



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**TRABAJO DE TITULACION PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**TEMA: FLEXIBILIZACIÓN DE REQUISITOS MÍNIMOS DE
DISEÑO PARA EDIFICACIONES DE PORTICOS DE DOS
PISOS.**

AUTOR: ARGUERO MACÍAS, JONATHAN VINICIO.

DIRECTOR: ING. AGUIAR FALCONI ROBERTO, PH.D.

**SANGOLQUÍ
2016**



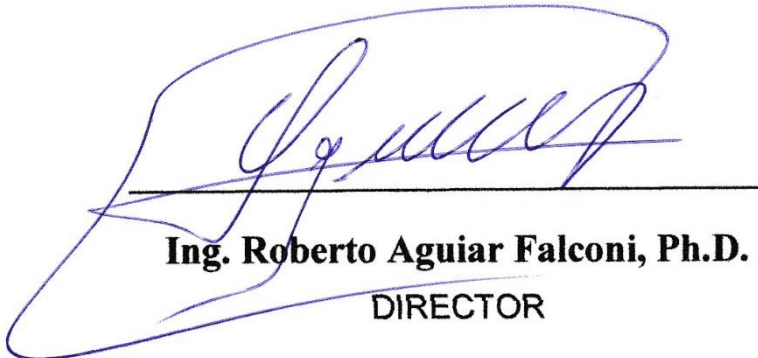
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**FLEXIBILIZACIÓN DE REQUISITOS MÍNIMOS DE DISEÑO PARA EDIFICACIONES DE PORTICOS DE DOS PISOS**” realizado por el señor **JONATHAN VINICIO ARGUERO MACÍAS**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **JONATHAN VINICIO ARGUERO MACÍAS** para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, Abril 2016

Atentamente,



Ing. Roberto Aguiar Falconi, Ph.D.
DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, *JONATHAN VINICIO ARGUERO MACIAS*, con cédula de identidad N° 1717829830, declaro que este trabajo de titulación “**FLEXIBILIZACIÓN DE REQUISITOS MÍNIMOS DE DISEÑO PARA EDIFICACIONES DE PORTICOS DE DOS PISOS**” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí, Abril 2016

Jonathan Vinicio Arguero Macías

C.C. 1717829830



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

AUTORIZACIÓN

Yo, *JONATHAN VINICIO ARGUERO MACIAS*, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución la presente trabajo de titulación “**FLEXIBILIZACIÓN DE REQUISITOS MÍNIMOS DE DISEÑO PARA EDIFICACIONES DE PORTICOS DE DOS PISOS**” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí, Abril 2016

Jonathan Vinicio Arguero Macías

C.C. 1717829830

DEDICATORIA

A mi madre Ezday, incondicional apoyo en mi vida.

A mi padre Jorge, guía y mentor.

*A mis hermanos Jorge y Pablo, por estar a mi lado apoyándome y
confiando siempre en mí.*

*A mi familia y todos los amigos que fueron mi compañía durante la
carrera universitaria, compartiendo este reto que tuve en mi vida.*

Jonathan Vinicio Arguero Macías

AGRADECIMIENTO

Con todo mi ser agradezco a mis padres, que con su esfuerzo y sacrificio han hecho posible la culminación de esta etapa de instrucción académica.

Un profundo agradecimiento al Ing. Roberto Aguiar Falconi, Ph.D. por compartir su valioso conocimiento y experiencia conmigo, excelente profesor e investigador.

A mi familia y amigos, que con su compañía y afecto superé todas las adversidades.

Jonathan Vinicio Arguero Macías

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN	iv
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
INDICE DE TABLAS	viii
INDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Justificación del Proyecto.....	1
1.3 Objetivos de la investigación.....	2
1.4 Metodología.....	2
CAPITULO 2 FLEXIBILIZACION DE REQUISITOS MINIMOS DE DISEÑO PARA EDIFICIOS DE PORTICOS DE DOS PISOS	4
2.1 Introducción.....	4
2.2 Ubicación del proyecto.....	4
2.3 Normativa Utilizada (NEC 15, ACI 318-14).....	6
2.4 Estados de carga utilizados en la estructura.....	19
CAPITULO 3 DISEÑO COMPLETO DE ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA	20
3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA.....	20
3.2 PRE DISEÑO.....	21
3.3 CALCULO DE CARGAS DE DISEÑO.....	21
3.4 DISEÑO DE VIGAS.....	25
3.5 DISEÑO DE COLUMNAS.....	31
CAPITULO 4 ANALISIS DE CURVAS DE CAPACIDAD	36
4.1 Descripción de la Estructura.....	36
4.2 CASO 1.....	36
4.3 CASO 2.....	38
4.4 CASO 3.....	40

4.5	CASO 4	41
4.6	CASO 5	47
4.7	CASO 6	49
CAPITULO 5 ANALISIS MODAL ESPECTRAL DE LA ESTRUCTURA		54
5.1	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA.....	54
5.2	PRE DISEÑO	56
5.3	CALCULO DE CARGAS DE DISEÑO.....	56
5.4	MATRIZ DE RIGIDEZ LATERAL DE LOS PORTICOS	60
CAPITULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		64
CAPITULO 7 ANEXOS.....		¡Error! Marcador no definido.
BIBLIOGRAFÍA.....		89

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Nomenclatura Utilizada.	8
Tabla 2	Información general.	20
Tabla 3	Altura equivalente de losa.....	21
Tabla 4	Altura obtenida equivalente de losa.....	21
Tabla 5	Carga Muerta y Viva para pórticos.....	23
Tabla 6	Distribución de Cortante sobre la edificación	24
Tabla 7	Resumen de Momentos	27
Tabla 8	Cuantías de Acero obtenidas	28
Tabla 9	Resumen de Cortantes.....	30
Tabla 10	Comprobación de Cortante	30
Tabla 11	Información general.	36
Tabla 12	Chequeo de criterio columna fuerte – viga débil.....	37
Tabla 13	Punto de Demanda – Deriva máxima de piso.....	37
Tabla 14	Información general.	38
Tabla 15	Chequeo de criterio columna fuerte – viga débil.....	39
Tabla 16	Punto de Demanda – Deriva máxima de piso.....	39
Tabla 17	Información general.	40
Tabla 18	Punto de Demanda – Deriva máxima de piso.....	40
Tabla 19	Información general.	41
Tabla 20	Chequeo de criterio columna fuerte – viga débil.....	42
Tabla 21	Punto de Demanda – Deriva máxima de piso.....	43
Tabla 22	Punto de Demanda – Deriva máxima de piso.....	44
Tabla 23	Punto de Demanda – Deriva máxima de piso.....	45
Tabla 24	Punto de Demanda – Deriva máxima de piso.....	46
Tabla 25	Información general.	47
Tabla 26	Chequeo de criterio columna fuerte – viga débil.....	47

Tabla 27 Punto de Demanda – Deriva máxima de piso.....	48
Tabla 28 Información general.....	49
Tabla 29 Punto de Demanda – Deriva máxima de piso.....	50
Tabla 30 Punto de Demanda – Deriva máxima de piso.....	51
Tabla 31 Punto de Demanda – Deriva máxima de piso.....	52
Tabla 32 Punto de Demanda – Deriva máxima de piso.....	53
Tabla 33 Información general.....	55
Tabla 34 Altura equivalente de losa.....	56
Tabla 35 Altura obtenida equivalente de losa.....	56
Tabla 36 Carga Muerta y Viva para pórticos.....	58
Tabla 37 Distribución de Cortante sobre la edificación.....	59
Tabla 38 Fuerzas Modales en Sentido X.....	61
Tabla 39 Fuerzas Modales en Sentido Y.....	62
Tabla 40 Deriva máxima de piso obtenidas por pórticos (%).....	64
Tabla 41 Cantidades de Acero en estribos para vigas por pórticos obtenidas.....	65
Tabla 42 Cantidades de Acero en estribos para columnas por pórticos obtenidas.....	65

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación geográfica de Quito.....	5
Figura 2: Nueva clasificación de los suelos de Quito.....	6
Figura 3: Normativa ACI 318-14	8
Figura 4: Normativa ACI 318-14	9
Figura 5: Normativa ACI 318-14	9
Figura 6: Normativa ACI 318-14	10
Figura 7: Normativa ACI 318-14	10
Figura 8: Normativa ACI 318-14	11
Figura 9: Normativa ACI 318-14	12
Figura 10: Normativa ACI 318-14	12
Figura 11: Normativa ACI 318-14	13
Figura 12: Normativa ACI 318-14	13
Figura 13: Normativa ACI 318-14	14
Figura 14: Normativa ACI 318-14	14
Figura 15: Normativa ACI 318-14	15
Figura 16: Normativa ACI 318-14	15
Figura 17: Normativa ACI 318-14	17
Figura 18: Normativa ACI 318-14	17
Figura 19: Normativa ACI 318-14	18
Figura 20: Normativa NEC 15	19
Figura 21: Descripción de la Estructura.....	20
Figura 22: Mosaico de Cargas	22
Figura 23: Armado obtenido de vigas.	28
Figura 24: Armado obtenido de columnas, estribos con cortante.....	34
Figura 25: Armado obtenido de columnas, estribos confinamiento.	35
Figura 26: Descripción de la Estructura.....	36
Figura 27: Dimensiones menores al mínimo propuesto por ACI.....	37
Figura 28: Curva de Capacidad para estructura con dimensiones menores al mínimo.	38
Figura 29: Dimensiones mínimas propuestas por ACI.....	38
Figura 30: Curva de Capacidad para estructura con dimensiones mínimas establecidas en ACI.	39
Figura 31: Curva de Capacidad para estructura con dimensiones mínimas establecidas en ACI con luz de 3 m, espectro NEC15.	40
Figura 32: Curva de Capacidad para estructura con dimensiones mínimas establecidas en ACI con luz de 3 m, espectro FEMA 273.	41
Figura 33: Dimensiones mínimas ACI para vigas y columnas necesarias para las luces propuestas.	42
Figura 34: Curva de Capacidad pórtico A y D con dimensiones establecidas en ACI para las luces propuestas, espectro NEC15.	43
Figura 35: Curva de Capacidad pórtico A y D con dimensiones establecidas en ACI para las luces propuestas, espectro FEMA 273.	43
Figura 36: Curva de Capacidad pórtico B y C con dimensiones establecidas en ACI para las luces propuestas, espectro NEC15.	44
Figura 37: Curva de Capacidad pórtico B y C con dimensiones establecidas en ACI para las luces propuestas, espectro FEMA 273.	44

Figura 38: Curva de Capacidad pórtico 1 y 4 con dimensiones establecidas en ACI para las luces propuestas, espectro NEC15.	45
Figura 39: Curva de Capacidad pórtico 1 y 4 con dimensiones establecidas en ACI para las luces propuestas, espectro FEMA 273.	45
Figura 40: Curva de Capacidad pórtico 2 y 3 con dimensiones establecidas en ACI para las luces propuestas, espectro NEC15.	46
Figura 41: Curva de Capacidad pórtico 2 y 3 con dimensiones establecidas en ACI para las luces propuestas, espectro FEMA 273.	46
Figura 42: Dimensiones propuestas por ACI con menor número de estribos.	47
Figura 43: Curva de Capacidad para estructura con dimensiones mínimas establecidas en ACI con luz de 3 m y menor número de estribos en vigas, espectro NEC15.	48
Figura 44: Curva de Capacidad para estructura con dimensiones mínimas establecidas en ACI con luz de 3 m y menor número de estribos en vigas, espectro FEMA 273.	48
Figura 45: Dimensiones mínimas ACI para vigas y columnas necesarias para las luces propuestas con menor número de estribos.	49
Figura 46: Curva de Capacidad pórtico A y D con ACI y menor número de estribos para las luces propuestas, espectro NEC15.	50
Figura 47: Curva de Capacidad pórtico A y D con ACI y menor número de estribos para las luces propuestas, espectro FEMA 273.	50
Figura 48: Curva de Capacidad pórtico B y C con ACI y menor número de estribos para las luces propuestas, espectro NEC15.	51
Figura 49: Curva de Capacidad pórtico A y D con ACI y menor número de estribos para las luces propuestas, espectro FEMA 273.	51
Figura 50: Curva de Capacidad pórtico 1 y 4 con ACI y menor número de estribos para las luces propuestas, espectro NEC15.	52
Figura 51: Curva de Capacidad pórtico 1 y 4 con ACI y menor número de estribos para las luces propuestas, espectro FEMA 273.	52
Figura 52: Curva de Capacidad pórtico 2 y 3 con ACI y menor número de estribos para las luces propuestas, espectro NEC15.	53
Figura 53: Curva de Capacidad pórtico 2 y 3 con ACI y menor número de estribos para las luces propuestas, espectro FEMA 273.	53
Figura 54: Descripción de la Estructura.	54
Figura 55: Sistema $Q - q$. Por piso.	54
Figura 56: Espectro NEC 15.	55
Figura 57: Mosaico de Cargas.	57
Figura 58: Numeración de nudos y elementos. Pórticos A, B, C y D.	60
Figura 59: Numeración de nudos y elementos. Pórticos 1, 2, 3 y 4.	60
Figura 60: Sistema $Q - q$. Pórticos A, B, C y D.	61
Figura 61: Sistema $Q - q$. Pórticos 1, 2, 3 y 4.	61
Figura 62: Derivas de piso en sentido X (%).	62
Figura 63: Derivas de piso en sentido Y (%).	63

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo el análisis y diseño estructural de un edificio de dos plantas en varios estados de carga para comparación y obtención de resultados que permitan evaluar la Norma Ecuatoriana de la Construcción que se encuentra vigente, este proyecto se ubica en la ciudad de Quito y se desarrolla en hormigón armado, distribuido de forma que cada planta cuenta con aproximadamente 196 m². Una vez que se defina lo anterior se procede a pre-dimensionar los elementos estructurales (losas alivianadas, vigas, columnas), con las recomendaciones de las normas de diseño estructural que se emplearon en este trabajo de titulación. A continuación se definen las cargas (muerta, viva, sismo) y se evalúan las curvas de capacidad con los criterios de la Norma Ecuatoriana de la Construcción y el FEMA 273. Posterior al análisis y verificación del cumplimiento de los requisitos y comprobación sísmica del edificio se diseñan los elementos estructurales lo que incluye losas alivianadas, vigas, columnas.

