleva mucho tiempo, concentración y cuidado, debido a la gran cantidad de información que este procesa.

Por lo contrario con la aplicación de un software, se determina los desplazamientos de los pórticos ante fuerzas horizontales y verticales de una manera segura y eficiente, lo que permite al calculista optimizar el tiempo de cálculo.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.- CONCLUSIONES

- Los desplazamientos de los pórticos son las variaciones que sufren los pisos debido a oscilaciones causadas por fuerzas horizontales y verticales. Si las oscilaciones son significativas entonces la gravedad puede tener un efecto importante pues tiende a flexionar el edificio.
- Los desplazamientos de los pórticos ante fuerzas horizontales y verticales pueden ser calculados por el *Método Matricial* como lo son: El Método de la rigidez, Método de la flexibilidad. Por *Métodos Exactos* como lo son: El Método de Cross, Kani, Takabeya. Sin embargo, para el presente estudio se ha escogido el método matricial de la rigidez debido a que este método reemplaza la estructura continua real por un modelo matemático de elementos estructurales, cuyas propiedades pueden expresarse en forma matricial. Es decir se plantea el comportamiento de una estructura mediante matrices.
- El cálculo de los desplazamientos de los pórticos ante fuerzas horizontales y verticales mediante el método matricial de la rigidez es muy exacto, pero dado que su procesamiento de datos es muy largo debido a la gran cantidad de información que este conlleva su solución manual resulta tediosa razón por la cual se propone usar un programa que facilite su cálculo.

- Los desplazamientos de los pórticos ante fuerzas horizontales y verticales permiten determinar la junta de dilatación que permitirá mejorar el comportamiento de edificaciones ante dichas sollicitaciones dinámicas.
- El valor de desplazamiento obtenido mediante el método matricial de la rigidez, en el último piso del pórtico 2 fue de 20.82mm.

5.2.- RECOMENDACIONES

- De lo expuesto se recomienda realizar un programa ejecutable y de fácil manejo que ayude a evitar errores de cálculo que puedan producirse a lo largo de la solución manual, debido a que este es muy largo y tedioso.
- Hoy en día con el avance de la tecnología los profesionales deben capacitarse para emplear las nuevas herramientas de trabajo que les permitirá mejorar el proceso de cálculo, planificación y construcción de edificaciones.

CAPITULO VI

PROPUESTA

6.1. DATOS INFORMATIVOS

6.1.1 Título: Diseño de un programa para el cálculo de los desplazamientos de los pórticos ante fuerzas horizontales y verticales mediante la implementación del MatLab.

6.1.2 Institución Ejecutora: “Universidad Técnica de Ambato”

6.1.3 Beneficiarios: Estudiantes y Profesionales

6.1.4 Ubicación: Ambato

6.1.5 Tiempo estimado para la ejecución: 9 meses.

Inicio: Julio

Fin: Abril

6.1.6 Equipo técnico responsable: “Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica”

6.1.7 Costo: 1620,00 USD.

6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Dentro de la provincia de Tungurahua y en particular en el cantón Ambato existen edificios de hormigón armado, los cuales se encuentran ubicados uno junto a otro.

Se conoce que la mayor parte de los edificios no cuentan con un diseño que considere los efectos de segundo orden, razón por la cual estas estructuras no ofrecen los requisitos de seguridad y estabilidad.

Sin embargo en la actualidad existe software para el diseño sismo resistente de edificaciones, que pocos profesionales hacen uso de ellos.

6.3. JUSTIFICACIÓN

Al estar ubicado el cantón Ambato en una zona de alto riesgo sísmico se ve la necesidad de obtener un cálculo estructural minucioso de las edificaciones que considere los efectos de segundo orden.

Sin duda un cálculo minucioso de una estructura es primordial para así lograr obtener edificaciones sismo resistentes, y es por este motivo que se efectuará un programa utilizando las aplicaciones del Matlab.

De hecho este software permitirá que los profesionales obtengan los desplazamientos que sufrirían los pórticos de una forma rápida, confiable, segura logrando así optimizar el tiempo.

6.4. OBJETIVOS

6.4.1. General

Diseñar un programa que permita calcular los desplazamientos de los pórticos ante fuerzas horizontales y verticales de manera segura y eficaz mediante la implementación del MatLab.

6.4.2. Específicos

- Elaborar un programa en MatLab que permita determinar el desplazamiento de los pórticos de una edificación a causa de las fuerzas horizontales y verticales.
- Investigar el procedimiento que se realiza para la programación en MatLab.

- Verificar los valores de desplazamiento obtenidos con la aplicación del programa MatLab sean similares a los obtenidos en forma manual.
- Comprobar los resultados de desplazamiento obtenidos con el programa ETABS.

6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

La realización de este tema es posible debido a que contamos actualmente con computadores mucho más rápidos y con mayor memoria de almacenamiento, lo cual hace posible obtener valores más exactos a los que se obtendría si fuesen calculados en forma manual.

6.6. FUNDAMENTACIÓN

6.6.1 Método de la Rigidez utilizando una computadora

Una de las características más importantes del método de la rigidez es la forma en que las propiedades elásticas de las piezas, y su orientación dentro de la estructura, son introducidas en el cálculo antes de que se efectúe ninguna consideración sobre el equilibrio o la compatibilidad de los nudos.

Esto nos permite establecer relaciones entre las fuerzas de extremo de barras y los desplazamientos de nudo. Estas relaciones expresadas en forma matricial se denominan o conforma la *matriz de rigidez de barra*.

Al considerar la interrelación de cada barra con las demás se obtiene un sistema global de ecuaciones que define el comportamiento de toda la estructura y nos conduce a la solución del problema.

Podemos considerar seis etapas fundamentales en la solución de un problema:

1. Identificación estructural.
2. Cálculo de la matriz de rigidez de barra y del vector de cargas nodales equivalentes.
3. Cálculo de la matriz de rigidez global y del vector de cargas global de la estructura.
4. Introducción de las condiciones de borde
5. Solución del sistema de ecuaciones
6. Cálculo de solicitaciones en los extremos de barras y reacciones nodales.
(http://ing.unne.edu.ar/pub/e3_cap4.pdf)

Algunas Definiciones Necesarias

Para el análisis de métodos matriciales es necesario entender los siguientes términos básicos.

- **Elementos.** Son las partes que constituyen el sistema estructural que se está representando. En nuestro caso de estructura, los elementos son las vigas y las columnas.
- **Nodos.** Son los lugares en la estructura donde se conectan los elementos. En estructuras compuestas de vigas y de columnas, los nodos son las juntas o nudos.
- **Coordenada.** Una coordenada estructural es un desplazamiento posible o grado de libertad en un nodo de una estructura. En las estructuras planas hay tres coordenadas en cada nodo. Estos desplazamientos posibles o grados de libertad son dos traslaciones ortogonales y una rotación respecto a un eje perpendicular al plano definido por las traslaciones.
- **Fuerza.** El término “fuerza” es un término general que se refiere a una fuerza que actúa en una coordenada traslacional. No hay distinción respecto a si la fuerza es una carga estructural conocida o una fuerza de reacción desconocida.

- **Desplazamiento.** El término “desplazamiento” es un término general que se refiere a una traslación en una coordenada traslacional. No hay distinción respecto a si el desplazamiento es desconocido en un grado de libertad no restringido o un desplazamiento conocido en un grado de libertad restringido.
- **Rigidez.** La rigidez es la fuerza requerida para generar una deformación unitaria en un material elástico. (NELSON- MCCORMAC, 2008).

6.6.2 Programa

Un programa es un conjunto de instrucciones escritas en algún lenguaje entendible por la máquina. A través de los programas el computador puede realizar variadas operaciones, desde procesar textos y dibujos hasta resolver complejos problemas matemáticos.

6.6.3 MatLab

MatLab es el nombre abreviado de “MATrix LABoratory”. Es un software producido por Mathworks, Inc., Empresa establecida por analistas numéricos. Como su nombre lo indica, MatLab fue desarrollado en principio como un laboratorio de matrices. Hoy en día el principal elemento de MatLab siguen siendo las matrices. La manipulación matemática de las matrices está perfectamente realizada en un ambiente interactivo, de uso fácil. (CHAPRA-CANALE, 1999)

MatLab es un lenguaje de alto rendimiento para cálculos técnicos, es al mismo tiempo un entorno y un lenguaje de programación. Uno de sus puntos fuertes es que permite construir nuestras propias herramientas reutilizables. Podemos crear fácilmente nuestras propias funciones y programas especiales (conocidos como M-archivos) en código MatLab, los podemos agrupar en toolbox (también llamados librerías): colección especializada de M-archivos para trabajar en clases particulares de problemas. (CASADO, 2004).

MatLab opera interactivamente, ejecutando, una por una, las instrucciones del usuario, conforme hayan sido introducidas. Las principales características de MatLab son los cálculos de vectores y matrices que incluyen:

- Aritmética de vectores y Matrices.
- Inversión de Matrices
- Aritmética compleja y operaciones con polinomios
- Cálculos estadísticos
- Ilustración de gráficos
- Diseño de sistemas de control.
- Modelos del proceso de ajuste de datos, a partir de análisis de datos.(CHAPRA-CANALE, 1999)

Programación de MatLab

La elaboración de un programa para MatLab es muy sencilla. Basta abrir un documento de texto (se puede hacer con cualquier editor, (MatLab trae uno incorporado), escribir las instrucciones tal como se pondrían en la ventana en la ventana de comandos y guardar el documento con la extensión **.m**

Antes de escribir un programa, sobre todo si es largo o complejo, es útil trazar un esquema, en lenguaje corriente, de lo que se quiere hacer. A este esquema se le denomina diagrama de flujo. Suele ser más eficaz escribir antes el diagrama de flujo, para luego intentar pasarlo al lenguaje informático elegido. (CASADO, 2004).

Sentencia FOR

Un bucle **for** en cada iteración asigna a la variable la columna i-ésima de la expresión y ejecuta las órdenes.

for variable = expresión

<orden>

....

<orden>

End

Sentencia WHILE

Un bucle **while** ejecuta las órdenes mientras todos los elementos de la expresión sean verdaderos.

while <expresión>

<orden>

...

<orden>

End

Sentencia IF

Un bucle **If** puede escribirse de varias maneras distintas. Lo que hace es evaluar una expresión lógica y si es cierta ejecuta las ordenes que encuentre antes de **end**.

if <expresión>

 <Ordenes evaluadas si la expresión es verdadera>

end

Puede que nos interese que en caso de no ejecutar dicha orden ejecute otra distinta. Esto se lo indicaremos usando **else** dentro del bloque.

if <expresión>

 <Órdenes evaluadas si la expresión es verdadera>

else

<Órdenes evaluadas si la expresión es falsa>

end

Si queremos dar una estructura mucho más completa, usaremos la más general donde solo se evalúan Las ordenes asociadas con la primera expresión verdadera de todas. En cuanto la evalué deja de leer el resto y se dirige directamente al **end**.

if <expresión 1>

<Órdenes evaluadas si la expresión 1 es verdadera>

elseif <expresión 2>

<Órdenes evaluadas si la expresión 2 es verdadera>

elseif <expresión 3>

<Órdenes evaluadas si la expresión 3 es verdadera

elseif

.....

.....

else

<Órdenes evaluadas si ninguna otra expresión es verdadera>

end

6.7. METODOLOGÍA.

La metodología está orientada a la realización de un software con el que se determinará los desplazamientos de los pórticos ante fuerzas horizontales y verticales mediante el método matricial de la rigidez, en la que se utilizará instrumentos electrónicos, materiales de oficina entre otros.