PALABRAS CLAVE:

- **DISEÑO ESTRUCTURAL**
- **HORMIGÓN ARMADO**
- **EDIFICIO**
- **DOS PISOS**
- **NORMATIVA**

ABSTRACT

This paper aims to analysis and structural design of a two-storey building in various charge states for comparison and obtaining results to assess the Ecuadorian Standard Construction that is currently in force, this project is located in the city of Quito and develops in reinforced concrete, distributed so that each plant has approximately 196 m².

Once defined above proceeds to pre-size the structural elements (lightened slabs, beams, columns), with the recommendations of the structural design standards that were used in this work degree. Then loads (dead, alive, earthquake) are defined and capacity curves are evaluated with the criteria of the Ecuadorian Standard Construction and subsequent analysis and verification of compliance with the requirements and test seismic building 273. FEMA the structural elements including lighter slabs, beams, columns are designed.

KEYWORDS:

- **STRUCTURAL DESIGN**
- **CONCRETE**
- **BUILDING**
- **TWO STOREY**
- **NORMATIVE**

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1 Introducción

En el presente capítulo se detalla la importancia y la necesidad de la realización de este proyecto, así como los objetivos que se plantean cumplir al término del mismo, también se hace referencia a la metodología que se usará para llevar a cabo los objetivos, y se detallan los pasos mediante los cuales se realizará el trabajo de titulación.

1.2 Justificación del Proyecto

Por el gran aumento de la actividad en el sector constructivo que se generó con el crecimiento económico del país, y debido a los sismos que se produjeron en el mes de Agosto del año 2014 se debió incrementar más las normas que controlan a esta área. A esto se suma el poco control de las edificaciones antes de este período, habiendo sido realizadas algunas de estas sin usar la normativa o con la dirección de un profesional competente. Es decir se realizó un reajuste de la normativa NEC, con el cual las cantidades de acero de refuerzo se incrementaron, por tanto también los costos y produjo un encarecimiento de las edificaciones.

Por esta razón es necesario un análisis que demuestre si la norma se puede minorar con el objetivo de disminuir costos sin que esto represente un riesgo para la seguridad de la estructura y las vidas de las personas que se encuentren en ella.

1.3 Objetivos de la investigación

OBJETIVO GENERAL

Realizar el cálculo y diseño estructural de un edificio de dos plantas en varios estados de carga para comparación y obtención de resultados que permitan evaluar la Norma Ecuatoriana de la Construcción que se encuentra vigente.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Presentar información de la edificación a diseñar: ubicación, requerimientos funcionales, esquema arquitectónico y una investigación acerca de este tipo de sistemas.
- Realizar el análisis modal espectral del edificio utilizando el programa computacional CEINCI - LAB y el espectro de aceleraciones del reglamento analizado.
- Estudiar los resultados obtenidos del análisis estructural como son: periodos, modos de vibración, deflexiones y acciones internas, y realizar una comparación con los valores recomendados en las Normativas.
- Realizar el diseño estructural del edificio que incluye, diseño de vigas, columnas, y losas.

1.4 Metodología

Para lograr los objetivos y las metas de este Trabajo de Titulación, se aplican cuatro métodos de investigación científica de la siguiente manera: Método exploratorio con el cual se indaga y explora toda la información necesaria para el estudio del proyecto, Método descriptivo mediante el cual se realiza una organización y presentación sistemática de datos para obtener una idea concreta del procedimiento de diseño, Método explicativo mediante el cual se efectúa la interpretación y análisis de los resultados, y Método de modelación en el cual se reproduce el objeto de estudio mediante una representación de la realidad.

Específicamente los pasos a seguir, en este proyecto, serán:

- Revisión del esquema arquitectónico.
- Recopilación de información sobre la mecánica de suelos.
- Pre dimensionamiento de los elementos estructurales.
- Diseño de los elementos estructurales.
- Modelamiento de la estructura en el programa CEINCI - LAB.
- Análisis modal espectral.
- Revisar los modos de vibración, períodos y deflexiones, los mismos que se comprueban con los valores propuestos en las normativas revisadas.

CAPITULO 2

FLEXIBILIZACION DE REQUISITOS MINIMOS DE DISEÑO PARA EDIFICIOS DE PORTICOS DE DOS PISOS.

2.1 Introducción

Es importante para el desarrollo del proyecto definir los requerimientos del edificio, como son: su ubicación, datos generales de la ciudad. También se realiza un análisis de los planos arquitectónicos para comprobar que cumplan con las normativas que rigen en el Cantón Quito y se aborda los principales sistemas estructurales que se utilizan para edificios de dos pisos; se detalla además las ventajas y desventajas de cada uno de ellos.

2.2 Ubicación del proyecto

El proyecto se localiza en la provincia de Pichincha, en el cantón Quito y la ciudad que lleva el mismo nombre.

Datos Generales de la ciudad de Quito.

Está ubicada sobre la hoya de Guayllabamba, en las laderas occidentales del estratovolcán activo Pichincha, en la parte oriental de los Andes y su altitud promedio es de 2700 msnm. La ciudad está dividida en 32 parroquias urbanas, las cuales se subdividen en barrios. Quito es el centro político de la República, alberga los principales organismos gubernamentales, culturales, financieros, al ser el hogar de la mayoría de bancos de la Nación, administrativos y comerciales del país, la mayoría de empresas transnacionales que trabajan en Ecuador tienen su matriz en la urbe.



Figura 1: Ubicación geográfica de Quito.
(Google-Maps, 2016)

Los datos generales de la ciudad son:

Habitantes: 2'239.191

Superficie: 49352 Km²

Densidad poblacional de 45.37 hab./Km².

De acuerdo al último Censo Nacional de Población y Vivienda provisto por el INEC en el 2011, Quito es la segunda ciudad más poblada de Ecuador, con 2'239.191 habitantes, siendo la mayoría mujeres (51,50%) en su distrito metropolitano.

Clasificación de los suelos en Quito.

El NEC 15 clasifica a los suelos en categorías desde la A hasta la F, partiendo de esto se realizó un estudio que permitió mostrar los tipos de suelo en base a su ubicación en la ciudad de Quito, como se observa en la Figura a continuación mostrada:

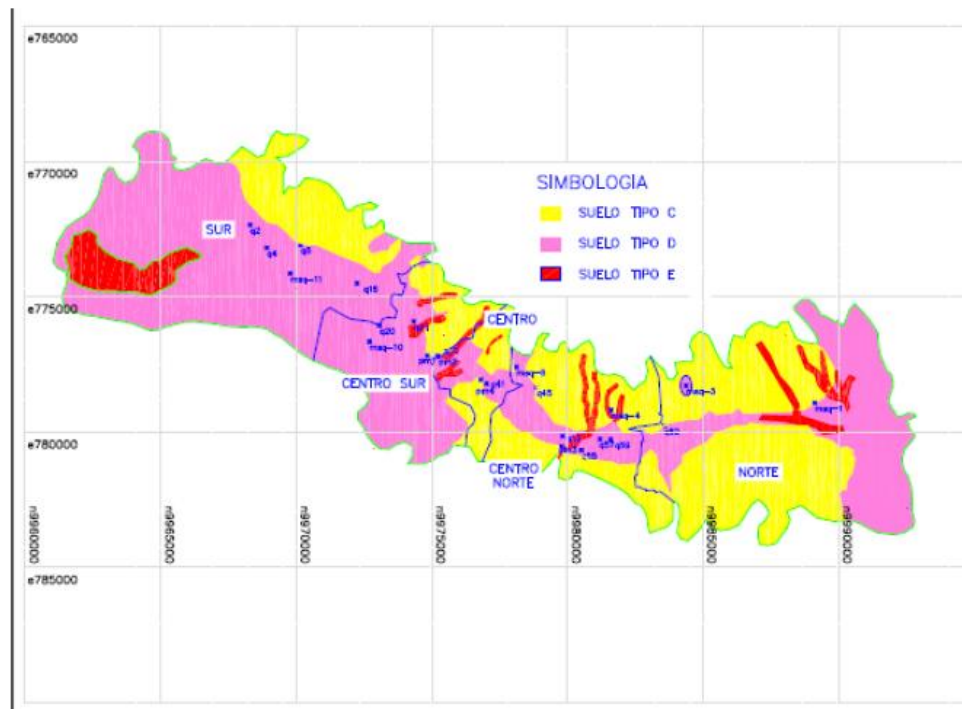


Figura 2: Nueva clasificación de los suelos de Quito.
(Aguar, Espectros de control para la ciudad de Quito-Ecuador, 2015)

Al encontrarse mayor cantidad de superficie en tipo D, se escogió este tipo de suelos para el diseño de las cimentaciones.

2.3 Normativa Utilizada (NEC 15, ACI 318-14)

En el presente trabajo se utilizaron dos normativas vigentes, el ACI 318-14 y la norma NEC15, capítulo 10 enfocado en viviendas de hasta dos pisos con luces de hasta 5 m, además de un tercer criterio el cual evaluó las dimensiones y reforzamientos sin sismo y que por lo general se usaban en el pasado.

2.3.1 PÓRTICOS ESPECIALES RESISTENTES A MOMENTO

Los pórticos especiales resistentes a momento son lo que presentan mayor capacidad de disipación de energía por lo que se diseñan con un factor de respuesta elevado.

Se espera que las deformaciones inelásticas se desarrollen principalmente en las vigas y en menor medida en los paneles nodales de las columnas.

La estructura debe diseñarse para limitar la distorsión del panel nodal, evitar la rotulación en columnas y controlar los efectos de pandeo local. Los extremos de las vigas se consideran como zonas protegidas.

Con estos requisitos se logra que la estructura desarrolle una respuesta dúctil y estable.

2.3.2 PÓRTICOS ORDINARIOS RESISTENTES A MOMENTO

Los pórticos ordinarios resistentes a momento o convencionales se diseñan para desarrollar rotaciones plásticas limitadas, menores que las esperadas en pórticos especiales o intermedios. Por esta razón, muchas de las restricciones y condiciones descritas previamente no se aplican a los pórticos ordinarios. El factor de modificación de respuesta es reducido debido a la menor capacidad de disipar energía que presenta este tipo de pórticos.

2.3.3 PÓRTICOS INTERMEDIOS RESISTENTES A MOMENTO

Los pórticos intermedios resistentes a momento son los que presentan capacidad de disipación de energía moderada y, acorde a ello, se diseñan con un factor de modificación de respuesta menor que los pórticos especiales.

Se espera que las deformaciones inelásticas se desarrollen principalmente en las vigas.

Se requiere también del uso de conexiones precalificadas y los extremos de las vigas se consideran como zonas protegidas.

Tabla 1

Nomenclatura Utilizada.

NOMENCLATURA	
a_v	ancho de viga
h_v	altura de viga
a_c	ancho de columna
h_c	altura de columna
ρ	cuantía de acero
f_y	Esfuerzo de fluencia
f'_c	Esfuerzo máximo de compresión del hormigón
L_{corto}	Lado más corto del elemento
L_{largo}	Lado más largo del elemento
d_{co}	Distancia desde la cara del elemento hasta el final de la zona crítica
S_{co}	Espaciamiento de estribos en zona crítica
d_b	Diámetro de la varilla
S	Espaciamiento de estribos
S_o	coeficiente para el cálculo del espaciamiento de estribos
Luz	Luz libre del elemento
h_{lmin}	Altura mínima de losa
L_n	Luz libre del vano

2.3.4 REQUERIMIENTOS MINIMOS PARA VIGAS SEGÚN CODIGO ACI 318/14

- Para marcos especiales, la luz libre debe ser mayor a cuatro veces el peralte efectivo (Figura 3).