De tal manera que únicamente con el ingreso de la geometría de la edificación, las dimensiones de los elementos estructurales y los valores de carga horizontal y vertical de los diferentes pisos de la estructura regular, se obtenga

inmediatamente los valores de desplazamiento de los diferentes pisos de la edificación.

Para ello se analizara el procedimiento de cálculo detenidamente de tal manera que se formule la secuencia lógica de programación en la cual se determine todos los cálculos necesarios para la determinación de los desplazamientos, los cuales se verificaran con los valores obtenidos en forma manual y el ETABS.

6.8. MODELO OPERATIVO

6.8.1 Programación

La siguiente programación fue realizada en función del diagrama de flujo (Ver anexo 2.2)

```
%INGRESO DE DATOS

disp(' ');
disp('"INGRESO DE LAS DIMENSIONES DEL PÓRTICO"');
disp(' ');
P=input('Ingrese el número de pisos: ');
V=input('Ingrese el número de vanos: ');
fc=input('Ingrese la resistencia del hormigón f'c (kg/cm2): ');
E=fc*100000;
disp(' ');
for B=1:P
    fprintf('                PISO%2.0f\n',B)
    H(B)=input('Ingrese la altura de entrepiso (m): ');
    disp(' ');
end
disp(' ');
for A=1:V
    fprintf('                VANO%2.0f\n',A)
    L(A)=input('Ingrese la longitud del vano (m): ');
    disp(' ');
end
clc
disp(' ');
disp('"INGRESO DE LAS SECCIONES DE LAS COLUMNAS DEL PÓRTICO"');
disp(' ');
for C=1:V+1
    fprintf('                EJE%2.0f\n',C)
    bcolumna(C)=input('Ingrese la base de la columna (m): ');
end
```

```

        hcolumna(C)=input('Ingrese la altura de la columna (m):
');
        disp(' ');
    end
    clc
    disp(' ');
    disp('"INGRESO DE LAS SECCIONES DE LAS VIGAS DEL PÓRTICO"')
    disp(' ');
    for D=1:P
        fprintf('                PISO%2.0f\n',D)
        bviga(D)=input('Ingrese la base de la viga (m): ');
        hviga(D)=input('Ingrese la altura de la viga (m): ');
        disp(' ');
    end
    clc
    disp(' ');
    disp('"INGRESO DE LA CARGA ÚLTIMA MAYORADA DE LOS PISOS DEL
PÓRTICO"')
    disp(' ');
    for A=1:P
        for C=1:V
            fprintf('                PISO %2.0f\n',A)
            fprintf(' VANO %2.0f\n',C)
            PU(A,C)=input('Ingrese la carga última mayorada(KN/m):
');
        end
    end
    clc

%INGRESO DE LA CARGA HORIZONTAL
    clc
    disp(' ');
    disp('"INGRESO DE LA CARGA HORIZONTAL DE LOS PISOS DEL
PÓRTICO"')
    disp(' ');
    B=0;
    for A=1:P
        B=B+1;
        fprintf('                PISO%2.0f\n',A)
        CargaHor(B,1)=input('Ingrese la carga horizontal aplicada al
piso (KN): ');
        for D=2:V+1
            CargaHor(A,D)=0;
        end
        disp(' ');
    end
    clc

%CÁLCULO DE LAS UBICACIONES DE LOS ELEMENTOS DE LAS VIGAS
    VALOR=V+2;
    ELEMENTOS=VALOR*3;
    Iviga=ELEMENTOS-4;
    A=0;
    B=0;
    C=0;
    for F=1:P
        A=A+1;

```

```

for B=1:V
    B=B+1;
    C=C+1;
    D=0;
    for D=1:6
        D=D+1;
        ubv(D,C)=Iviga+D;
    end
    Iviga=Iviga+3;
end
Iviga=Iviga+3;
end
ubv(1,:)=[];

%CÁLCULO DE LAS UBICACIONES DE LOS ELEMENTOS DE LAS COLUMNAS
Icolumna=0;
A=0;
C=0;
D=0;
for G=1:P
    A=A+1;
    for B=1:V+1
        C=C+1;
        for D=1:3
            ubc(D,C)=Icolumna+D;
            D=D+1;
        end
        Icolumna=Icolumna+6;
        for F=1:3
            ubc(D,C)=Icolumna+D;
            D=D+1;
        end
        Icolumna=Icolumna-3;
    end
    Icolumna=Icolumna;
end

%CÁLCULO DE LOS VALORES DE LOS ELEMENTOS DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ
DE LAS
%VIGAS
Y=0;
MRigidez=0;
for F=1:P
    EIviga(F)=(E*bviga(F)*(hviga(F))^3)/(12);
    AEviga(F)=(bviga(F)*hviga(F))*E;

    %ORDEN DE LA MATRIZ DE CEROS
    nudos=(P+1)*(V+1);
    elementos=nudos*3;

    %CÁLCULO DE LOS VALORES DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ DE LAS VIGAS
    for A=1:V
        valor1vano(A)=AEviga(F)/L(A);
        valor2vano(A)=(2*EIviga(F))/L(A);
        valor3vano(A)=(4*EIviga(F))/L(A);
        valor4vano(A)=(6*EIviga(F))/(L(A))^2;
    end
end

```

```

valor5vano(A)=(12*EIviga(F))/(L(A))^3;

x=zeros(elementos);

%FORMACIÓN DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ DE ESTRUCTURA (VIGAS)
Y=Y+1;
KV=x;
ub1v=ubv(1,Y);
ub2v=ubv(2,Y);
ub3v=ubv(3,Y);
ub4v=ubv(4,Y);
ub5v=ubv(5,Y);
ub6v=ubv(6,Y);

KV(ub1v,ub1v)=valor1vano(A);
KV(ub1v,ub4v)=-valor1vano(A);
KV(ub2v,ub2v)=valor5vano(A);
KV(ub2v,ub3v)=valor4vano(A);
KV(ub2v,ub5v)=-valor5vano(A);
KV(ub2v,ub6v)=valor4vano(A);
KV(ub3v,ub2v)=valor4vano(A);
KV(ub3v,ub3v)=valor3vano(A);
KV(ub3v,ub5v)=-valor4vano(A);
KV(ub3v,ub6v)=valor2vano(A);
KV(ub4v,ub1v)=-valor1vano(A);
KV(ub4v,ub4v)=valor1vano(A);
KV(ub5v,ub2v)=-valor5vano(A);
KV(ub5v,ub3v)=-valor4vano(A);
KV(ub5v,ub5v)=valor5vano(A);
KV(ub5v,ub6v)=-valor4vano(A);
KV(ub6v,ub2v)=valor4vano(A);
KV(ub6v,ub3v)=valor2vano(A);
KV(ub6v,ub5v)=-valor4vano(A);
KV(ub6v,ub6v)=valor3vano(A);

MRigidez=KV+MRigidez;
end
end

%CÁLCULO DE LOS VALORES DE LOS ELEMENTOS DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ
DE LAS
%COLUMNAS
Y=0;
for F=1:P
    for A=1:V+1
        EIcolumna(A)=(E*bcolumna(A)*(hcolumna(A))^3)/(12);
        AEcolumna(A)=(bcolumna(A)*hcolumna(A))*E;

        %CÁLCULO DE LOS VALORES DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ DE LAS
COLUMNAS
valor1eje(A)=AEcolumna(A)/H(F);
valor2eje(A)=(2*EIcolumna(A))/H(F);
valor3eje(A)=(4*EIcolumna(A))/H(F);
valor4eje(A)=(6*EIcolumna(A))/(H(F))^2;
valor5eje(A)=(12*EIcolumna(A))/(H(F))^3;

```

```

x=zeros(elementos);

%FORMACIÓN DE LAS MATRIZ DE RIGIDEZ DE LA ESTRUCTURA
(COLUMNAS)
Y=Y+1;
KC=x;
ub1c=ubc(1,Y);
ub2c=ubc(2,Y);
ub3c=ubc(3,Y);
ub4c=ubc(4,Y);
ub5c=ubc(5,Y);
ub6c=ubc(6,Y);

KC(ub1c,ub1c)=valor5eje(A);
KC(ub1c,ub3c)=-valor4eje(A);
KC(ub1c,ub4c)=-valor5eje(A);
KC(ub1c,ub6c)=-valor4eje(A);
KC(ub2c,ub2c)=valor1eje(A);
KC(ub2c,ub5c)=-valor1eje(A);
KC(ub3c,ub1c)=-valor4eje(A);
KC(ub3c,ub3c)=valor3eje(A);
KC(ub3c,ub4c)=valor4eje(A);
KC(ub3c,ub6c)=valor2eje(A);
KC(ub4c,ub1c)=-valor5eje(A);
KC(ub4c,ub3c)=valor4eje(A);
KC(ub4c,ub4c)=valor5eje(A);
KC(ub4c,ub6c)=valor4eje(A);
KC(ub5c,ub2c)=-valor1eje(A);
KC(ub5c,ub5c)=valor1eje(A);
KC(ub6c,ub1c)=-valor4eje(A);
KC(ub6c,ub3c)=valor2eje(A);
KC(ub6c,ub4c)=valor4eje(A);
KC(ub6c,ub6c)=valor3eje(A);

MRigidez=KC+MRigidez;
end
end

%ELIMINACIÓN DE FILAS Y COLUMNAS EN DONDE EXISTE APOYOS RIGIDOS
for A=1:(V+1)*3
    MRigidez(1,:)=[];
    MRigidez(:,1)=[];
end

%INVERSA DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ
Minversa=inv(MRigidez);

%CÁLCULO DE LOS VALORES DEL VECTOR FUERZA

for A=1:P
    for B=1:V
        Y(A,B)=- (PU(A,B)*L(B))/2;
        M(A,B)=(PU(A,B)*(L(B))^2)/12;
    end
end
end

```

```

for A=1:P
    C=1;
    B=1;
    CargaVer(A,C)=Y(A,B);
    MomentoF(A,C)=M(A,B);
    for B=1:V
        if B==V
            CargaVer(A,B+1)=Y(A,B);
            MomentoF(A,B+1)=-M(A,B);
        else
            CargaVer(A,B+1)=Y(A,B)+Y(A,B+1);
            MomentoF(A,B+1)=-M(A,B)+M(A,B+1);
        end
    end
end

%FORMACIÓN DEL VECTOR FUERZA
A=0;
D=0;
for B=1:P
    D=D+1;
    for C=1:V+1;
        A=A+1;
        Vfuerza(A,1)=CargaHor(D,C);
        A=A+1;
        Vfuerza(A,1)=CargaVer(D,C);
        A=A+1;
        Vfuerza(A,1)=MomentoF(D,C);
    end
end

%CÁLCULO DE LOS DESPLAZAMIENTOS
Resultado=Minversa*Vfuerza;

disp('      "DESPLAZAMIENTOS DE LOS PISOS"')
disp(' ');
disp('      PISO      DESPLAZAMIENTO')
disp('      N°      (mm)      ')

B=(V+1)*2+1;
for A=1:P
    PISO(A)=A;
    DESPLAZAMIENTO(A)=Resultado(B,1)*1000;
    fprintf('%10.0f%20.2f\n',PISO(A),DESPLAZAMIENTO(A))
    B=B+(V+1)*3;
end

```

6.8.2 Definición de variables y contadores empleados en el programa

Los contadores utilizados son:

A, B, C, D, Y, F

Las variables utilizadas son:

P = Número de pisos

V = Número de vanos

fc = Resistencia del hormigón a los 28 días de edad

E = Módulo de elasticidad del hormigón

H = Altura de entrepiso

L = Longitud del vano

bcolumna = Base de la columna

hcolumna = Altura de la columna

bviga = Base de la viga

hviga = Altura de la viga

PU = Carga última mayorada

CargaHor = Carga Horizontal

VALOR = Número de nudo en el cual inicia la viga 1

ELEMENTOS = Número de elemento final del nudo donde inicia la viga 1

Iviga = Número de elemento inicial del nudo donde inicia la viga 1

ubv = Ubicación de los elementos de la matriz de rigidez de las vigas

Icolumna = Número de elemento inicial del nudo donde inicia la columna 1

ubc = Ubicación de los elementos de la matriz de rigidez de las columnas

Mrigidez = Matriz de rigidez de la estructura

EIviga = Producto del módulo de elasticidad por la inercia de las vigas

AEviga = Producto del área y el módulo de elasticidad de las vigas

nudos = Número de nudos de la estructura

elementos = Número de orden de la matriz de la estructura

valor1vano = AEviga / L

valor2vano = (2*EIviga) / L

valor3vano = (4*EIviga) / L

valor4vano = (6*EIviga) / (L) ^2

valor5vano = (12*EIviga) / (L) ^3

x = zeros(elementos)