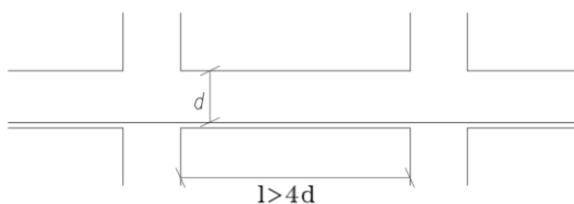


Figura 3: Normativa ACI 318-14

- El ancho mínimo debe ser el menor valor entre 250 mm y el 30% de la altura del elemento; el ancho de la viga puede ser mayor que el de la columna, pero, hacia cada extremo, no puede exceder el ancho de la columna o el 75% del largo de la columna (Figura 4).

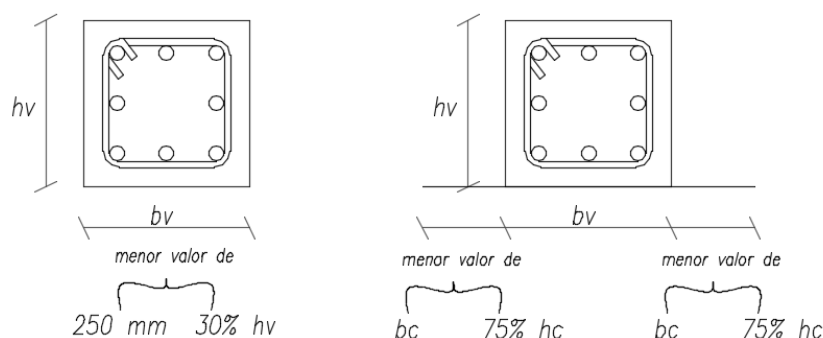


Figura 4: Normativa ACI 318-14

REFUERZO LONGITUDINAL

- Para marcos especiales, la cuantía máxima de acero es 0.025; la resistencia a momento positivo en la cara del nudo debe ser por lo menos la mitad de la resistencia a momento negativo; en cualquier sección en toda la longitud de la viga, la resistencia debe ser por lo menos la cuarta parte de la resistencia máxima de la cara del nudo. (Figura 5).

Pórticos Especiales (Vigas y Col. Parecidas)

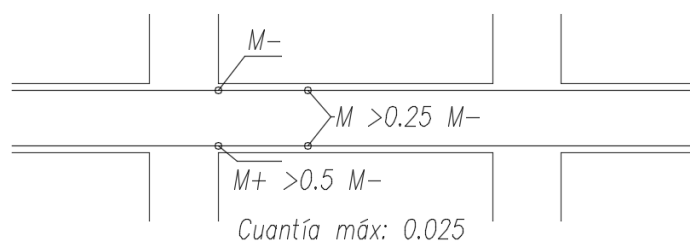


Figura 5: Normativa ACI 318-14

- Para marcos intermedios, no existe límite superior de cuantía de acero; en la cara del nudo, se requiere que la resistencia a momento positivo sea por lo menos un tercio del negativo; en la viga, la resistencia debe ser por lo menos un quinto de la máxima. (Figura 6).

Pórticos Intermedios (Vigas Descolgadas)

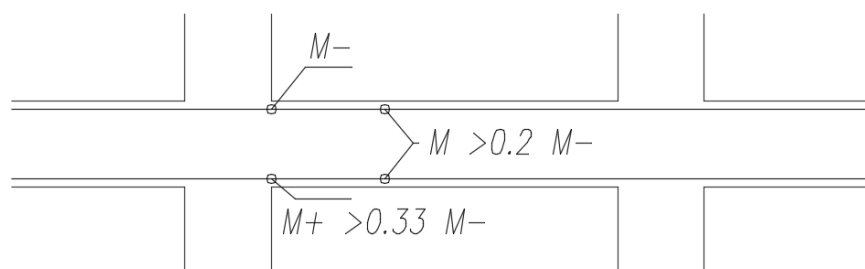


Figura 6: Normativa ACI 318-14

EMPALME DE VARILLAS LONGITUDINALES

- Para marcos especiales, se exige encerrar los empalmes con estribos separados al menor valor entre la cuarta parte del peralte efectivo y 100 mm; no permite empalmes en nudos, a una distancia de la cara del nudo igual a dos veces la altura del elemento, ni donde el análisis indique que pueda ocurrir fluencia por flexión. En marcos intermedios no existen restricciones (Figura 7).

Pórticos Especiales (Vigas y Col. Parecidas)

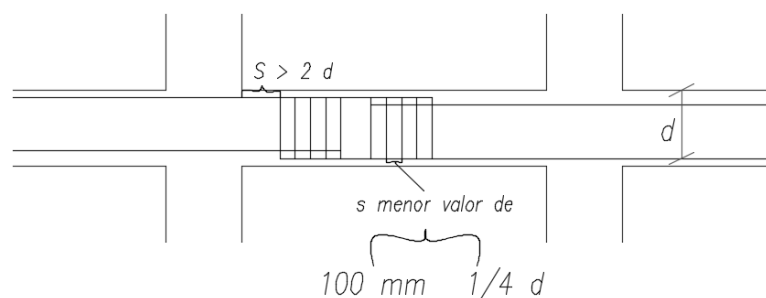


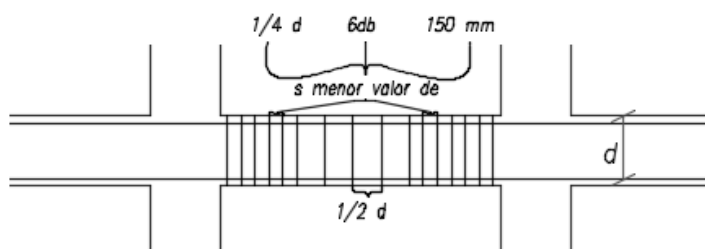
Figura 7: Normativa ACI 318-14

REFUERZO TRANSVERSAL

- Para marcos especiales, en zonas de posible fluencia por flexión (a una distancia de la cara del nudo, igual a dos veces el peralte del elemento) se requiere que los estribos estén separados por el mínimo entre: la cuarta parte del peralte efectivo, seis veces el menor diámetro de las varillas longitudinales y 150 mm; fuera de las zonas de posible fluencia,

la separación debe ser menor que la mitad del peralte de la viga (Figura 8).

Pórticos Especiales (Vigas y Col. Parecidas)



Se diseña también para cortante cuando

$$V_s > V_e/2 \text{ y } P_u < A_g \cdot f'_c / 20$$

$$V_e = V_D + V_L + V_s$$

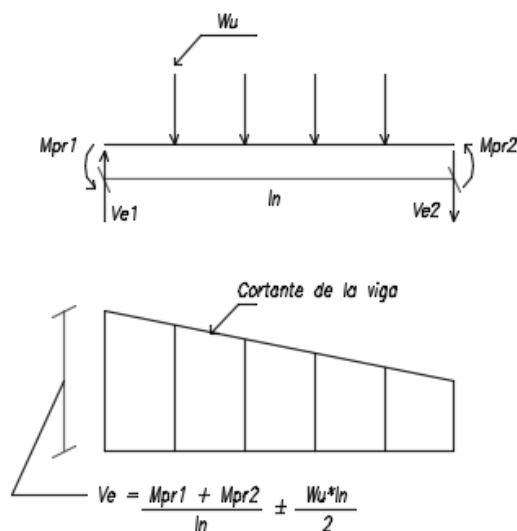


Figura 8: Normativa ACI 318-14

- Para marcos intermedios, es igual con excepción de la separación mínima de estribos en zonas de posible fluencia, el código dispone como el mínimo entre: la cuarta parte del peralte efectivo, ocho veces el menor diámetro de las varillas longitudinales, veinticuatro veces el diámetro del estribo y 300 mm (Figura 9).

Pórticos Intermedios (Vigas Descolgadas)

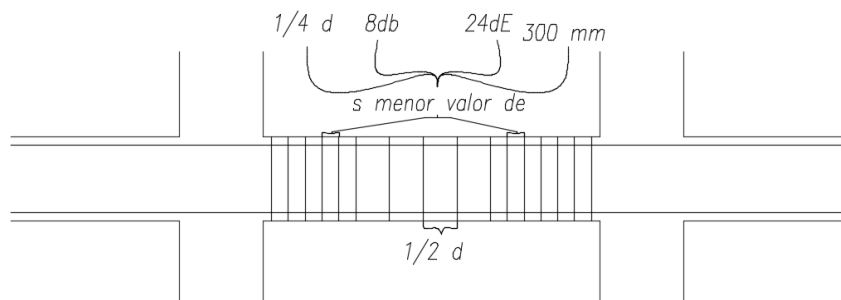


Figura 9: Normativa ACI 318-14

FORMA DEL ESTRIBO

- Esta exigencia solamente existe para marcos especiales, y consiste en cumplir con uno de los dos detalles propuestos en la Figura 10.

Pórticos Especiales (Vigas y Col. Parecidas)

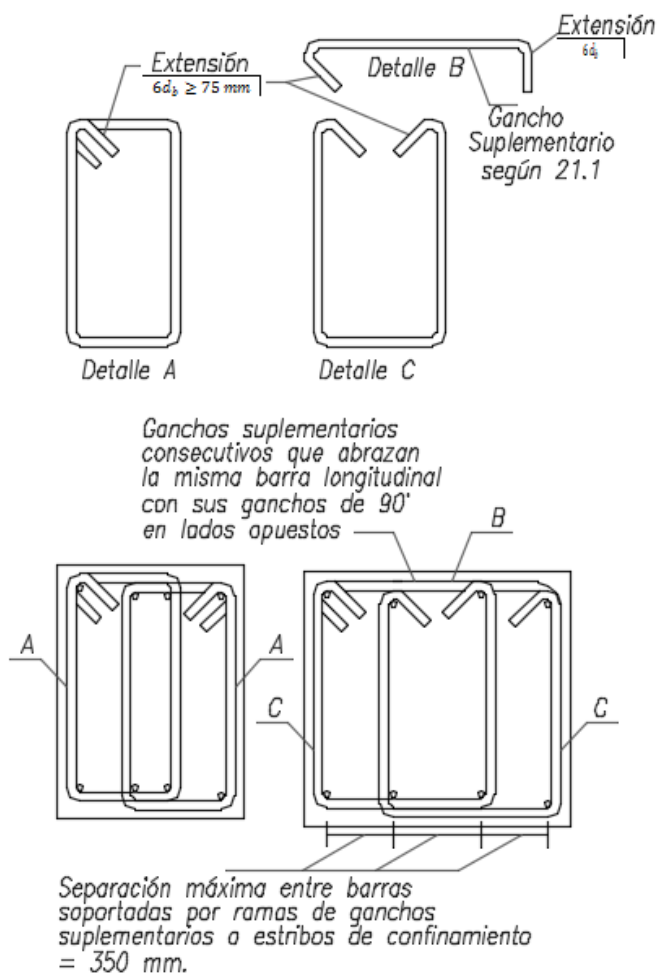


Figura 10: Normativa ACI 318-14

FUERZAS PARA DISEÑO POR CORTANTE

- Para marcos especiales, la fuerza de diseño se calcula considerando las cargas estáticas, suponiendo que en los extremos de la viga actúan los momentos resistentes probables de signo opuesto (Figura 11).

Pórticos Especiales (Vigas y Col. Parecidas)

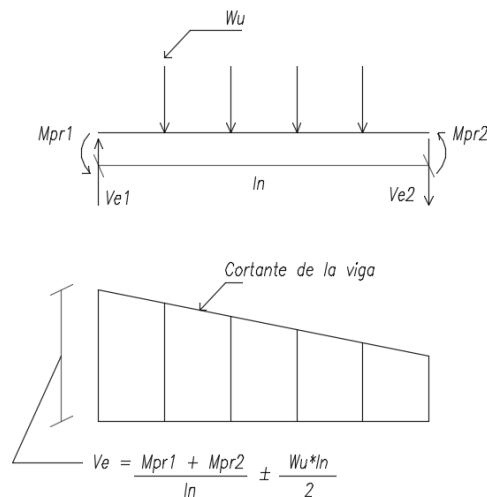


Figura 11: Normativa ACI 318-14

- Para marcos intermedios, la fuerza de diseño es la mayor entre: el corte por cargas estáticas más el producido suponiendo que los momentos resistentes nominales de signo opuesto actúan en los extremos de la viga, o el máximo cortante obtenido del análisis, considerando el doble de la aportación del cortante sísmico en las combinaciones que correspondan (Figura 12).