KV = Matriz de rigidez de las vigas de la estructura

ub1v = Ubicación del elemento 1 de las vigas

ub2v = Ubicación del elemento 2 de las vigas

ub3v = Ubicación del elemento 3 de las vigas

ub4v = Ubicación del elemento 4 de las vigas

ub5v = Ubicación del elemento 5 de las vigas

ub6v = Ubicación del elemento 6 de las vigas

EIcolumna = Producto del módulo de elasticidad por la inercia de las columnas

AEcolumna = Producto del área y el módulo de elasticidad de las columnas

valor1eje = AEcolumna / H

valor2eje = (2*EIcolumna) / H

valor3eje = (4*EIcolumna) / H

valor4eje = (6*EIcolumna) / (H)²

valor5eje = (12*EIcolumna) / (H) ³

KC = Matriz de rigidez de las columnas de la estructura

ub1c = Ubicación del elemento 1 de las columnas

ub2c = Ubicación del elemento 2 de las columnas

ub3c = Ubicación del elemento 3 de las columnas

ub4c = Ubicación del elemento 4 de las columnas

ub5c = Ubicación del elemento 5 de las columnas

ub6c = Ubicación del elemento 6 de las columnas

Minversa = Matriz inversa de la matriz de rigidez de la estructura

CargaVer = Carga vertical aplicada en los nudos

MomentoF = Momento flector aplicado en los nudos de la estructura

Vfuerza = Vector fuerza de la estructura

Resultado = Minversa*Vfuerza

DESPLAZAMIENTO = Desplazamiento horizontal del piso

6.8.3 Modelación en ETABS

Figura. 15 Definición de ejes en Etabs

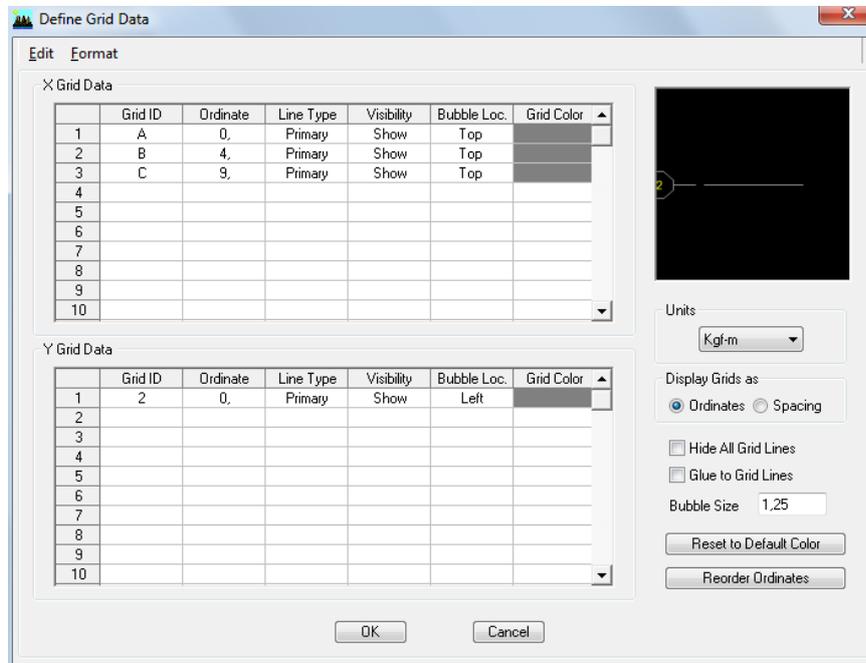


Figura. 16 Definición de niveles en Etabs

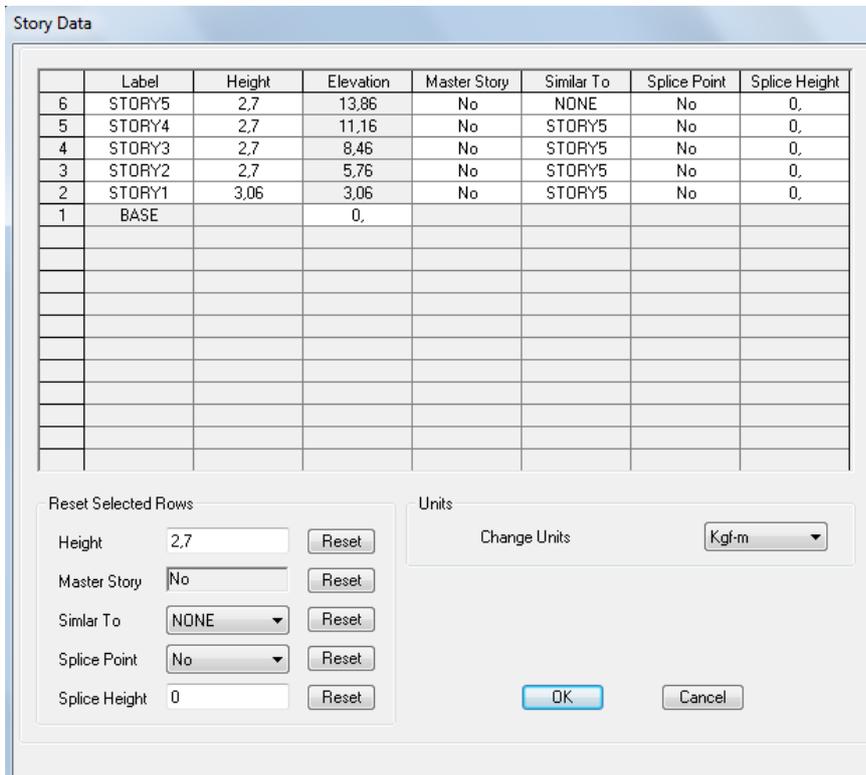


Figura. 17 Definición de las Propiedades de los Materiales en Etabs

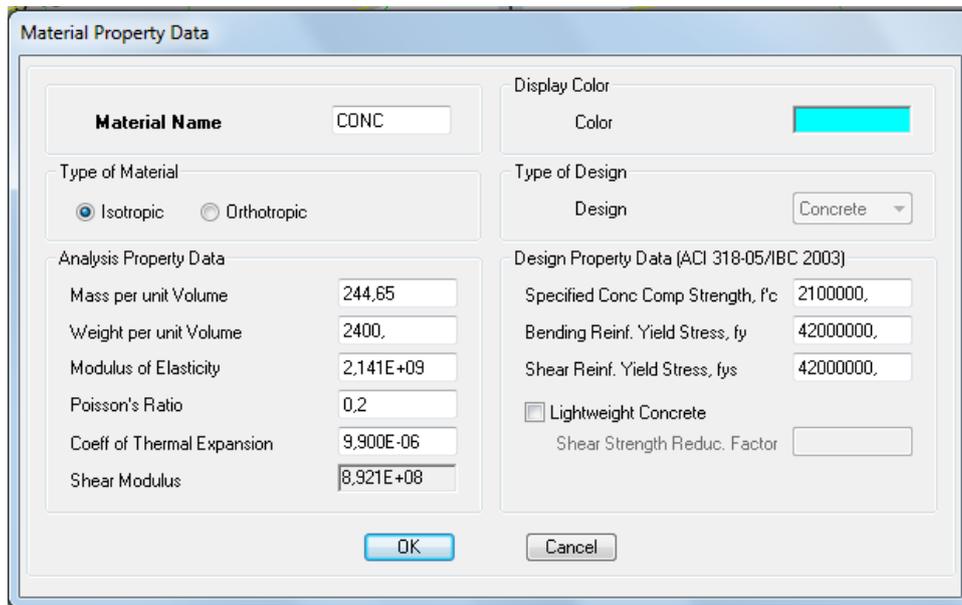


Figura. 18 Prediseño y Definición de Secciones Estructurales en Etabs

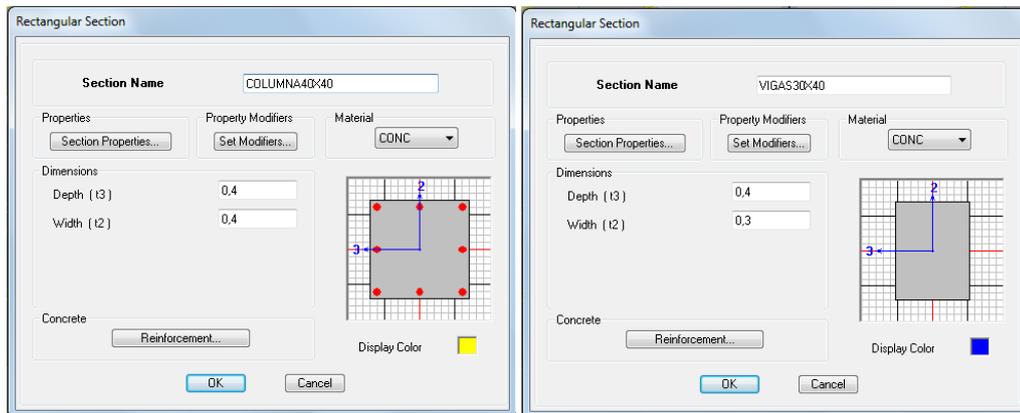


Figura. 19 Definición de Casos de Cargas en Etabs

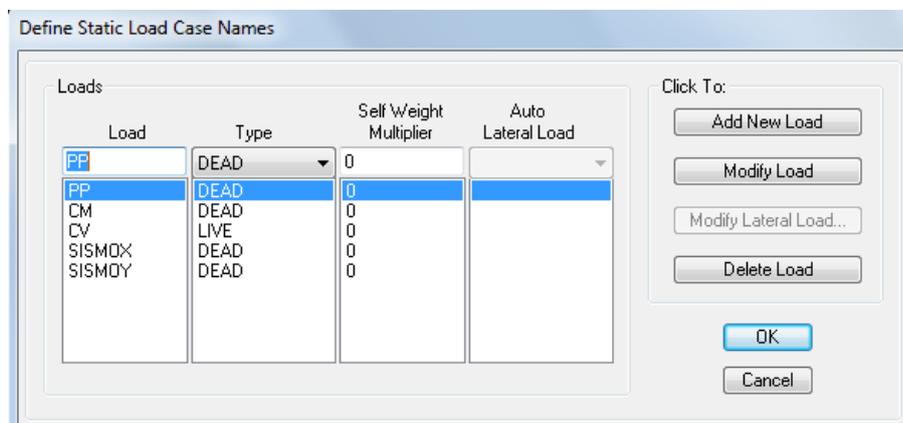


Figura. 20 Definición de Combos de Cargas en Etabs

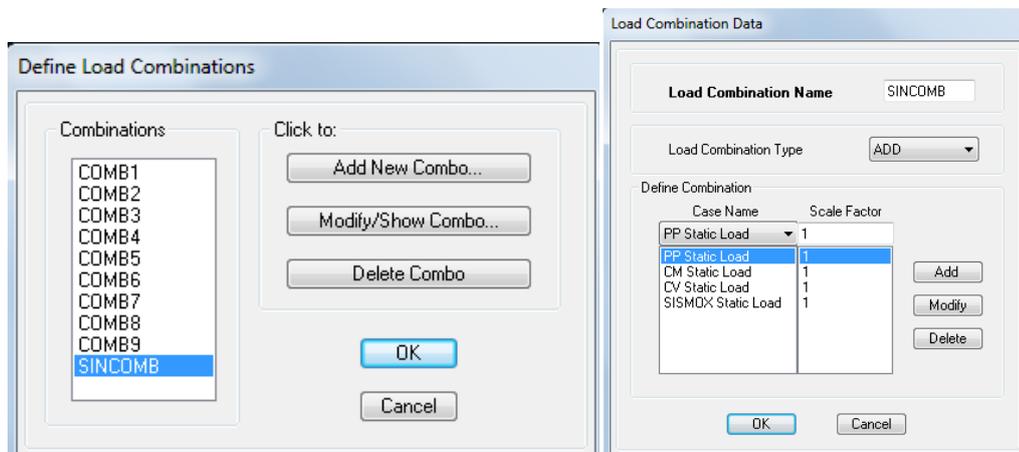


Figura. 21 Asignación de Restricciones en Etabs



Figura. 22 Asignación de propiedades de los elementos en Etabs

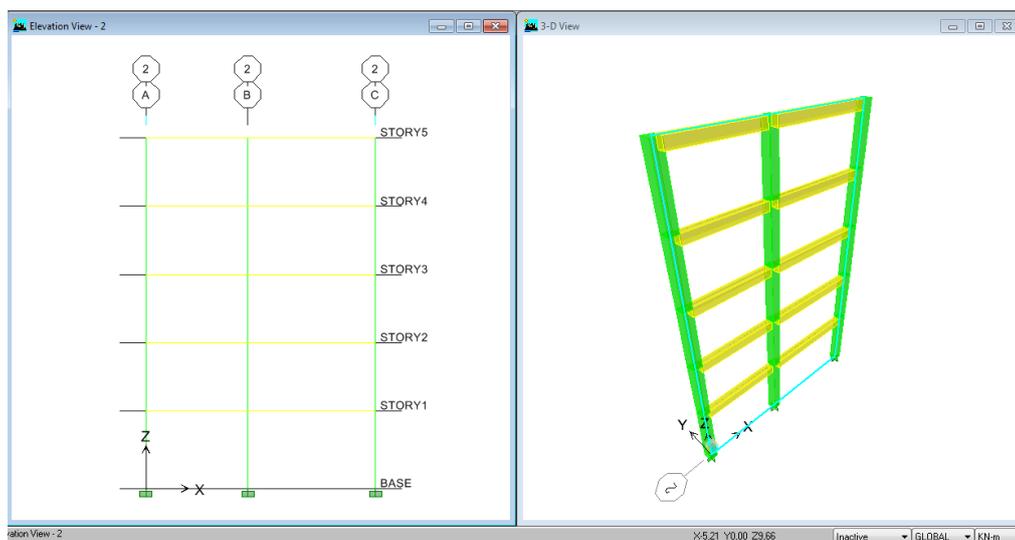


Figura. 23 Asignación de la Carga Distribuida en Etabs

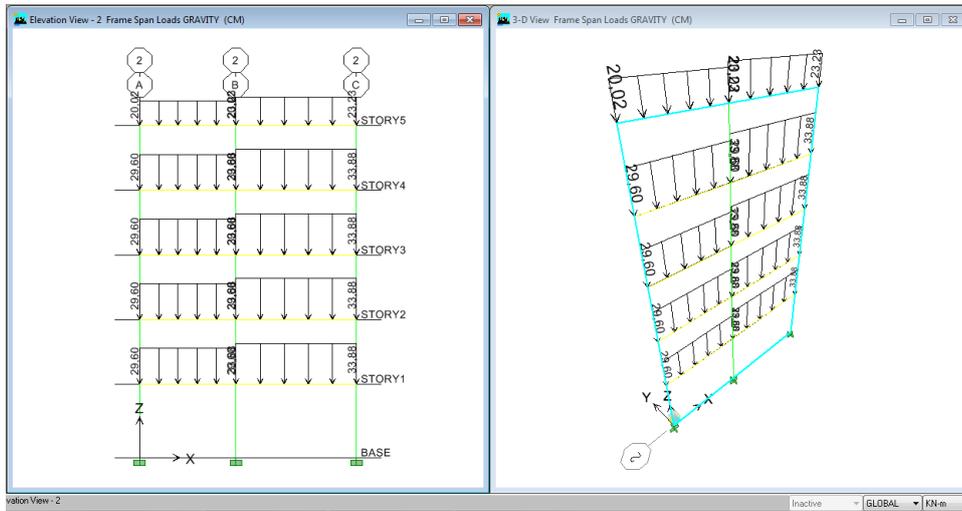
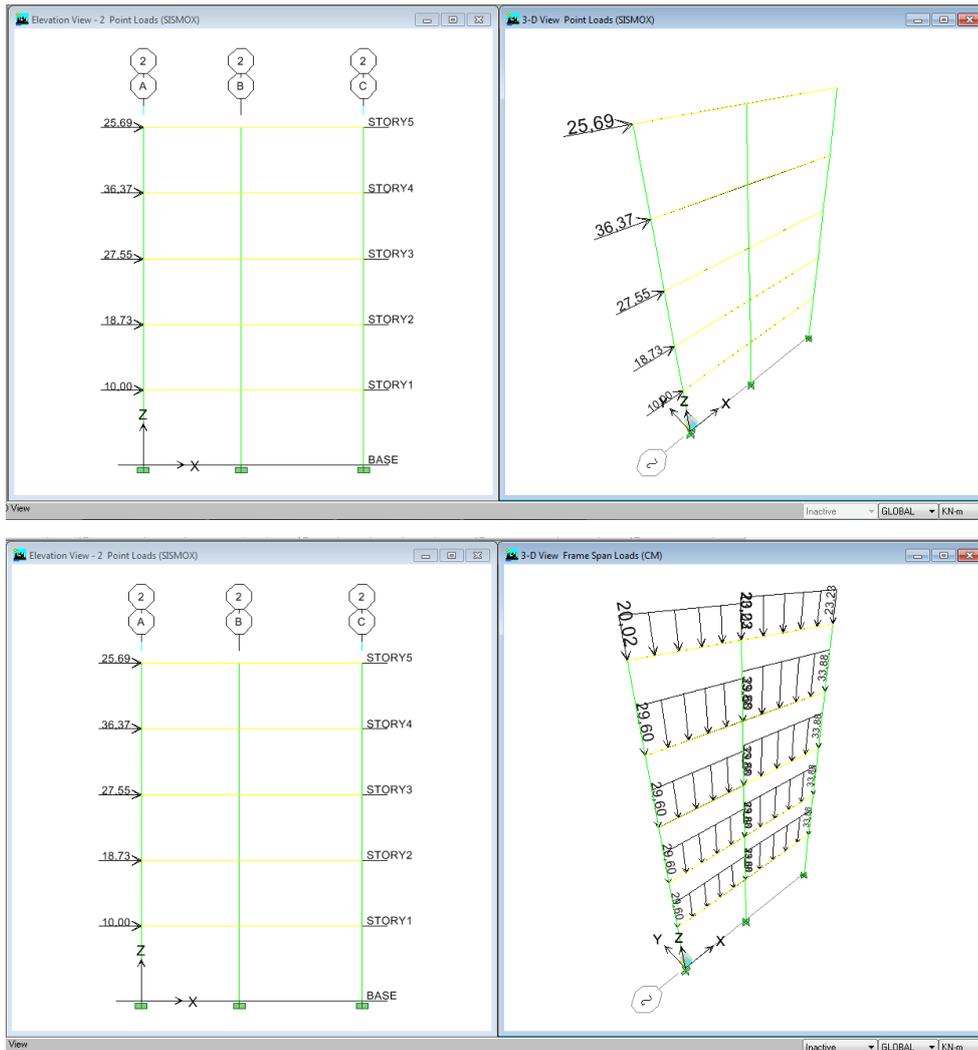


Figura. 24 Asignación de la Fuerza Horizontal en Etabs



Cuadro 6. Desplazamientos finales del pórtico del eje 2

Story	Load	UX (mm)	Z(m)
STORY5	SINCOMB	23.50	13.86
STORY4	SINCOMB	21.10	11.16
STORY3	SINCOMB	16.90	8.46
STORY2	SINCOMB	11.20	5.76
STORY1	SINCOMB	4.80	3.06

6.9. ADMINISTRACIÓN

Presupuesto Referencial

Proyecto: “Diseño de un programa para el cálculo de los desplazamientos de los pórticos ante fuerzas horizontales y verticales mediante la implementación del MatLab”

Oferente: Adriana Naranjo

Propietario: Universidad Técnica de Ambato.

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Cuadro 7. Presupuesto Referencial

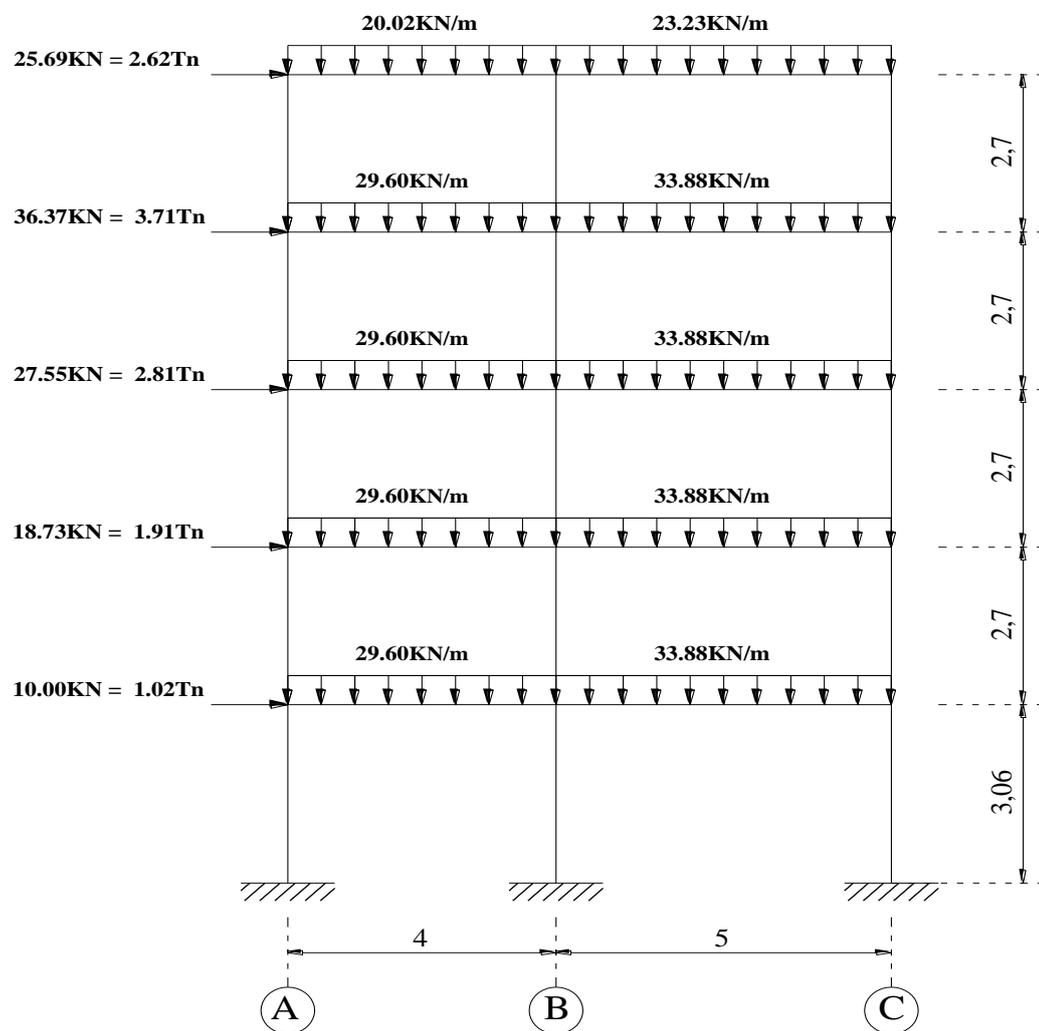
RUBROS DE GASTOS	VALOR USD
1.- Personal de Apoyo	150,00
2.- Adquisición de equipos	1050,00
3.- Materiales de Escritorio	300,00
4.- Materiales Bibliográficos	20,00
5.- Transporte	40,00
6.- Transcripción del Informe	60,00
TOTAL	1620,00

6.10. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

6.10.1 Datos de ingreso para utilizar el programa

De hecho, es necesario que se ingrese de forma correcta los datos del pórtico para que el programa calcule en forma congruente a partir de los mismos.