Pórticos Intermedios (Vigas Descolgadas)

$W_u =$ mayor entre combinaciones de W con sismo normal y W con el doble del sismo

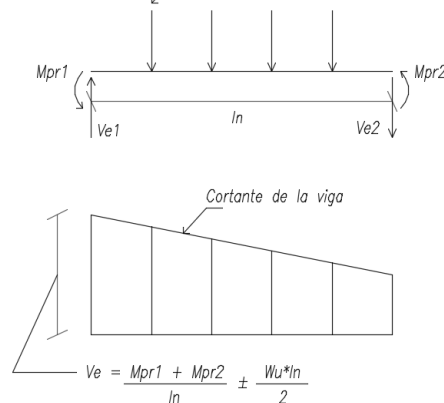


Figura 12: Normativa ACI 318-14

2.3.5 REQUERIMIENTOS MINIMOS PARA COLUMNAS SEGÚN CODIGO ACI 318/14

- Para marcos especiales, la mínima dimensión de la sección debe ser 300 mm y la relación entre las dimensiones corta y larga de la sección del elemento no puede ser menor que 0.40. En marcos intermedios no se proponen restricciones geométricas (Figura 13).

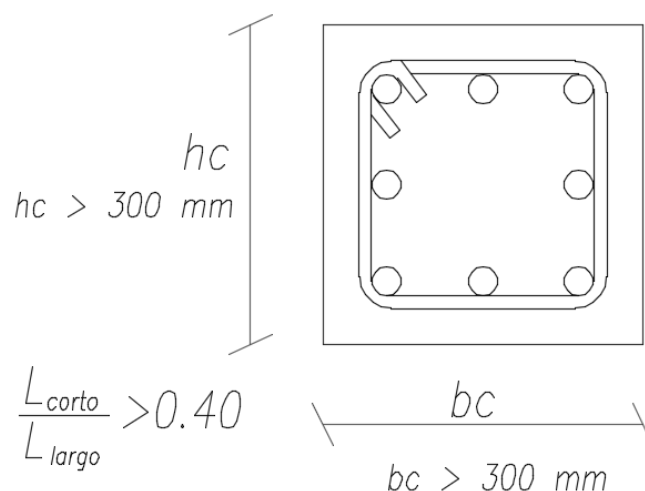


Figura 13: Normativa ACI 318-14

RESISTENCIA A FLEXION

- Para marcos especiales, se pide que la suma de las resistencias nominales a flexión de las columnas que llegan a un nudo sea mayor que 1.20 veces la suma de las resistencias nominales de las vigas que llegan a ese nudo; si esta disposición no se cumple en alguna columna, la rigidez lateral de esta no debe incluirse en el modelo matemático. Para marcos intermedios no existe esta exigencia (Figura 14).

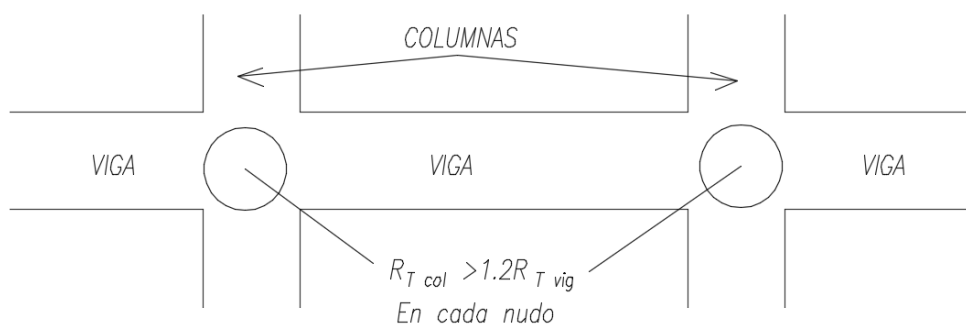


Figura 14: Normativa ACI 318-14

REFUERZO LONGITUDINAL

- Para marcos especiales, se limita el área máxima de acero al 6% del área gruesa de la sección. Para marcos intermedios, se mantienen los mismos límites (Figura 15).

Pórticos Especiales (Vigas y Col. Parecidas)

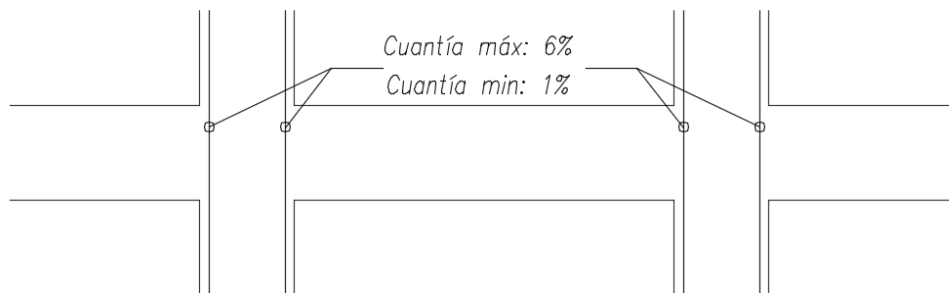


Figura 15: Normativa ACI 318-14

EMPALME DE VARILLAS LONGITUDINALES

- En marcos especiales, solamente se permiten en la zona central del elemento. Para marcos intermedios no existen limitaciones (Figura 16).

Pórticos Especiales (Vigas y Col. Parecidas)
Solo en la zona central

Pórticos Intermedios (Vigas Descolgadas)

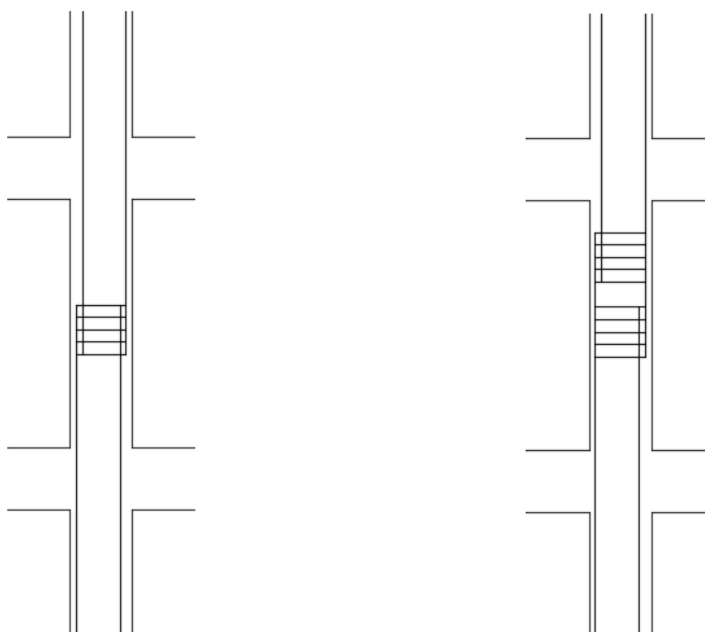


Figura 16: Normativa ACI 318-14

REFUERZO TRANSVERSAL

- Para marcos especiales, se exige que los estribos donde se requiere mayor confinamiento, se coloquen en una distancia del nudo igual al máximo entre: la mayor dimensión del elemento, un sexto de la longitud libre y 450 mm; los estribos donde se requiere mayor confinamiento deben tener una separación igual al menor entre: un cuarto de la menor dimensión del elemento, seis veces el diámetro de la menor varilla longitudinal y S_o (Figura 17).

$$100 \text{ mm} \leq S_o = 100 + \frac{(350 - h_x)}{3} \leq 150 \text{ mm}$$

- Donde h_x es la mayor separación entre patas de estribos en la sección; adicionalmente, el área del estribo (A_{sh}) debe ser mayor que lo requerido por las siguientes ecuaciones:

$$A_{sh1} = 0,30 \frac{s b_c f' c}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

$$A_{sh2} = 0,09 \frac{s b_c f' c}{f_{yt}}$$

- Donde s es la separación entre estribos, b_c es la sección de la zona encerrada por el estribo, A_g es el área gruesa de la sección, A_{ch} es el área confinada por el estribo, $f' c$ y f_{yt} son la resistencia a compresión del hormigón y a fluencia de los estribos.
- Para marcos intermedios, la zona de mayor confinamiento se define de la misma manera que en los marcos especiales; la separación de estribos en esa zona debe ser el menor entre: ocho veces el diámetro de la menor varilla longitudinal, veinticuatro veces el diámetro del estribo, la mitad de la menor dimensión de la sección y 300 mm; fuera de la zona de confinamiento, se mantienen las exigencias de elementos no sismo-resistentes (Figura 17).

Pórticos Especiales (Vigas y Col. Parecidas)
Solo en la zona central

Pórticos Intermedios (Vigas Descolgadas)

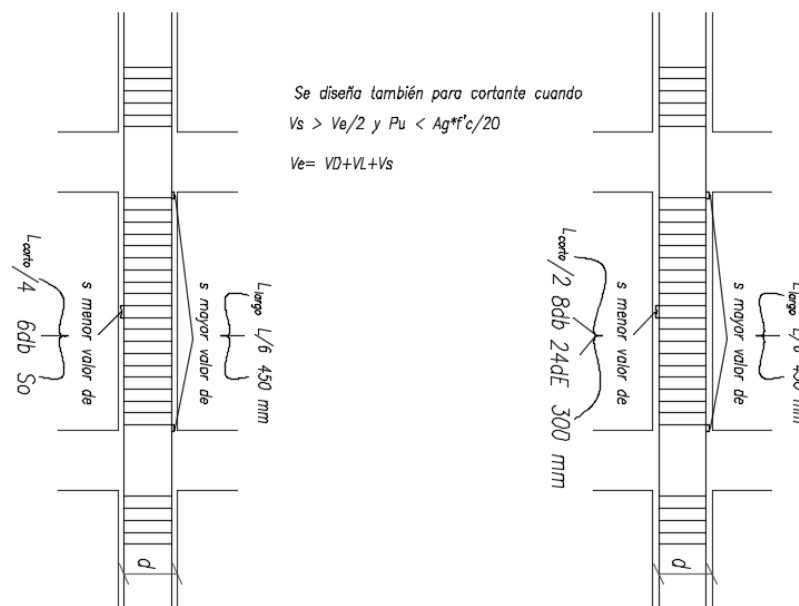


Figura 17: Normativa ACI 318-14

FUERZAS PARA DISEÑO POR CORTANTE

- Para marcos especiales, se realiza de manera similar que en las vigas, pero se debe incluir el efecto de la interacción del momento con las cargas axiales. Para marcos intermedios, aplica lo mismo anterior, pero la afectación del sismo en las combinaciones se debe multiplicar por el factor de sobre-resistencia que indica la norma (Figura 18).

Pórticos Especiales (Vigas y Col. Parecidas)

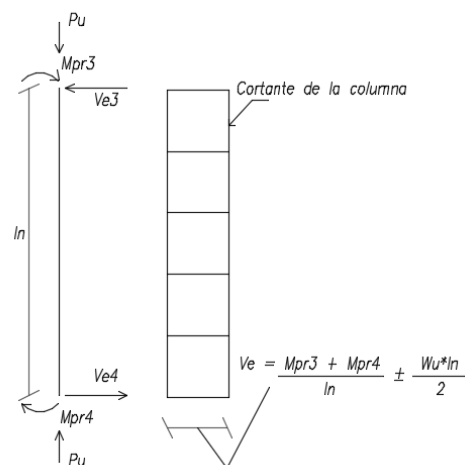


Figura 18: Normativa ACI 318-14

- Para marcos intermedios, aplica lo mismo anterior, pero la afectación del sismo en las combinaciones se debe multiplicar por el factor de sobre-resistencia Ω que indica la norma (Figura 19).

Pórticos Intermedios (Vigas Descolgadas)

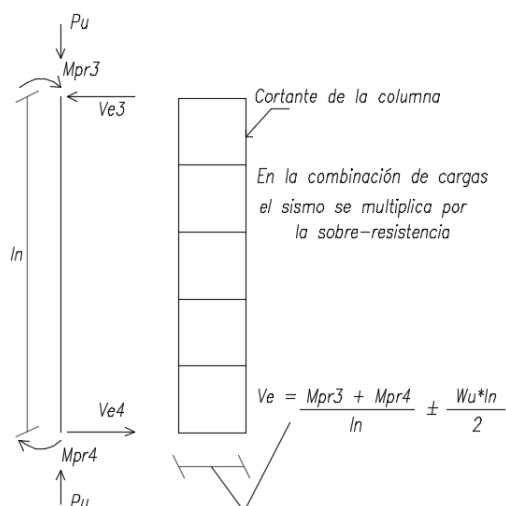


Figura 19: Normativa ACI 318-14

2.3.6 REQUERIMIENTOS MINIMOS PARA VIGAS Y COLUMNAS SEGÚN CODIGO NEC 15

- La única diferencia entre la norma NEC 15 y la norma ACI-318 es la forma en que se revisa el criterio columna fuerte - viga débil.

El momento último de diseño se calcula con:

$$S_{CP} = \phi^0 \omega_f S_E$$

- ❖ Donde ϕ^0 es la relación de capacidad en sobre-resistencia de las rotulas plásticas en las vigas (M_0) que llegan al nudo, junto a la sección que se diseña, y la capacidad requerida por el análisis (M_{req}). La capacidad en sobre resistencia se estima a partir de la cuantía real de acero de las vigas, considerando propiedades máximas esperadas de los materiales.

$$\phi^0 = \frac{M_0^- + M_0^+}{M_{req}^- + M_{req}^+}$$

- ❖ ω_f es un factor de amplificación dinámica. Este valor se aplica desde el primer nivel de la estructura hasta un nivel a 3/4 de la altura total de la misma (Figura 20).