En este sentido se recuerda que el programa solo puede ser empleado en edificaciones regulares tanto en planta como en elevación, es decir la estructura debe tener el mismo número de vigas y columnas en cada nivel.



PÓRTICO EJE 2

Figura. 25 Pórtico eje 2

(Elaborado por Naranjo Adriana, 2011)

Vigas: 300mm x 400mm

Columnas: 400mm x 400mm

1. Determinar el número de pisos de la estructura.....5 *pisos*
2. Determinar el número de vanos de la estructura.....2 *vanos*
3. Determinar la resistencia del hormigón f^c (kg/cm²)..... 210 kg/cm²
4. Determinar la altura de entrepiso (m)

Cuadro 8. Valores de altura de entrepiso del edificio analizado

PISO N°	ALTURA (m)
1	3.06
2	2.70
3	2.70
4	2.70
5	2.70

(Elaborado por Naranjo Adriana, 2011)

5. Determinar la longitud del vano (m)

Cuadro 9. Valores de longitud entre vanos del edificio analizado

VANO N°	LONGITUD (m)
1	4
2	5

(Elaborado por Naranjo Adriana, 2011)

6. Determinar las secciones de las columnas (m)

Cuadro 10. Valores de las secciones de las columnas del edificio analizado

EJE N°	SECCIONES (m)	
	b	h
1	0.4	0.4
2	0.4	0.4
3	0.4	0.4

(Elaborado por Naranjo Adriana, 2011)

7. Determinar las secciones de las vigas (m)

Cuadro 11. Valores de las secciones de las vigas del edificio analizado

PISO N°	SECCIONES (m)	
	b	h
1	0.3	0.4
2	0.3	0.4
3	0.3	0.4
4	0.3	0.4
5	0.3	0.4

(Elaborado por Naranjo Adriana, 2011)

8. Determinar la carga ultima mayorada de los pisos del pórtico (Ver página 26, numeral 4.2.3)

Cuadro 12. Valores de Peso Mayorado de los Pisos

PISO	CARGA ULTIMA(KN/m)	
	VANO 1	VANO 2
1	29.60	33.88
2	29.60	33.88
3	29.60	33.88
4	29.60	33.88
5	20.02	23.23

(Elaborado por Naranjo Adriana, 2011)

9. Determinar la carga horizontal aplicada a los pisos del pórtico

Cuadro 13. Valores de la carga horizontal del edificio analizado

PISO N°	CARGA HORIZONTAL (KN)
1	10.00
2	18.73
3	27.55
4	36.37
5	25.69

(Elaborado por Naranjo Adriana, 2011)

6.10.2 Proceso de cálculo del programa

Una vez obtenido todos los datos del pórtico, se procederá a ejecutar el programa. Para ello se ingresará el número de pisos, número de vanos, resistencia del hormigón, la altura de entre piso, la longitud de vanos, dimensiones de las secciones de las columnas y las vigas, la carga última mayorada de cada piso, y la carga horizontal aplicada a cada piso.

Posteriormente el programa determinará las posiciones que tendrán los elementos de las matrices de rigidez de las vigas y de las columnas dentro de la matriz global de la estructura.

A continuación el mismo calculará los valores que componen cada matriz de rigidez de los elementos viga y columna para proceder a colocarlos en las posiciones que ocupan dentro de la matriz de rigidez total de la estructura y de este modo proceder a sumar las rigideces de los elementos dentro de la matriz global de la estructura.

De igual manera formará el vector fuerza de la estructura para así multiplicar la inversa de la matriz de rigidez global de la estructura con dicho vector de fuerzas dando como resultado los desplazamientos de cada nivel.

6.10.3 Comparación de Resultados

Cuadro 14. Comparación entre los resultados obtenidos utilizando el Programa (Método Matricial) y la Modelación en ETABS

MÉTODO UTILIZADO	DESPLAZAMIENTOS (mm)				
	PISO 1	PISO 2	PISO 3	PISO 4	PISO 5
PROGRAMA (MÉTODO MATRICIAL DE LA RÍGIDEZ)	4.50	10.11	15.04	18.66	20.82
MODELACIÓN EN ETABS	4.80	11.20	16.90	21.10	23.50

(Ver páginas 64 y 88)

Se puede observar que los valores de desplazamiento obtenidos en el último piso de la edificación son similares entre los dos métodos empleados, pues existe una variación mínima entre ellos.

Esta variación se debe a que en el ETABS se considera algunos parámetros que en el método matricial se ignora tales como: tipo de material, módulo de poisson, coeficiente térmico de expansión, módulo de corte, etc. y además en ETABS se trabaja con elementos finitos.

En este sentido los valores que se obtiene con el empleo del método matricial son totalmente confiables aunque conllevan mucho tiempo y concentración, por lo que es necesaria la utilización del programa mediante el cual se obtendrá dichos valores de desplazamiento de una manera rápida y eficaz.

6.10.4 Consideración Adicional

El programa realizado deberá ser evaluado anualmente por personas con conocimientos en el tema, para así lograr mejorar al mismo según los avances que la tecnología presente con la correcta programación según los criterios del análisis matricial de estructuras.

MATERIALES DE REFERENCIA

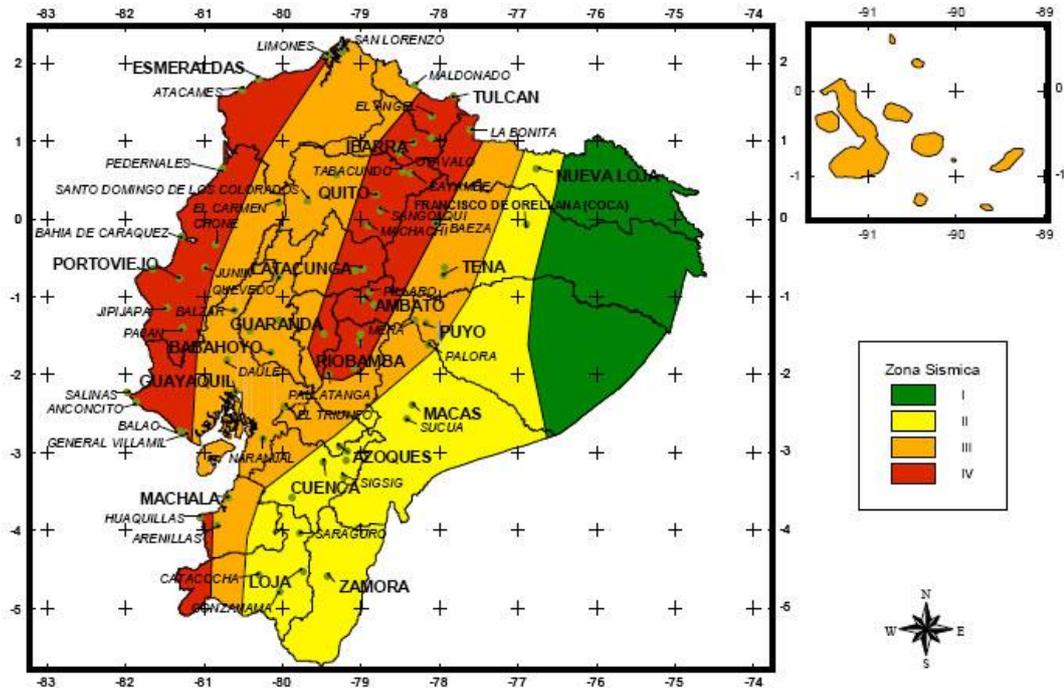
1. BIBLIOGRAFÍA

- Microsoft® Encarta® 2009. © 1993-2008 Microsoft Corporation.
- AGUIAR Falconí, Roberto, CEINCI-ESPE, Análisis de Estructuras.
- ROCHEL Awad, Roberto (1993). Análisis Matricial de Estructuras, Centro de Publicaciones de la Universidad de EAFIT, Medellín - Colombia
- URIBE Escamilla, Jairo (1992). Análisis de Estructuras. 2ª Edición, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería
- NELSON, James - MCCORMAC, Jack (2008). Análisis de Estructuras – Métodos Clásico y Matricial. 3ª Edición, Grupo editor Alfaomega.
- NORRIS, Charles – WILBUR, Jonh (1973). Análisis Elemental de Estructuras, Traducido de la segunda edición del original publicado en inglés, Libros McGraw Hill, México
- NORRIS, Charles (1973). Introducción al Análisis Estructural con matrices, Traducido de la primera edición del original publicado en inglés, Libros McGraw Hill, México
- CHOPRA, Steven C. – CANALE, Raymond P. (1999). Métodos Numéricos para Ingenieros, 3ª Edición, Libros McGraw Hill, México.
- CASADO Fernández, María (2004). Manual Básico de MatLab, Servicios informáticos U.C.M
- CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN (CEC 2002)
- MEDINA Pazmiño, Wilson (1996). Análisis y Diseño Sismoresistente. Universidad Técnica de Ambato.
- http://www.cronica.com.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=14618:la-realidad-de-las-estructuras-de-edificacion-en-el-ecuador&catid=44:opinion&Itemid=63
- http://sdpnoticias.com/nota/18350/No_soportarian_un_terremoto_de_gran_magnitud_las_edificaciones_ecuatorianas
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Desplazamiento>

- http://uchile90.angelfire.com/primero/estruc_rigi.pdf
- http://www.inpres.gov.ar/Ing_Sismorres/Nociones.html
- http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9todo_matricial_de_la_rigidez
- <http://ingenieria-civil09.blogspot.com/#>
- http://ing.unne.edu.ar/pub/e3_cap4.pdf
- http://www.CAPÍTULO_A.6_REQUISITOS_DE_LA_DERIVA
- http://www.edificios-elevados_INFORME_ESPECIAL_mayo09
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Tecnolog%C3%ADa>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Computadora>

2. ANEXOS

2.1. TABLAS FACTORES DEL CEC -2000



Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño

Fuente (http://biblioteca.espe.edu.ec/upload/Art_1_para_revista_de_Loja_sobre_Vulnerabilidad.pdf)