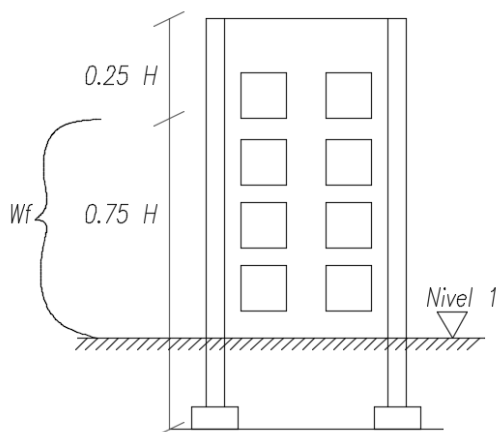


Figura 20: Normativa NEC 15

$$\omega_f = 1,15 + 0,13 \left(\frac{\mu}{1,8} - 1 \right) > 1,15$$

Donde μ es la ductilidad, que puede ser tomada como la mitad del valor de reducción de respuesta sísmica (R) adoptado.

- ❖ S_E es la demanda obtenida de las combinaciones del análisis.

2.4 Estados de carga utilizados en la estructura.

El sistema que se estudió fue una estructura de dos pisos, con columnas, vigas rectangulares, y losa bidireccional aligerada.

La normativa y características de suelo que se usaron fueron las vistas anteriormente, las cuales aplican carga muerta, carga viva y carga de sismo.

CAPITULO 3

DISEÑO COMPLETO DE ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA

En el presente capítulo se procede a diseñar los elementos de la estructura descrita en la siguiente Figura y tablas:

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

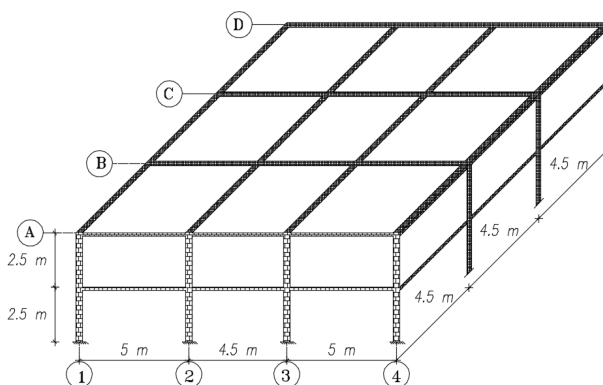


Figura 21: Descripción de la Estructura.

Tabla 2

Información general.

Vigas	Primer piso
	b = 30 cm
	h = 40 cm
	Segundo piso
	b = 30 cm
	h = 35 cm
Columnas	Pórticos Interiores
	b = 40 cm
	h = 40 cm
F'c	280 Kg/cm ²
Fy	4200 Kg/cm ²
E	15100 √f'c = 252671
Espectro	NEC 15
Tipo de Suelo	D
Zona Sísmica	0,4 g
Región	Sierra
n =	2,48
Fa =	1,2
Fs =	1,28
Fd =	1,19

3.2 PRE DISEÑO

$$h_{lmin} = \frac{L_n(800 + 0,071 * fy)}{36000 + 5000 * \beta * [\alpha_m - 0,2]} \quad (4)$$

La fórmula que se indicó nos proporcionará la altura mínima para una losa maciza por lo que es necesario definir una altura equivalente de una losa alivianada. En la tabla 3 se presentan valores equivalentes entre losas macizas y alivianadas para distintas alturas.

Tabla 3

Altura equivalente de losa.

Losa Maciza	Losa Alivianada
h (cm)	h (cm)
10.88	15.00
14.50	20.00
18.06	25.00
21.54	30.00
24.96	35.00

Para obtener la altura de las losas se usan las luces libres mayores para cada piso. Los resultados se presentan en la tabla 4.

Tabla 4

Altura obtenida equivalente de losa.

	Luz libre mayor (m)	h min losa maciza (cm)	h equiv losa alivianada (cm)
Sentido X	5	15,25	20
Sentido Y	4,5	10,00	15

3.3 CALCULO DE CARGAS DE DISEÑO

Se realiza la distribución del mosaico de cargas sobre las losas de la estructura como se aprecia en la siguiente Figura.

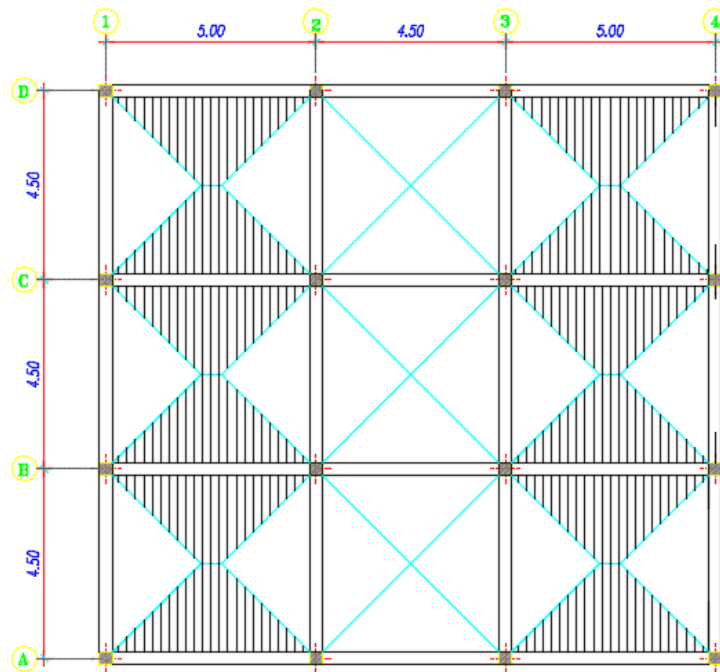


Figura 22: Mosaico de Cargas

Tomamos como altura mínima de losa los 20 cm

Peso propio losa:

Nervios: $3,60 \times 0,10 \times 0,20 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 172,8 \text{ Kg/m}^2$

Alivianamientos: $8 \times (0,40 \times 0,20 \times 0,20 \times 1000 \text{ Kg/m}^3) = 128 \text{ Kg/m}^2$

C.Compresión: $0,05 \times 1,00 \times 1,00 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 120 \text{ Kg/m}^2$

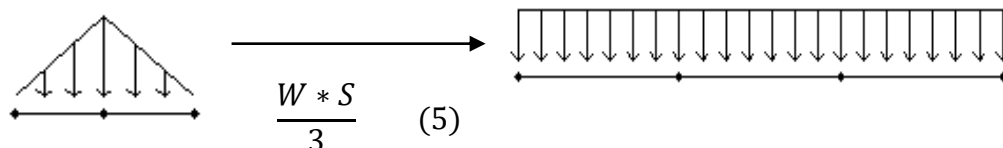
Paredes: = 40 Kg/m^2

Acabados: = $39,2 \text{ Kg/m}^2$

Carga Muerta (C.M.) = 500 Kg/m^2

Carga Viva (C.V.) = 200 Kg/m^2

Transformación de carga triangular a trapezoidal

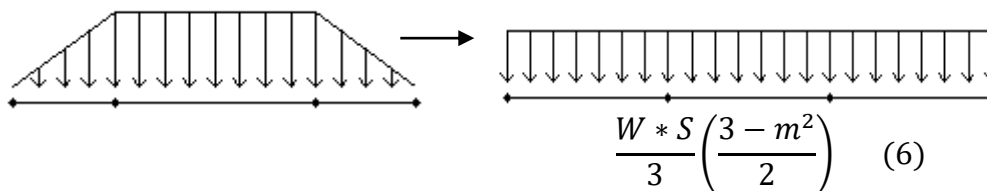


Donde:

W = La carga inicial (T/m^2)

S = Luz corta (m)

Transformación de carga trapezoidal a triangular



Donde:

W = La carga inicial (T/m²)

m = S/L

S = Luz corta (m)

L = Luz larga (m)

En las siguientes tablas veremos el resumen de cargas actuantes sobre la estructura:

Tabla 5

Carga Muerta y Viva para pórticos

PORTICO A y D		
Luz (m)	C.M. (T/m)	C.V. (T/m)
5,00	0,82	0,33
4,50	0,75	0,30
5,00	0,82	0,33
PORTICO B y C		
Luz (m)	C.M. (T/m)	C.V. (T/m)
5,00	1,64	0,66
4,50	1,50	0,60
5,00	1,64	0,66
PORTICO 1 y 4		
Luz (m)	C.M. (T/m)	C.V. (T/m)
4,50	0,75	0,30
4,50	0,75	0,30
4,50	0,75	0,30
PORTICO 2 y 3		
Luz (m)	C.M. (T/m)	C.V. (T/m)
4,50	1,50	0,60
4,50	1,50	0,60
4,50	1,50	0,60

CÁLCULO DEL CORTANTE BASAL

$$V = \frac{I \cdot S_a(T_a)}{R \cdot \phi_P \cdot \phi_E} * W \quad (7)$$

Donde:

V Cortante basal total de diseño

I Factor de importancia

S_a(T_a) Espectro de diseño en aceleración en función del período T_a en seg.

R Factor de reducción de resistencia sísmica.

ϕ_P Coeficiente de regularidad en planta igual a 1.

ϕ_E Coeficiente de regularidad en elevación igual a 1.

$$S_a = n * Z * F_a \quad (8)$$

- η= 1.80 : Provincias de la Costa (excepto Esmeraldas),
- η= 2.48 : Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos
- η= 2.60 : Provincias del Oriente

$$S_a = \frac{2,48 * 0,4 * 1,2}{1,19}$$

$$W = 195,75$$

$$V = \frac{1 * 1,19 * 195,75}{4}$$

$$= 58,24 \quad (T)$$

$$F_x = \frac{V * W_x * h_x}{\sum (W_i * h_i)}$$

Tabla 6

Distribución de Cortante sobre la edificación

Piso	Altura de piso (m)	Nivel hi (m)	Area (m2)	Peso wi (t/m2)	Peso Wi (t)	Wi x hi (t-m)	Fx (t)
2	2,50	5,00	195,75	0,50	97,88	489,38	38,82
1	2,50	2,50	195,75	0,50	97,88	244,69	19,41
TOTAL					195,75	734,06	

3.4 DISEÑO DE VIGAS

Mediante la realización de los diagramas se obtuvieron los siguientes resultados para momentos en (T*m):

PORTICO A, D, 1 y 4

2 PISO

CM	-1,32	-1,78	-1,35	-1,35	-1,78	-1,32
CV	-0,53	-0,72	-0,54	-0,54	-0,72	-0,53
SISMO	10,41	-9,24	8,98	-8,96	9,08	-10,17
CM	1,02		0,55		1,02	
CV	0,41		0,22		0,41	
SISMO	0,00		0,00		0,00	

1 PISO

CM	-1,54	-1,75	-1,30	-1,30	-1,75	-1,54
CV	-0,62	-0,70	-0,52	-0,52	-0,70	-0,62
SISMO	15,72	-14,47	14,68	-14,64	14,21	-15,32
CM	0,92		0,60		0,92	
CV	0,37		0,24		0,37	
SISMO	0,00		0,00		0,00	

PORTICO B, C, 2 y 3

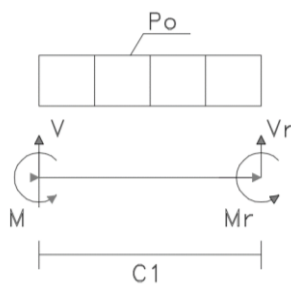
2 PISO

CM	-2,64	-3,56	-2,70	-2,70	-3,56	-2,64
CV	-1,06	-1,44	-1,08	-1,08	-1,44	-1,06
SISMO	10,41	-9,24	8,98	-8,96	9,08	-10,17
CM	2,04		1,10		2,04	
CV	0,82		0,44		0,82	
SISMO	0,00		0,00		0,00	

1 PISO

CM	-3,08	-3,50	-2,60	-2,60	-3,50	-3,08
CV	-1,24	-1,40	-1,04	-1,04	-1,40	-1,24
SISMO	15,72	-14,47	14,68	-14,64	14,21	-15,32
CM	1,84		1,20		1,84	
CV	0,74		0,48		0,74	
SISMO	0,00		0,00		0,00	

Con estos momentos se obtuvieron los momentos en cara de elementos (T*m) mediante las ecuaciones de equilibrio.



$$V_R = P_o * C_1 - V$$

$$M_R = \frac{P_o * C_1^2}{2} - M$$

PORTICO A Y D CARA DE ELEMENTOS

2 PISO

CM	-1,31	-1,77	-1,34	-1,34	-1,77	-1,31
CV	-0,52	-0,71	-0,53	-0,53	-0,71	-0,52
SISMO	10,40	-9,23	8,97	-8,95	9,07	-10,16
CM	1,02			0,55		1,02
CV	0,41			0,22		0,41
SISMO	0,00			0,00		0,00