2.1.1 Factor de Zona Sísmica Z. CEC-2000

Anexo 1. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

Zona Sísmica	I	II	III	IV
Factor Z	0,15	0,25	0,30	0,40

Anexo 2 . Poblaciones ecuatorianas y valor del factor Z

CIUDAD	PROVINCIA	CANTON	PARROQUIA	ZONA
CHORDELEG	AZUAY	CHORDELEG	CHORDELEG	2
CUENCA	AZUAY	CUENCA	CUENCA	2
EL GIRON	AZUAY	GIRON	GIRON	2
EL PAN	AZUAY	EL PAN	EL PAN	2
GUACHAPALA	AZUAY	GUACHAPALA	GUACHAPALA	2
GUALACEO	AZUAY	GUALACEO	GUALACEO	2
NOBON	AZUAY	NABON	NABON	2
OÑA	AZUAY	OÑA	OÑA	2
PAUTE	AZUAY	PAUTE	PAUTE	2
PUCARA	AZUAY	PUCARA	PUCARA	2
SAN FERNANDO	AZUAY	SAN FERNANDO	SAN FERNANDO	2
SANTA ISABEL	AZUAY	SANTA ISABEL	SANTA ISABEL (CHAGUARURCO)	2
SEVILLA DE ORO	AZUAY	SEVILLA DE ORO	SEVILLA DE ORO	2
SIGSIG	AZUAY	SIGSIG	SIGSIG	2
CALUMA	BOLIVAR	CALUMA	CALUMA	3
ECHANDIA	BOLIVAR	ECHEANDIA	ECHEANDIA	3
LAS NAVES	BOLIVAR	LAS NAVES	LAS NAVES	3
CHILANES	BOLIVAR	CHILLANES	CHILLANES	4
GUARANDA	BOLIVAR	GUARANDA	GUARANDA	4
SAN JOSE DE CHIMBO	BOLIVAR	CHIMBO	SAN JOSE DE CHIMBO	4
SAN MIGUEL	BOLIVAR	SAN MIGUEL	SAN MIGUEL	4
AZOQUES	CAÑAR	AZOGUES	AZOGUES	2
BIBLIAN	CAÑAR	BIBLIAN	NAZON (PAMPA DE DOMINGUEZ)	2
DELEG	CAÑAR	DELEG	DELEG	2
CAÑAR	CAÑAR	CAÑAR	CAÑAR	3
EL TAMBO	CAÑAR	EL TAMBO	EL TAMBO	3
LA TRONCAL	CAÑAR	LA TRONCAL	LA TRONCAL	3
BOLIVAR	CARCHI			4
EL ANGEL	CARCHI	ESPEJO	EL ANGEL	4
HUACA	CARCHI	SAN PEDRO DE HUACA	HUACA	4
MIRA	CARCHI			4
SAN GABRIEL	CARCHI			4
TULCAN	CARCHI	TULCAN	TULCAN	4
ALASI	CHIMBORAZO	ALASI	ALASI	3
CHUNCHI	CHIMBORAZO	CHUNCHI	CHUNCHI	3
CUMANDA	CHIMBORAZO	CUMANDA	CUMANDA	3
CHAMBO	CHIMBORAZO	CHAMBO	CHAMBO	4
GUAMOTE	CHIMBORAZO	GUAMOTE	GUAMOTE	4
GUANO	CHIMBORAZO	GUANO	GUANO	4
LA UNION	CHIMBORAZO	COLTA	CAJABAMBA	4
PALLATANGA	CHIMBORAZO	PALLATANGA	PALLATANGA	4
PENIPE	CHIMBORAZO	PENIPE	PENIPE	4
RIOBAMBA	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	RIOBAMBA	4
EL CORAZON	COTOPAXI	PANGUA	EL CORAZON	3

LA MANA	COTOPAXI	LA MANA	LA_MANA	3
SIGCHOS	COTOPAXI	SIGCHOS	SIGCHOS	3
LATACUNGA	COTOPAXI	LATACUNGA	LATACUNGA	4
PUJILI	COTOPAXI	PUJILI	PUJILI	4
SAN MIGUEL	COTOPAXI	SALCEDO	SAN MIGUEL	4
SAQUISILI	COTOPAXI	SAQUISILI	SAQUISILI	4
CHILLA	EL ORO	CHILLA	CHILLA	2
PACCHA	EL ORO	ATAHUALPA	PACCHA	2
PIÑAS	EL ORO	PIÑAS	PIÑAS	2
PORTOVELO	EL ORO	PORTOVELO	PORTOVELO	2
ZARUMA	EL ORO	ZARUMA	SALVIAS	2
ARENILLAS	EL ORO	ARENILLAS	ARENILLAS	3
BALSAS	EL ORO	BALSAS	BALSAS	3
EL GUABO	EL ORO	EL GUABO	EL GUABO	3
LA VICTORIA	EL ORO	LAS LAJAS	LA VICTORIA	3
MACHALA	EL ORO	MACHALA	MACHALA	3
MARCABELI	EL ORO	MARCABELI	MARCABELI	3
PASAJE	EL ORO	PASAJE	PASAJE	3
SANTA ROSA	EL ORO	SANTA ROSA	SANTA ROSA	3
HUAQUILLAS	EL ORO	HUAQUILLAS	HUAQUILLAS	4
LA UNION	ESMERALDAS	QUININDE	LA UNION	3
ROSA ZARATE (QUININDE)	ESMERALDAS	QUININDE	ROSA ZARATE (QUININDE)	3
SAN LORENZO	ESMERALDAS	SAN LORENZO	SAN LORENZO	3
ATACAMES	ESMERALDAS	ATACAMES	ATACAMES	4
ESMERALDAS	ESMERALDAS	ESMERALDAS	ESMERALDAS	4
MUISNE	ESMERALDAS	MUISNE	MUISNE	4
VALDEZ (LIMONES)	ESMERALDAS	ELOY ALFARO	VALDEZ (LIMONES)	4
ALFREDO BAQUERIZO	GUAYAS	ALF. BAQUE. MORENO (JUJAN)	ALF. BAQUE. MORENO(JUJAN)	3
BALAO	GUAYAS	BALAO	BALAO	3
BALZAR	GUAYAS	BALZAR	BALZAR	3
COLIMIES	GUAYAS	COLIMES	COLIMES	3
CRNL MARCELINO (NN)	GUAYAS	CRNL MARCELINO MARIDUEÑA	CRNL MARCELINO MARIDUEÑA	3
DAULE	GUAYAS	DAULE	DAULE	3
EL SALITRE	GUAYAS	URBINA JADO	EL SALITRE (LAS RAMAS)	3
EL TRIUNFO	GUAYAS	EL TRIUNFO	EL TRIUNFO	3
ELOY ALFARO	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO(DURAN)	3
GRAL ANTONIO ELIZALDE	GUAYAS	GENERAL ANTONIO ELIZALDE	GENERAL ANTONIO ELIZALDE	3
GENERAL VILLAMIL	GUAYAS	PLAYAS	GENERAL VILLAMIL (PLAYAS)	3
GUAYAQUIL	GUAYAS	GUAYAQUIL	CHONGON	3
LOMAS DE SARGENTILLO	GUAYAS	LOMAS DE SARGENTILLO	LOMAS DE SARGENTILLO	3
MILAGRO	GUAYAS	MILAGRO	MILAGRO	3
NARANJAL	GUAYAS	NARANJAL	NARANJAL	3
NARANJITO	GUAYAS	NARANJITO	NARANJITO	3
NARCISA DE JESUS (BOBOL)	GUAYAS	NOBOL	NARCISA DE JESUS	3
PALESTINA	GUAYAS	PALESTINA	PALESTINA	3

PEDRO CARBO	GUAYAS	PEDRO CARBO	SALINAS	3
SAN BORONDON	GUAYAS	SAMBORONDON	SAMBORONDON	3
SANTA LUCIA	GUAYAS	SANTA LUCIA	SANTA LUCIA	3
SIMON BOLIVAR	GUAYAS	SIMON BOLIVAR	SIMON BOLIVAR	3
VELASCO IBARRA	GUAYAS	EL EMPALME	VELASCO IBARRA(EL EMPALME)	3
YAGUACHI NUEVO	GUAYAS	YAGUACHI	YAGUACHI NUEVO	3
LA LIBERTAD	GUAYAS	LA LIBERTAD	LA LIBERTAD	4
SALINAS	GUAYAS	SALINAS	SALINAS	4
SANTA ELENA	GUAYAS	SANTA ELENA	SANTA ELENA	4
ATUNTAQUI	IMBABURA	ANTONIO ANTE	ATUNTAQUI	4
COTACACHI	IMBABURA	COTACACHI	COTACACHI	4
IBARRA	IMBABURA	IBARRA	IBARRA	4
OTAVALO	IMBABURA	OTAVALO	OTAVALO	4
PIMAMPIRO	IMBABURA	PIMAMPIRO	PIMAMPIRO	4
URCUQUI	IMBABURA	URCUQUI	URCUQUI	4
AMALUZA	LOJA	ESPINDOLA	AMALUZA	2
CARIAMANGA	LOJA	CALVAS	CARIAMANGA	2
CATACOCHA	LOJA	PALTAS	CATACOCHA	2
CATAMAYO	LOJA	CATAMAYO	CATAMAYO (LA TOMA)	2
GONZANAMA	LOJA	GONZANAMA	GONZANAMA	2
GUAGUARPAMBA	LOJA	CHAGUARPAMBA	CHAGUARPAMBA	2
LOJA	LOJA	LOJA	LOJA	2
QUILANGA	LOJA	QUILANGA	QUILANGA	2
SARAGURO	LOJA	SARAGURO	SAN ANTONIO DE CUMBE	2
SOZORANGA	LOJA	SOZORANGA	SOZORANGA	2
ALAMOR	LOJA	PUYANGO	ALAMOR	3
CELICA	LOJA	CELICA	CELICA	3
MACARA	LOJA	MACARA	MACARA	3
PINDAL	LOJA	PINDAL	PINDAL	3
ZAPOTILLO	LOJA	ZAPOTILLO	ZAPOTILLO	4
BABA	LOS RIOS	BABA	BABA	3
BABAHOYO	LOS RIOS	BABAHOYO	PIMOCHA	3
CATARAMA	LOS RIOS	URDANETA	CATARAMA	3
MONTALVO	LOS RIOS	MONTALVO	MONTALVO	3
PALENQUE	LOS RIOS	PALENQUE	PALENQUE	3
PUEBLO VIEJO	LOS RIOS	PUEBLOVIEJO	PUEBLOVIEJO	3
QUEVEDO	LOS RIOS	QUEVEDO	QUEVEDO	3
SAN JACINTO DE BUENA FE	LOS RIOS	BUENA FE	SAN JACINTO DE BUENA FE	3
VALENCIA	LOS RIOS	VALENCIA	VALENCIA	3
VENTANAS	LOS RIOS	VENTANAS	VENTANAS	3
VINCES	LOS RIOS	VINCES	VINCES	3
EL CARMEN	MANABI	EL CARMEN	EL CARMEN	3
OLMEDO	MANABI	OLMEDO	OLMEDO	3
PICHINCHA	MANABI	PICHINCHA	PICHINCHA	3
BAHIA DE CARAQUEZ	MANABI	SUCRE	BAHIA DE CARAQUEZ	4
CALCETA	MANABI	BOLIVAR	CALCETA	4
CHONE	MANABI	CHONE	CHONE	4
FLAVIO ALFARO	MANABI	FLAVIO ALFARO	FLAVIO ALFARO	4

JIPIJAPA	MANABI	JIPIJAPA	JIPIJAPA	4
JUNIN	MANABI	JUNIN	JUNIN	4
MANTA	MANABI	MANTA	MANTA	4
MONTECRISTI	MANABI	MONTECRISTI	MONTECRISTI	4
PAJAN	MANABI	PAJAN	PAJAN	4
PEDERNALES	MANABI	PEDERNALES	PEDERNALES	4
PORTOVIEJO	MANABI	PORTOVIEJO	PORTOVIEJO	4
PUERTO LOPEZ	MANABI	PUERTO LOPEZ	PUERTO LOPEZ	4
ROCAFUERTE	MANABI	ROCAFUERTE	ROCAFUERTE	4
SANTA ANA	MANABI	SANTA ANA	SANTA ANA	4
SUCRE	MANABI	24 DE MAYO	SUCRE	4
TOSAGUA	MANABI	TOSAGUA	TOSAGUA	4
GRAL LEONIDAS P. GUTIERREZ	MORONA SANTIAGO	LIMON INDANZA	GRAL LEONIDAS P. GUTIERREZ	2
GUALAQUIZA	MORONA SANTIAGO	GUALAQUIZA	GUALAQUIZA	2
MACAS	MORONA SANTIAGO	MORONA	GENERAL PROAÑO	2
PABLO SEXTO	MORONA SANTIAGO	HUAMBOYA	HUAMBOYA	2
SAN JUAN BOSCO	MORONA SANTIAGO	SAN JUAN BOSCO	SAN JUAN BOSCO	2
SANTIAGO DE MENDEZ	MORONA SANTIAGO	SANTIAGO	SANTIAGO DE MENDEZ	2
SUCUA	MORONA SANTIAGO	SUCUA	SANTA MARIANITA DE JESUS	2
PALORA	MORONA SANTIAGO	PALORA	PALORA (METZERA)	3
ARCHIDONA	NAPO	ARCHIDONA	ARCHIDONA	3
NUEVO ROCAFUERTE	NAPO	AGUARICO	NUEVO ROCAFUERTE	3
TENA	NAPO	TENA	TENA	3
BAEZA	NAPO	QUIJOS	BAEZA	4
EL CHACO	NAPO	EL CHACO	EL CHACO	4
LA JOYA DE LOS SACHAS	ORELLANA	LA JOYA DE LOS SACHAS	LA JOYA DE LOS SACHAS	2
LORETO	ORELLANA	LORETO	AVILA (CAB. EN HUIRUNO)	2
FRANCISCO ORELLANA (COCA)	ORELLANA	ORELLANA	FRANCISCO DE ORELLANA (COCA)	2
MERA	PASTAZA	MERA	MERA	3
PUYO	PASTAZA	PASTAZA	VERACRUZ (INDILLAMA)	3
SANTA CLARA	PASTAZA			3
PEDRO VICENTE MALDONADO	PICHINCHA	PEDRO VICENTE MALDONADO	PEDRO VICENTE MALDONADO	3
PUERTO QUITO	PICHINCHA	PUERTO QUITO	PUERTO QUITO	3
SAN MIGUEL DE LOS BANCOS	PICHINCHA	SAN MIGUEL DE LOS BANCOS	SAN MIGUEL DE LOS BANCOS	3
STO DOMINGO DE COLORADOS	PICHINCHA	SANTO DOMINGO	ZARACAY	3
CAYAMBE	PICHINCHA	CAYAMBE	CAYAMBE	4
MACHACHI	PICHINCHA	MEJIA	MACHACHI	4
QUITO	PICHINCHA	QUITO	QUITO	4
SANGOLQUI	PICHINCHA	RUMIÑAHUI	RUMIPAMBA	4
TABACUNDO	PICHINCHA	PEDRO MONCAYO	TABACUNDO	4
EL CARMEN DEL PUTUMAYO	SUCUMBIOS	PUTUMAYO	EL CARMEN DEL PUTUMAYO	1
SHUSHUFINDI	SUCUMBIOS	SHUSHUFINDI	SHUSHUFINDI	1
NUEVA LOJA	SUCUMBIOS	LAGO AGRIO	NUEVA LOJA	2
EL DORADO DE CASCALES	SUCUMBIOS	CASCALES	EL DORADO DE CASCALES	3

LUMBAQUI	SUCUMBIOS	PIZARRO	LUMBAQUI	3
LA BONITA	SUCUMBIOS	SUCUMBIOS	LA BONITA	4
AMBATO	TUNGURAHUA	AMBATO	AMBATO	4
BADOS	TUNGURAHUA	BADOS	BADOS	4
CEVALLOS	TUNGURAHUA	CEVALLOS	CEVALLOS	4
MOCHA	TUNGURAHUA	MOCHA	MOCHA	4
PATATE	TUNGURAHUA	PATATE	PATATE	4
PELILEO	TUNGURAHUA	PELILEO	PELILEO	4
PILLARO	TUNGURAHUA	PILLARO	PILLARO	4
QUERO	TUNGURAHUA	QUERO	QUERO	4
TISALEO	TUNGURAHUA	TISALEO	TISALEO	4
28 DE MAYO	ZAMORA CHINCHIPE	YACUAMBI	28 DE MAYO (SAN JOSE DE YACUAM)	2
EL PANGUI	ZAMORA CHINCHIPE	EL PANGUI	EL PANGUI	2
GUAYZIMI	ZAMORA CHINCHIPE	NANGARITZA	GUAYZIMI	2
YANTZAZA	ZAMORA CHINCHIPE	YANTZAZA	YANTZAZA	2
ZAMORA	ZAMORA CHINCHIPE	ZAMORA	ZAMORA	2
ZUMBA	ZAMORA CHINCHIPE	CHINCHIPE	ZUMBA	2
ZUMBI	ZAMORA CHINCHIPE	CENTINELA DEL CONDOR	ZUMBI	2

Anexo 3. Coeficiente de suelo S y Coeficiente Cm

Perfil tipo	Descripción	S	Cm
S1	Roca o suelo firme	1,0	2,5
S2	Suelos intermedios	1,2	3,0
S3	Suelos blandos y estrato profundo	1,5	2,8
S4	Condiciones especiales de suelo	2,0*	2,5

(*) = Este valor debe tomarse como mínimo, y no substituye los estudios de detalle necesarios para construir sobre este tipo de suelos.

Anexo 4. Tipo de uso, destino e importancia de la estructura

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Factor
Edificaciones esenciales y/o peligrosas	Hospitales, clínicas, centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación, transmisión y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1,5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1,3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1,0

Anexo 5. Coeficientes de configuración en planta.

Tipo	Descripción de las irregularidades en planta	Φ_{pi}
1	<p><i>Irregularidad torsional</i> Existe irregularidad por torsión, cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es mayor que 1,2 veces la deriva promedio de los extremos de la estructura con respecto al mismo eje de referencia. La torsión accidental se define en el numeral 6.4.2 del presente código.</p>	0,9
2	<p><i>Entrantes excesivos en las esquinas</i> La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta entrantes excesivos en sus esquinas. Un entrante en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del entrante, son mayores que el 15% de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del entrante.</p>	0,9
3	<p><i>Discontinuidad en el sistema de piso</i> La configuración de la estructura se considera irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrantes o huecos, con áreas mayores al 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez en el plano del sistema de piso de más del 50% entre niveles consecutivos.</p>	0,9
4	<p><i>Desplazamiento del plano de acción de elementos verticales</i> Una estructura se considera irregular cuando existen discontinuidades en los ejes verticales, tales como desplazamientos del plano de acción de elementos verticales del sistema resistente.</p>	0,8
5	<p><i>Ejes estructurales no paralelos</i> La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.</p>	0,9
6	<p><i>Sistema de piso flexible</i> Cuando la relación de aspecto en planta de la edificación es mayor que 4:1 o cuando el sistema de piso no sea rígido en su propio plano se deberá revisar la condición de piso flexible en el modelo estructural</p>	-

Anexo 6. Coeficiente de configuración en elevación

Tipo	Descripción de las irregularidades en elevación	Pórticos espaciales y pórticos con vigas banda	Sistemas duales o con diagonales ΦE_i
1	<p><i>Piso blando (irregularidad en rigidez)</i> La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menor que el 80 % del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.</p>	0,9	1,0
2	<p><i>Irregularidad en la distribución de las masas</i> La estructura se considera irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1,5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más</p>	0,9	1,0
3	<p><i>Irregularidad geométrica</i> La estructura se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1,3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando el caso de los altillos de un solo</p>	0,9	1,0
4	<p><i>Desalineamiento de ejes verticales</i> La estructura se considera irregular cuando existen desplazamientos en el alineamiento de elementos verticales del sistema resistente, dentro del mismo plano en el que se encuentran, y estos desplazamientos son mayores que la dimensión horizontal del elemento. Se exceptúa la aplicabilidad de este requisito cuando los elementos desplazados solo sostienen la cubierta de la edificación sin otras cargas adicionales de tanques o equipos.</p>	0,8	0,9
5	<p><i>Piso débil-Discontinuidad en la resistencia</i> La estructura se considera irregular cuando la resistencia del piso es menor que el 70% de la resistencia del piso inmediatamente superior, (entendiéndose por resistencia del piso la suma de las resistencias de todos los elementos que comparten el cortante del piso para la dirección considerada).</p>	0,8	1,0
6	<p><i>Columnas cortas</i> Se debe evitar la presencia de columnas cortas, tanto en el diseño como en la construcción de las estructuras.</p>	-	-

Anexo 7. Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural R

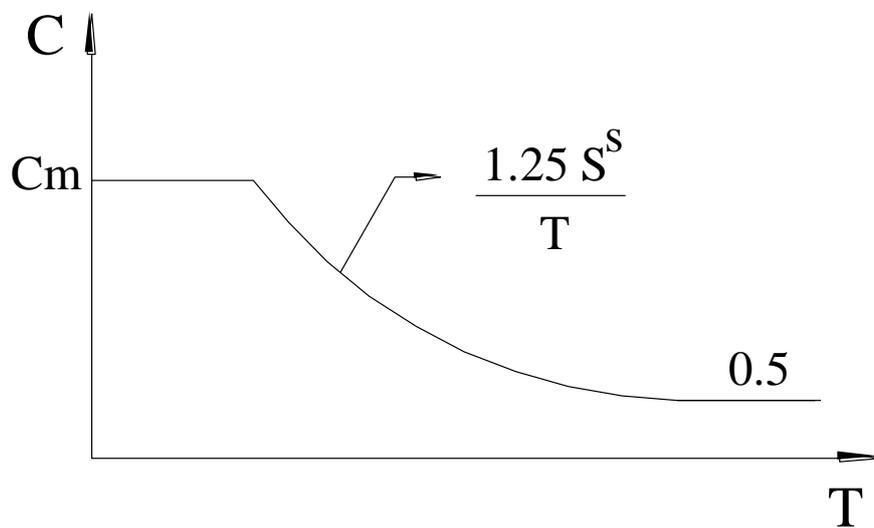
Sistema estructural	R
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas o de acero laminado en caliente, con muros estructurales de hormigón armado (sistemas duales).	12
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas o de acero laminado en caliente.	10
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas banda y muros estructurales de hormigón armado (sistemas duales).	10
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y diagonales rigidizadoras.*	10
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes de hormigón armado con vigas banda y diagonales rigidizadoras. *.	9
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes de hormigón armado con vigas banda.	8
Estructuras de acero con elementos armados de placas o con elementos de acero conformados en frío. Estructuras de aluminio.	7
Estructuras de madera	7
Estructura de mampostería reforzada o confinada	5
Estructuras con muros portantes de tierra reforzada o confinada	3

(*) = Cuando se utilizan diagonales, se debe verificar que los elementos en tensión cedan antes que los elementos en compresión.

Anexo 8. Valores de Δ_M máximos, expresados como fracción de la altura de piso

Estructuras de	Δ_M máxima
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0,020
De mampostería	0,010

Anexo 9. Espectro sísmico elástico del presente reglamento, que representa el sismo de diseño.