1 PISO

CM	-1,53	-1,74	-1,29	-1,29	-1,74	-1,53
CV	-0,61	-0,69	-0,51	-0,51	-0,69	-0,61
SISMO	15,71	-14,46	14,67	-14,63	14,20	-15,31
CM	0,92			0,60		0,92
CV	0,37			0,24		0,37
SISMO	0,00			0,00		0,00

PORTICO B Y C CARA DE ELEMENTOS

2 PISO

CM	-2,63	-3,55	-2,69	-2,69	-3,55	-2,63
CV	-1,05	-1,43	-1,07	-1,07	-1,43	-1,05
SISMO	10,40	-9,23	8,97	-8,95	9,07	-10,16
CM	2,04			1,10		2,04
CV	0,82			0,44		0,82
SISMO	0,00			0,00		0,00

1 PISO

CM	-3,07	-3,49	-2,59	-2,59	-3,49	-3,07
CV	-1,23	-1,39	-1,03	-1,03	-1,39	-1,23
SISMO	15,71	-14,46	14,67	-14,63	14,20	-15,31
CM	1,84			1,20		1,84
CV	0,74			0,48		0,74
SISMO	0,00			0,00		0,00

A continuación se realizan las combinaciones de carga más críticas:

PORTICO A Y D CARA DE ELEMENTOS

2 PISO $1.2*CM+1.6*CV+0.5*E$ (T*m)

2,79	-7,88	2,03	-6,93	1,27	-7,49
1,88		1,01		1,88	

1 PISO

5,04	-10,42	4,97	-9,68	3,91	-10,47
1,70		1,10		1,70	

PORTICO B Y C CARA DE ELEMENTOS

2 PISO

0,36	-11,17	-0,46	-9,42	-2,01	-9,92
3,76		2,02		3,76	

1 PISO

2,20	-13,64	2,58	-12,07	0,69	-13,31
3,39		2,21		3,39	

PORTICO A Y D CARA DE ELEMENTOS

2 PISO 0.9*CM+1.0*E (T*m)

9,22	-10,82	7,76	-10,16	7,48	-11,34
0,92		0,50		0,92	

1 PISO

14,33	-16,03	13,51	-15,79	12,63	-16,69
0,83		0,54		0,83	

PORTICO B Y C CARA DE ELEMENTOS

2 PISO

8,03	-12,43	6,55	-11,37	5,88	-12,53
1,84		0,99		1,84	

1 PISO

12,95	-17,60	12,34	-16,96	11,06	-18,07
1,66		1,08		1,66	

Luego se procede al diseño por flexión de los elementos:

Tabla 7

Resumen de Momentos

Portico		Comb 1 1.4CM + 1.7 CV + 0.5 E			Comb 2 0.9CM + 1 E			Envolvente			Dimensiones		
		(T*m)			(T*m)			(T*m)			(cm)		
		Mu lz	Mu +	Mu der	Mu lz	Mu +	Mu der	Mu lz	Mu +	Mu der	base	Altura	d
A-D-1-4	Piso 2	2,79	1,88	7,88	9,22	0,92	10,82	9,22	1,88	10,82	30,00	35,00	32,00
		2,03	1,01	6,93	7,76	0,50	10,16	7,76	1,01	10,16	30,00	35,00	32,00
		1,27	1,88	7,49	7,48	0,92	11,34	7,48	1,88	11,34	30,00	35,00	32,00
	Piso 1	5,04	1,70	10,42	14,33	0,83	16,03	14,33	1,70	16,03	30,00	40,00	37,00
		4,97	1,10	9,68	13,51	0,54	15,79	13,51	1,10	15,79	30,00	40,00	37,00
		3,91	1,70	10,47	12,63	0,83	16,69	12,63	1,70	16,69	30,00	40,00	37,00
B-C-2-3	Piso 2	0,36	3,76	11,17	8,03	1,84	12,43	8,03	3,76	12,43	30,00	35,00	32,00
		0,46	2,02	9,42	6,55	0,99	11,37	6,55	2,02	11,37	30,00	35,00	32,00
		2,01	3,76	9,92	5,88	1,84	12,53	5,88	3,76	12,53	30,00	35,00	32,00
	Piso 1	2,20	3,39	13,64	12,95	1,66	17,60	12,95	3,39	17,60	30,00	40,00	37,00
		2,58	2,21	12,07	12,34	1,08	16,96	12,34	2,21	16,96	30,00	40,00	37,00
		0,69	3,39	13,31	11,06	1,66	18,07	11,06	3,39	18,07	30,00	40,00	37,00

Obtenemos la cuantía máxima y mínima para comparar con la cuantía calculada que obtuvimos y obtener un armado para el elemento.

$$\rho = \frac{0,85 * f'c}{Fy} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{0,85 * \phi * b * h^2}} \right)$$

Tabla 8
Cuantías de Acero obtenidas

CUANTIA CALCULADA			AS CALCULADO (cm ²)			AS MAX	AS MIN	TIPO DE ARMADO
ρ IZ	ρ CEN	ρ DER	As IZ	As CEN	As DER	(cm ²)	(cm ²)	
0,009	0,002	0,010	9,02	1,58	9,84	13,71	3,20	Simplemente Armada
0,007	0,001	0,010	7,49	0,84	9,17	13,71	3,20	Simplemente Armada
0,007	0,002	0,011	7,20	1,58	10,36	13,71	3,20	Simplemente Armada
0,010	0,001	0,011	12,17	1,22	12,75	15,85	3,70	Simplemente Armada
0,009	0,001	0,011	11,40	0,79	12,54	15,85	3,70	Simplemente Armada
0,009	0,001	0,012	10,59	1,22	13,35	15,85	3,70	Simplemente Armada
0,007	0,003	0,012	7,77	3,20	11,49	13,71	3,20	Simplemente Armada
0,006	0,002	0,011	6,25	1,70	10,39	13,71	3,20	Simplemente Armada
0,005	0,003	0,012	5,57	3,20	11,59	13,71	3,20	Simplemente Armada
0,009	0,002	0,013	10,88	2,47	14,19	15,85	3,70	Simplemente Armada
0,009	0,001	0,012	10,32	1,60	13,60	15,85	3,70	Simplemente Armada
0,008	0,002	0,013	9,17	2,47	14,62	15,85	3,70	Simplemente Armada

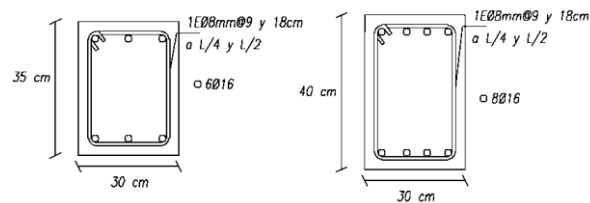


Figura 23: Armado obtenido de vigas.

De los diagramas se obtuvieron también los valores de cortantes (T) a continuación mostrados:

PORTICO A, D, 1 Y 4

2 PISO

CM	-1,96	-1,69	-2,14
CV	-0,79	-0,67	-0,86
SISMO	-4,32	-4,39	-4,24
CM	2,14	1,69	1,96
CV	0,86	0,67	0,79
SISMO	4,32	4,39	4,24

1 PISO

CM	-2,01	-1,69	-2,09
CV	-0,81	-0,67	-0,84
SISMO	-6,64	-7,17	-6,50
CM	2,09	1,69	2,01
CV	0,84	0,67	0,81
SISMO	6,64	7,17	6,50

PORTICO B, C, 2 Y 3

2 PISO

CM	-3,92	-3,38	-4,28
CV	-1,58	-1,34	-1,72
SISMO	-4,32	-4,39	-4,24
CM	4,28	3,38	3,92
CV	1,72	1,34	1,58
SISMO	4,32	4,39	4,24

1 PISO

CM	-4,02	-3,38	-4,18
CV	-1,62	-1,34	-1,68
SISMO	-6,64	-7,17	-6,50
CM	4,18	3,38	4,02
CV	1,68	1,34	1,62
SISMO	6,64	7,17	6,50

Con el mismo procedimiento visto anteriormente se encuentran los cortantes en cara de elemento (T):

PORTICO A Y D CARA DE ELEMENTOS

2 PISO

CM	-1,95	-1,68	-2,13
CV	-0,78	-0,66	-0,85
SISMO	-4,31	-4,38	-4,23
CM	2,13	1,68	1,95
CV	0,85	0,66	0,78
SISMO	4,31	4,38	4,23

1 PISO

CM	-2,00	-1,68	-2,08
CV	-0,80	-0,66	-0,83
SISMO	-6,63	-7,16	-6,49
CM	2,08	1,68	2,00
CV	0,83	0,66	0,80
SISMO	6,63	7,16	6,49

PORTICO B Y C CARA DE ELEMENTOS

2 PISO

CM	-3,91	-3,37	-4,27
CV	-1,57	-1,33	-1,71
SISMO	-4,31	-4,38	-4,23
CM	4,27	3,37	3,91
CV	1,71	1,33	1,57
SISMO	4,31	4,38	4,23

1 PISO

CM	-4,01	-3,37	-4,17
CV	-1,61	-1,33	-1,67
SISMO	-6,63	-7,16	-6,49
CM	4,17	3,37	4,01
CV	1,67	1,33	1,61
SISMO	6,63	7,16	6,49

A continuación se presentan los cortantes con las combinaciones más críticas:

PORTICO A Y D CARA DE ELEMENTOS

2 PISO $1.2*CM+1.6*CV+0.5*E$ (T)

-5,75	-5,26	-6,03
6,07	5,26	5,71

1 PISO

-7,00	-6,65	-7,07
7,14	6,65	6,93

PORTICO B Y C CARA DE ELEMENTOS

2 PISO

-9,36	-8,36	-9,98
10,02	8,36	9,32

1 PISO

-10,71	-9,75	-10,92
10,99	9,75	10,64

PORTICO A Y D CARA DE ELEMENTOS

2 PISO 0.9*CM+1.0*E (T)

-6,07	-5,89	-6,15
6,23	5,89	5,99

1 PISO

-8,43	-8,67	-8,36
8,50	8,67	8,29

PORTICO B Y C CARA DE ELEMENTOS

2 PISO

-7,83	-7,41	-8,07
8,15	7,41	7,75

1 PISO

-10,24	-10,19	-10,24
10,38	10,19	10,10

Con los cortantes obtenidos se procede a realizar la respectiva comprobación del diseño.

Tabla 9

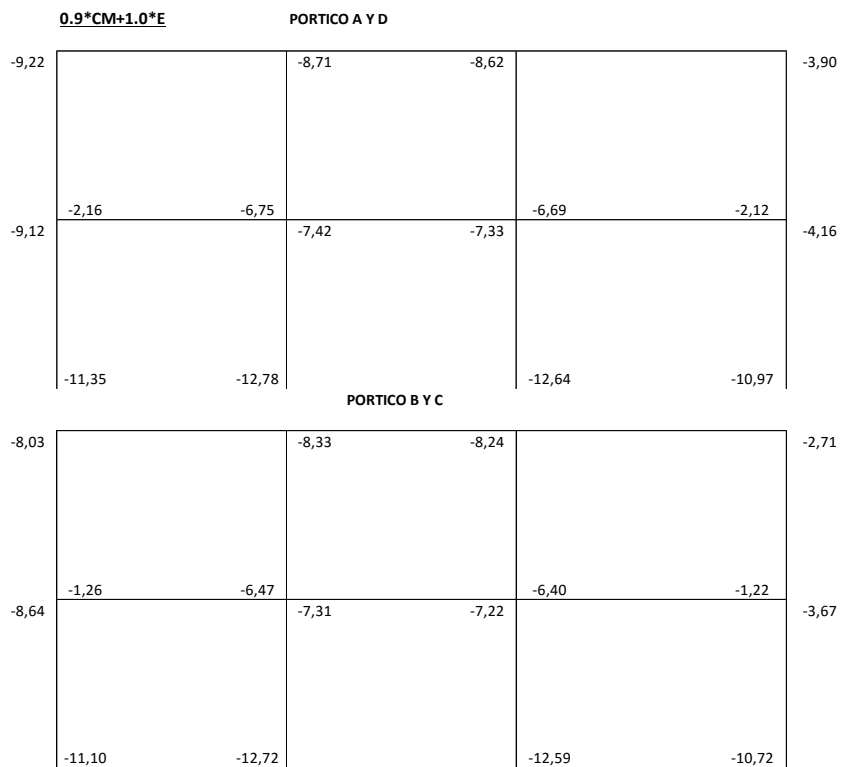
Resumen de Cortantes

Portico		Comb 1 1.4CM + 1.7 CV + 0.5 E		Comb 2 0.9CM + 1 S		Envolvente		Dimensiones	
		(T)		(T)		(T)		(cm)	
		Vu lz	Vu der	Vu lz	Vu der	Vu lz	Vu der	base	d
A-D-14	Piso 2	5,75	6,07	6,07	6,23	6,07	6,23	30,00	32,0
		5,26	5,26	5,89	5,89	5,89	5,89	30,00	32,0
		6,03	5,71	6,15	5,99	6,15	5,99	30,00	32,0
	Piso 1	7,00	7,14	8,43	8,50	8,43	8,50	30,00	37,0
		6,65	6,65	8,67	8,67	8,67	8,67	30,00	37,0
		7,07	6,93	8,36	8,29	8,36	8,29	30,00	37,0
B-C-23	Piso 2	9,36	10,02	7,83	8,15	9,36	10,02	30,00	32,0
		8,36	8,36	7,41	7,41	8,36	8,36	30,00	32,0
		9,98	9,32	8,07	7,75	9,98	9,32	30,00	32,0
	Piso 1	10,71	10,99	10,24	10,38	10,71	10,99	30,00	37,0
		9,75	9,75	10,19	10,19	10,19	10,19	30,00	37,0
		10,92	10,64	10,24	10,10	10,92	10,64	30,00	37,0