Anexo 10. Factor de reducción de respuesta R para estructuras diferentes a las de edificación.

Tipos de estructuras	R
Reservorios y depósitos, incluidos tanques y esferas, soportadas mediante columnas o soportes arriostrados o no arriostrados.	3
Silos de hormigón fundido en sitio y chimeneas que poseen paredes continuas desde la cimentación.	5
Estructuras tipo cantiliver tales como chimeneas, silos y depósitos apoyados en sus bordes.	4
Torres en celosía (autoportantes o atirantadas)	4
Estructuras en forma de péndulo invertido	3
Torres de enfriamiento	5
Depósitos elevados soportados por un pila o por apoyos no arriostrados	4
Letreros y carteleras	5
Estructuras para vallas publicitarias y monumentos	3
Otras estructuras no descritas en este código	3

Anexo 11. Cargas uniformes

USO U OCUPACIÓN		Carga uniforme (1) kg/m ²	Carga Concentrada kg
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN		
Armerías		750	0
Áreas de reuniones (4)	Áreas de asientos fijos	250	0
	Áreas y asientos móviles y otras áreas	500	0
Auditorios y galerías	Escenarios y plataformas	600	0
Cornisas, marquesinas y balcones de residencias		300	0
Facilidades de salidas públicas (5)		500	0
Garajes	Almacén general y/o reparación	500	(3)
	Almacenaje particular	250	(3)
Hospitales	Salas y cuartos	200	450 (2)
Bibliotecas	Salas de lectura	300	450 (2)
	Cuartos de anaqueles	600	700 (2)
Fabricas	Livianas	400	900 (2)
	Pesadas	600	1400 (2)
Oficinas		250	900 (2)
Imprentas	Cuartos de Impresión	750	1200 (2)
	Cuartos de composición y linotipos	500	900 (2)
Residencias (6)		200	0
Salas de descanso (7) Plataformas de revisión Grandes tribunas y Graderíos		500	0
Escuelas	Aulas	200	450 (2)
Veredas y calzadas	Acceso Público	1200	(3)
Bodegas	Livianas	600	
	Pesadas	1200	
Almacenes	Minoristas	400	900 (2)
	Mayoristas	500	1400 (2)

NOTAS

(1) Véase al capítulo 6 para reducción de la carga viva

(2) Véase al Sección 4.3.1 para área de aplicación de la carga

(3) Véase las Secciones 4.3.2 y 4.3.3 para cargas concentradas

(4) Las áreas de reuniones incluyen ocupaciones como: salones de baile, salas de entretenimiento, gimnasios, plazas, terrazas, y ocupaciones similares que generalmente son accesibles al público.

(5) Las facilidades de salida incluyen usos como: corredores, balcones de salida exterior, escaleras, escapes de incendios y usos similares

(6) Las ocupaciones residenciales incluyen habitaciones privadas, apartamentos y cuartos de huésped de hoteles.

(7) Las cargas de salas de descanso no deben ser menores que la carga para la ocupación con la cual estan asociadas, pero no necesitan exceder a 250 kg/m²

Anexo 12. Reducción de las cargas vivas unitarias totales

NÚMERO DE PISOS, INCLUYENDO LA CUBIERTA, SOPORTADOS POR EL ELEMENTO EN ANÁLISIS	% DE REDUCCIÓN DE LA CARGA VIVA UNITARIA TOTAL DE TODOS LOS PISOS SOPORTADOS POR EL ELEMENTO EN ANALISIS
1	0
2	10
3	20
4	30
5 a 10	40
más de 10	50

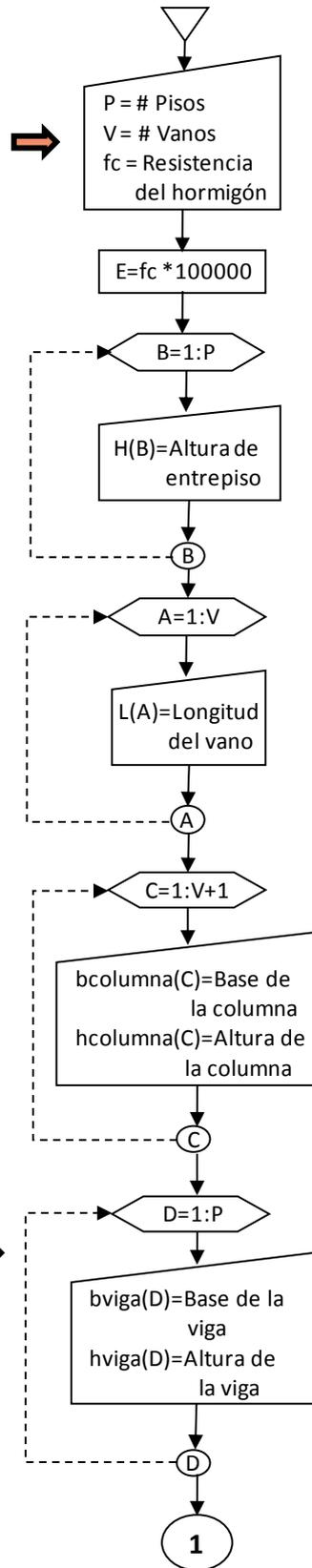
2.2. DIAGRAMA DE FLUJO

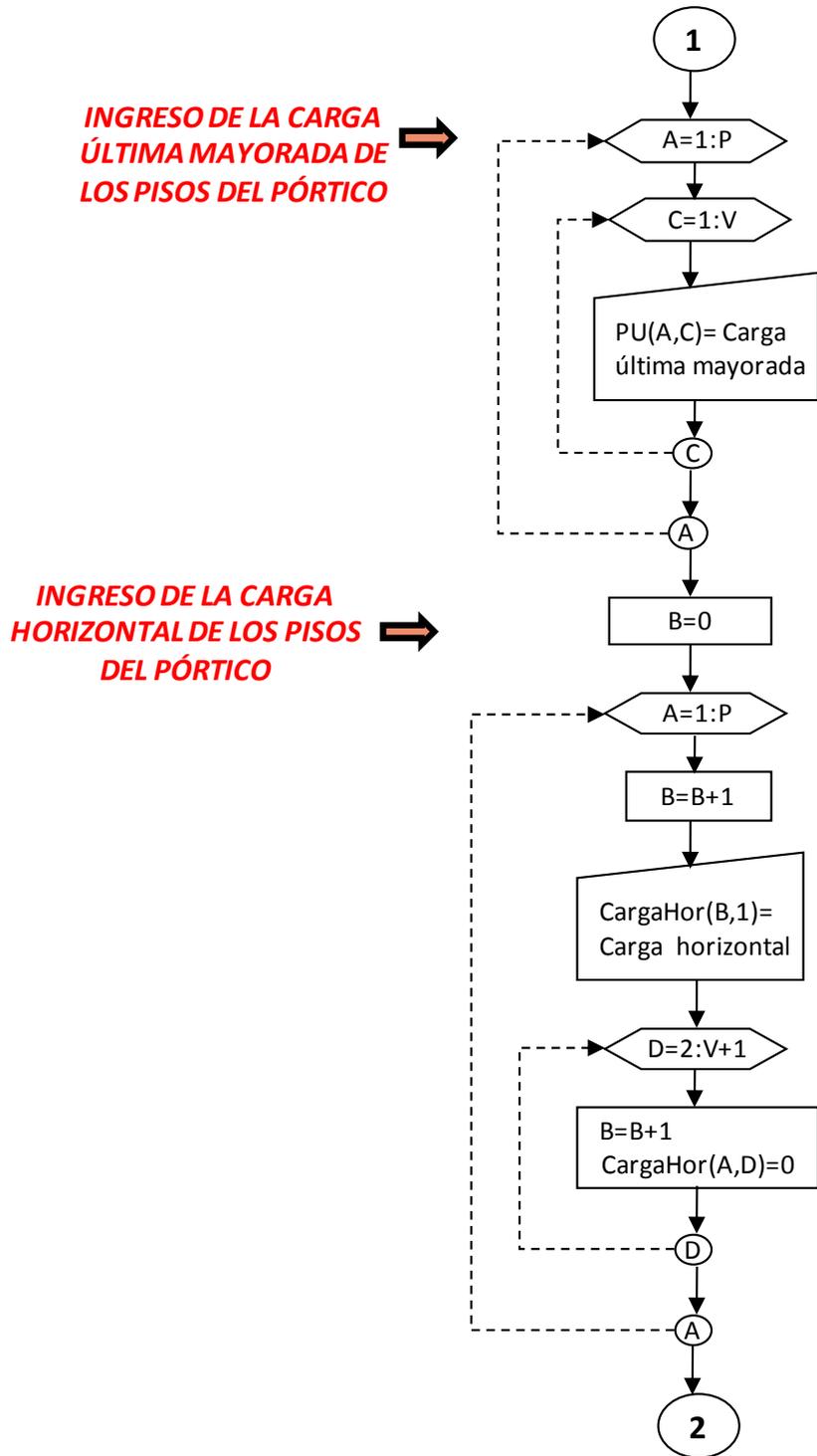
INGRESO DE DATOS

INGRESO DE LAS
DIMENSIONES DEL PÓRICO

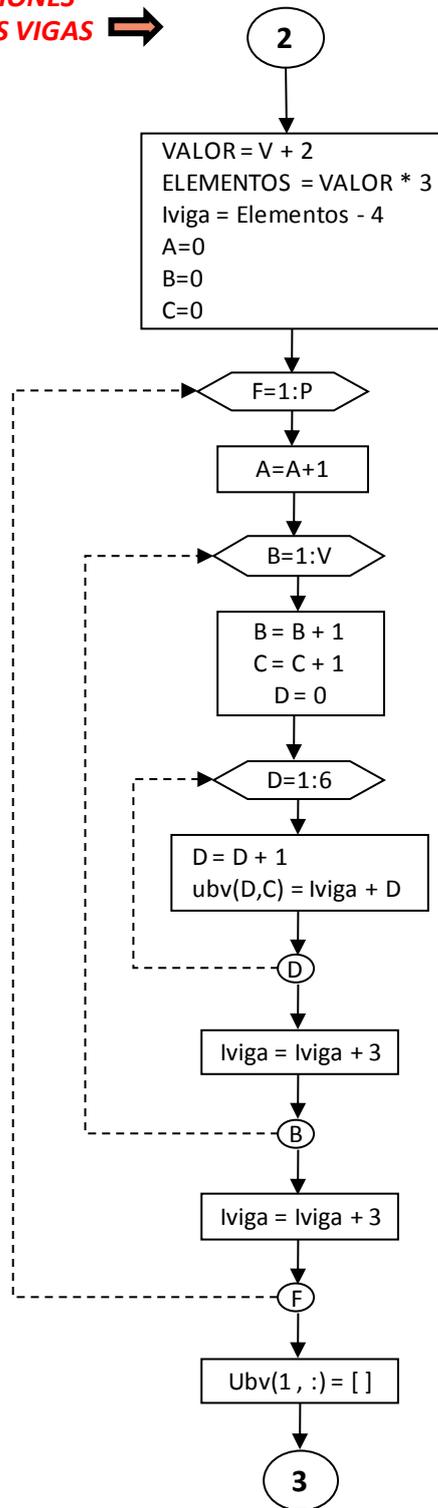
INGRESO DE LAS
SECCIONES DE LAS
COLUMNAS DEL PÓRICO

INGRESO DE LAS
SECCIONES DE LAS VIGAS
DEL PÓRICO





CÁLCULO DE LAS UBICACIONES DE LOS ELEMENTOS DE LAS VIGAS →



CÁLCULO DE LAS UBICACIONES DE LOS ELEMENTOS DE LAS COLUMNAS