Tabla 10

Comprobación de Cortante

Nº Barras	Ø (mm)	Av (cm2)	s(cm)	Vc (kg/cm2)	Vs (kg/cm2)	Comprobación		
						VU(kg/cm2)	lz	der
2	8	1,01	18,00	8513,85	7506,31	12015,12	ok	ok
2	8	1,01	18,00	8513,85	7506,31	12015,12	ok	ok
2	8	1,01	18,00	8513,85	7506,31	12015,12	ok	ok
2	8	1,01	18,00	9844,14	8679,17	13892,49	ok	ok
2	8	1,01	18,00	9844,14	8679,17	13892,49	ok	ok
2	8	1,01	18,00	9844,14	8679,17	13892,49	ok	ok
2	8	1,01	18,00	8513,85	7506,31	12015,12	ok	ok
2	8	1,01	18,00	8513,85	7506,31	12015,12	ok	ok
2	8	1,01	18,00	8513,85	7506,31	12015,12	ok	ok
2	8	1,01	18,00	9844,14	8679,17	13892,49	ok	ok
2	8	1,01	18,00	9844,14	8679,17	13892,49	ok	ok
2	8	1,01	18,00	9844,14	8679,17	13892,49	ok	ok



El diseño se lo realizo por el método de curvas de interacción realizado por el Ingeniero Marcelo Romo. Al ser columnas cortas no se adjunta el chequeo de esbeltez.

COLUMNA A1

Fy	4200	Kg/cm2
f'c	280	Kg/cm2
bc	40	cm
hc	40	cm
r	3	cm
Pu	13,54	T
Mux	11,35	T*m
Muy	11,35	T*m

Factor de dimensión de núcleo

$$g = (hc-2r)/bc$$

$$g = 0,9$$

$$Mu = \sqrt{Mux^2 + Muy^2}$$

$$Mu = 16,05 \quad T*m$$

$$Tg(\alpha) = Mux / Muy$$

$$\alpha = 45,00 \quad ^\circ$$

COMPROBACIÓN DE ESBELTEZ

$$\lambda = \frac{L}{r} \quad \lambda = \frac{L}{\sqrt{I/A}}$$

Simplificando

L = Longitud de columna

r = radio de giro

I = Inercia de la columna

A = Area de la columna

h = Altura de la columna

$$\lambda = \frac{L}{0,3 * h}$$

$$\lambda = \frac{2,5 m}{0,3 * 0,40 m}$$

$$\lambda = 20,83$$

Si la relación de esbeltez λ es menor a 22

para estructuras no arriostradas

no es esbelta

Al obtener un ángulo de 45° se toma la cuantía directamente sin hacer el proceso de interpolación.

$$x = \frac{Mu}{f'c * bc^{\frac{3}{2}} * hc^{\frac{3}{2}}}$$

$$x = 0,090$$

$$y = \frac{Pu}{f'c * bc * hc}$$

$$y = 0,030$$

De los diagramas de interacción de columnas

$$\rho_{t45} = 0,015$$

$$As = \rho * bc * hc$$

$$As = 24,00 \text{ cm}^2$$

12	Ø	16
----	---	----

 mm = 24,13 cm²

COLUMNA A2

f'c	280	Kg/cm ²
bc	40	cm
hc	40	cm
r	3	cm
Pu	7,38	T
Mux	12,78	T*m
Muy	12,78	T*m

Factor de dimensión de núcleo

$$g = (hc - 2r) / bc$$

$$g = 0,9$$

$$Mu = \sqrt{Mux^2 + Muy^2}$$

$$Mu = 18,07 \text{ T*m}$$

$$Tg(\alpha) = Mux / Muy$$

$$\alpha = 45,00^\circ$$

$$x = \frac{Mu}{f'c * bc^{\frac{3}{2}} * hc^{\frac{3}{2}}}$$

$$x = 0,101$$

$$y = \frac{Pu}{f'c * bc * hc}$$

$$y = 0,016$$

De los diagramas de interacción de columnas

$$\rho_{t45} = 0,018$$

$$As = \rho * bc * hc$$

$$As = 28,80 \text{ cm}^2$$

12	Ø	18
----	---	----

 mm = 30,54 cm²

COLUMNA B2

$f'c$	280	Kg/cm ²
bc	40	cm
hc	40	cm
r	3	cm
Pu	14,23	T
Mux	11,10	T*m
Muy	11,10	T*m

Factor de dimensión de núcleo

$$g = (hc - 2r) / bc$$

$$g = 0,9$$

$$Mu = \sqrt{Mux^2 + Muy^2}$$

$$Mu = 15,70 \quad T * m$$

$$Tg(\alpha) = Mux / Muy$$

$$\alpha = 45,00 \quad ^\circ$$

$$x = \frac{Mu}{f'c * bc^2 * hc^2}$$

$$x = 0,088$$

$$y = \frac{Pu}{f'c * bc * hc}$$

$$y = 0,032$$

De los diagramas de interacción de columnas

$$\rho t_{45} = 0,015$$

$$As = \rho * bc * hc$$

$$As = 24,00 \quad cm^2$$

12	∅	16
----	---	----

 mm = 24,13 cm²

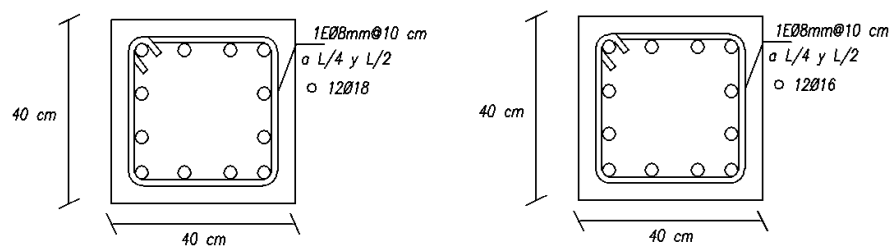


Figura 24: Armado obtenido de columnas, estribos con cortante.

Para el diseño a cortante se realiza el respectivo chequeo a continuación mostrado:

COLUMNA A1

$V = 13,42 \text{ T}$

$$Vu = \frac{V}{0,75 * bc * dc}$$

$Vu = 12,09 \text{ Kg/cm}^2$

$Vc = 0,53 * \sqrt{f'c}$

$Vc = 8,87 \text{ Kg/cm}^2$

$2,12 * \sqrt{f'c} = 35,47$

$Vu - Vc = 3,22 \text{ Kg/cm}^2$

$Vu - Vc < 2,12 * \sqrt{f'c} \text{ OK}$

ramales 2
 ϕ 8
 $Av = 1,01 \text{ cm}^2$

$$S = \frac{Av * Fy}{(Vu - Vc) * bc}$$

$S = 32,77 \text{ cm}$

COLUMNA B2

$V = 16,42 \text{ T}$

$$Vu = \frac{V}{0,75 * bc * dc}$$

$Vu = 14,79 \text{ Kg/cm}^2$

$Vc = 0,53 * \sqrt{f'c}$

$Vc = 8,87 \text{ Kg/cm}^2$

$2,12 * \sqrt{f'c} = 35,47$

$Vu - Vc = 5,92 \text{ Kg/cm}^2$

$Vu - Vc < 2,12 * \sqrt{f'c} \text{ OK}$

ramales 2
 ϕ 8
 $Av = 1,01 \text{ cm}^2$

$$S = \frac{Av * Fy}{(Vu - Vc) * bc}$$

$S = 17,82 \text{ cm}$

COLUMNA A2

$V = 18,17 \text{ T}$

$$Vu = \frac{V}{0,75 * bc * dc}$$

$Vu = 16,37 \text{ Kg/cm}^2$

$Vc = 0,53 * \sqrt{f'c}$

$Vc = 8,87 \text{ Kg/cm}^2$

$2,12 * \sqrt{f'c} = 35,47$

$Vu - Vc = 7,50 \text{ Kg/cm}^2$

$Vu - Vc < 2,12 * \sqrt{f'c} \text{ OK}$

ramales 2
 ϕ 8
 $Av = 1,01 \text{ cm}^2$

$$S = \frac{Av * Fy}{(Vu - Vc) * bc}$$

$S = 14,07 \text{ cm}$

ARMADURA TRANSVERSAL POR CONFINAMIENTO

Máximo Valor entre:

$$Ash1 = \frac{0,30 * s * h' * f'c}{Fy} * \left(\frac{Ag}{Ac} - 1 \right)$$

$$Ash2 = \frac{0,09 * s * h' * f'c}{Fy}$$

s = espaciamiento de estribos

h' = dimensión perpendicular al sentido de análisis medido centro a centro del estribo exterior

Ag = Área de la sección total de hormigón

Ac = Área del núcleo de la columna entre ejes de estribos

Ash = Área total de refuerzo transversal

$Ash1 = 2,61 \text{ cm}^2$

$Ash2 = 2,04 \text{ cm}^2$

Al tener una columna simétrica el análisis en los dos sentidos es el mismo y se arma como muestra la Figura 25.

4V+1E ϕ 10 mm @ 10 cm a L/2 y L/4

4	ϕ	10	mm =	3,14 cm ²
---	--------	----	------	----------------------

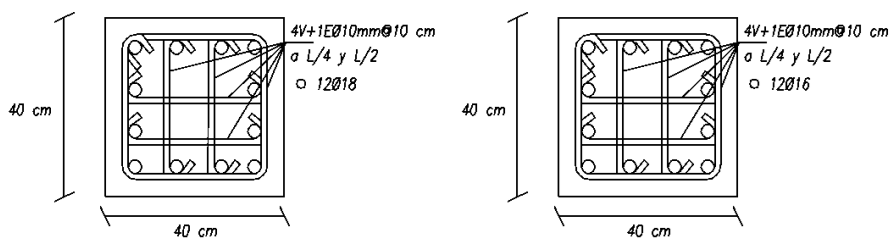


Figura 25: Armado obtenido de columnas, estribos confinamiento.

CAPITULO 4

ANALISIS DE CURVAS DE CAPACIDAD

En este capítulo se realizó el diseño y su respectivo pre diseño mediante la normativa ACI la cual se encuentra en el pasado capítulo. Además del uso computacional de CEINCI - LAB, programas que trabajan en la interfaz de Matlab.

4.1 Descripción de la Estructura

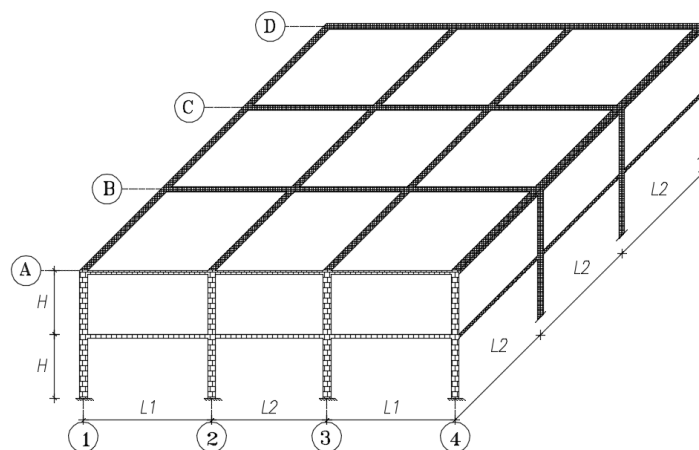


Figura 26: Descripción de la Estructura.

$F'c$	210 Kg/cm ²	CASO 1,2,3,5	$F'c$	280 Kg/cm ²	CASO 4 y 6
Fy	4200 Kg/cm ²				

4.2 CASO 1

Tabla 11

Información general.

L1	3 m
L2	3 m
H	2,5 m
Vigas	b = 20 cm
	h = 25 cm
Columnas	b = 25 cm
	h = 25 cm
Diseño	Menores a ACI 318-14

Para el primer caso se analizó una estructura de dos pisos con dimensiones menores a las propuestas por el código ACI. Siendo 25x25 y 20x25 cm. para columnas y vigas respectivamente usando las luces propuestas en un pórtico interior.

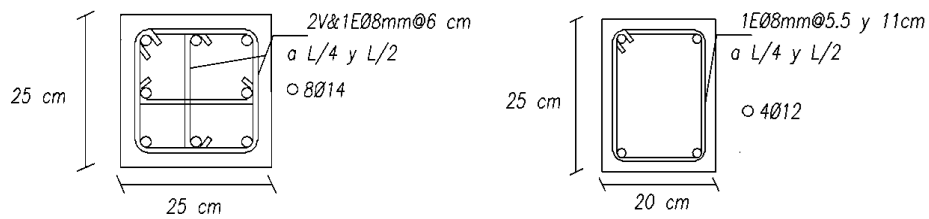


Figura 27: Dimensiones menores al mínimo propuesto por ACI.

Tabla 12

Chequeo de criterio columna fuerte – viga débil.

hc	25	cm	cm ⁴		
bc	25	cm	Inercia	I/L	
L	1,25	m	32552,08	1041,67	
hv	25	cm	cm ⁴		
bv	20	cm	Inercia	I/L	
L	3	m	26041,67	260,42	
					P
					P < 0.5
					0,2500
					Si cumple

Tabla 13

Punto de Demanda – Deriva máxima de piso.

DATOS ESPECTRO NEC 15	
Sd_dem=	Inf
Dt_dem=	Inf
Vo_dem=	4,455
Num Cycle=	2000
MaxDrift(percent)=	Inf

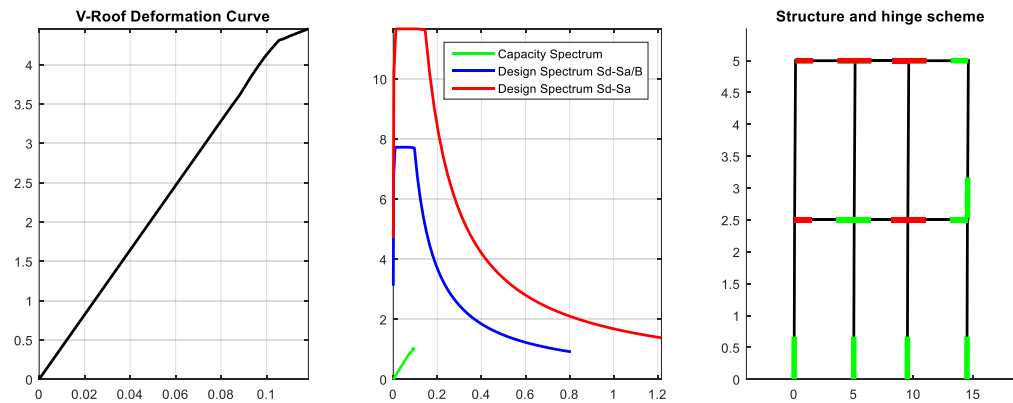


Figura 28: Curva de Capacidad para estructura con dimensiones menores al mínimo.

Conclusión: La estructura colapsa.

4.3 CASO 2

Tabla 14

Información general.

L1	5 m
L2	4,5 m
H	2,5 m
Vigas	b = 25 cm
	h = 30 cm
Columnas	b = 30 cm
	h = 30 cm
Diseño	ACI 318-14

Para el segundo caso se analizó una estructura de dos pisos con las dimensiones mínimas propuestas por el código ACI. Siendo 30x30 y 25x30 cm. para columnas y vigas respectivamente usando las luces propuestas en un pórtico interior.

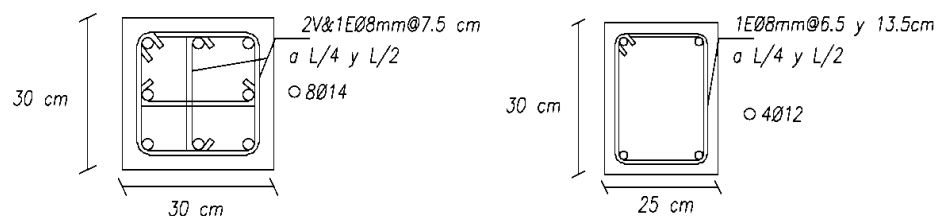


Figura 29: Dimensiones mínimas propuestas por ACI.

Tabla 15

Chequeo de criterio columna fuerte – viga débil.

hc	30	cm	cm4		<table border="1"> <tr> <td>P</td> <td>P < 0.5</td> </tr> <tr> <td>0,2604</td> <td>Si cumple</td> </tr> </table>	P	P < 0.5	0,2604	Si cumple
P	P < 0.5								
0,2604	Si cumple								
bc	30	cm	Inercia	I/L					
L	1,25	m	67500,00	2160,00					
hv	30	cm	cm4						
bv	25	cm	Inercia	I/L					
L	3	m	56250,00	562,50					

Tabla 16

Punto de Demanda – Deriva máxima de piso.

DATOS ESPECTRO NEC	
Sd_dem=	0,102
Dt_dem=	0,102
Vo_dem=	13,727
Num Cycle=	6051
MaxDrift(percent)=	2,523

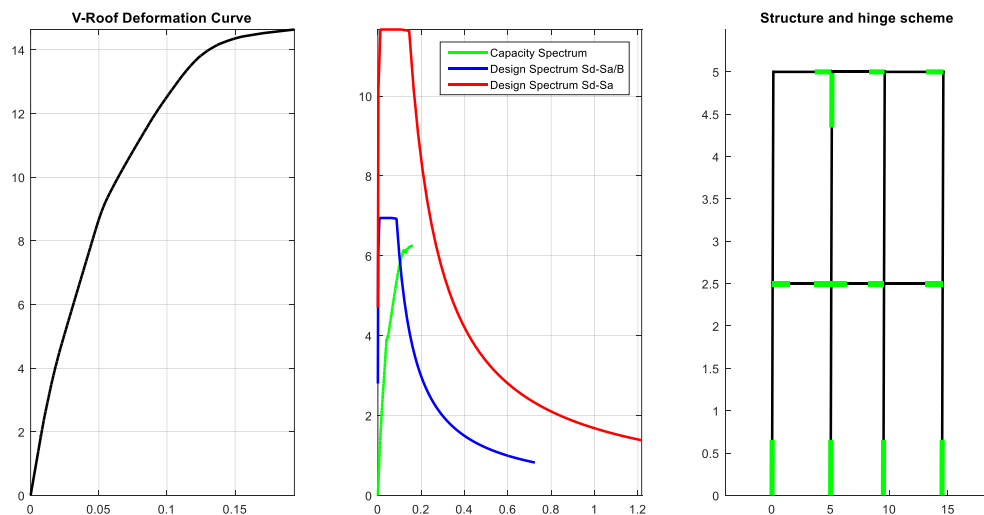


Figura 30: Curva de Capacidad para estructura con dimensiones mínimas establecidas en ACI.

En la tabla 16 y en la Figura 30 se observa que después del análisis se encuentra un punto de demanda, pero los desplazamientos máximos obtenidos son mayores al 2% permitido por la normativa.

Por esta razón se procede a bajar las luces originales hasta una luz que permita el uso de este diseño.

Conclusión: La estructura colapsa.

4.4 CASO 3

Tabla 17

Información general.

L1	3 m
L2	3 m
H	2,5 m
Vigas	b = 25 cm
	h = 30 cm
Columnas	b = 30 cm
	h = 30 cm
Diseño	ACI 318-14

Tabla 18

Punto de Demanda – Deriva máxima de piso.

DATOS ESPECTRO NEC 15	
Sd_dem=	0,073
Dt_dem=	0,087
Vo_dem=	13,963
Num Cycle=	5919
MaxDrift(percent)=	1,751

DATOS ESPECTRO FEMA 273	
Sd_dem=	0,103
Dt_dem=	0,124
Vo_dem=	15,192
Num Cycle=	6416
MaxDrift(percent)=	2,552

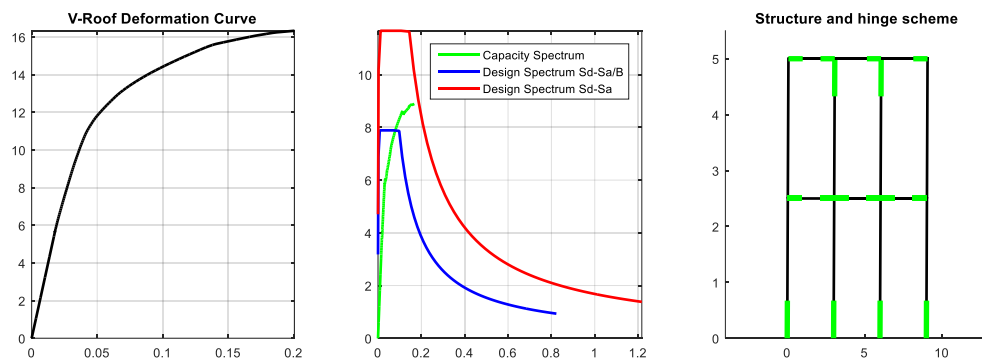


Figura 31: Curva de Capacidad para estructura con dimensiones mínimas establecidas en ACI con luz de 3 m, espectro NEC15.

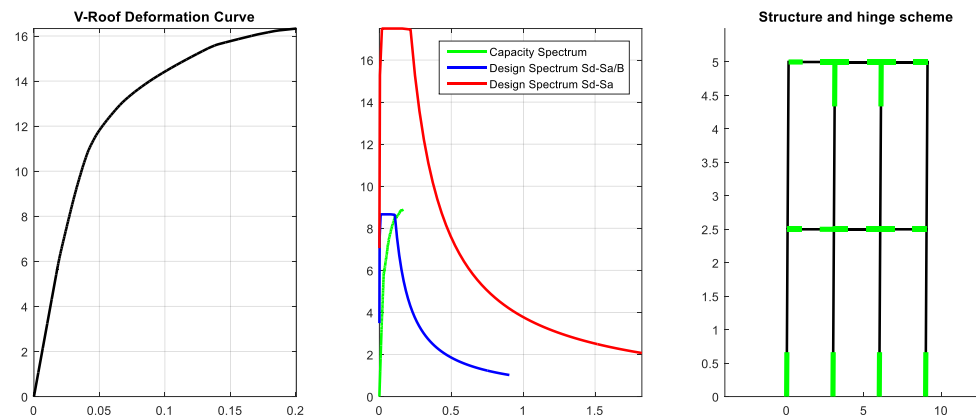


Figura 32: Curva de Capacidad para estructura con dimensiones mínimas establecidas en ACI con luz de 3 m, espectro FEMA 273.

Conclusión: La estructura no colapsa.

4.5 CASO 4

Tabla 19

Información general.

L1	5 m
L2	4,5 m
H	2,5 m
Vigas	Primer piso
	b = 30 cm
	h = 40 cm
	Segundo piso
	b = 30 cm
	h = 35 cm
Columnas	Pórticos Interiores
	b = 40 cm
	h = 40 cm
Diseño	ACI 318-14

Para el cuarto caso se analizó una estructura de dos pisos con dimensiones que cumplen con las luces propuestas y con las normativas del código ACI tanto para pórticos internos como externos. Con las dimensiones para columnas y vigas que se encuentran en la tabla 19.

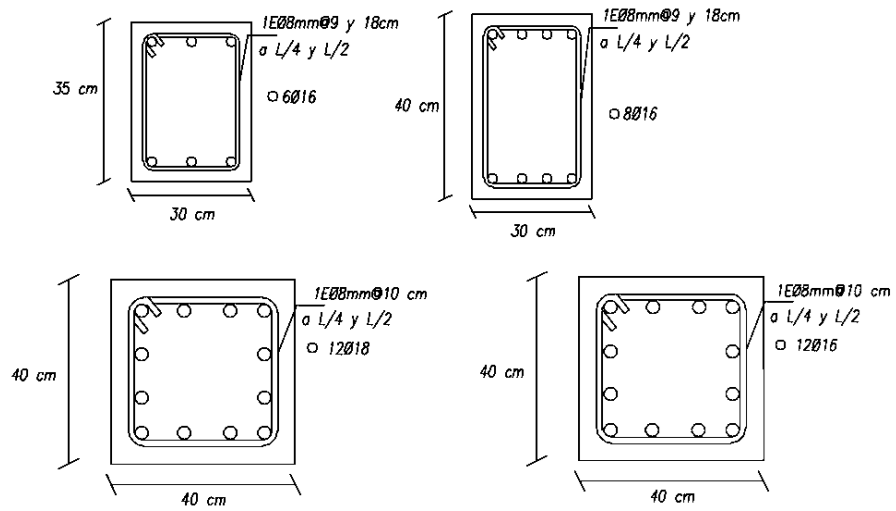


Figura 33: Dimensiones mínimas ACI para vigas y columnas necesarias para las luces propuestas.

Tabla 20

Chequeo de criterio columna fuerte – viga débil.

			PRIMER PISO			
hc	40	cm	cm4			
bc	40	cm	Inercia	I/L		
L	1,25	m	213333,33	3413,33		
hc	40	cm	cm4		P	P < 0.5
bv	30	cm	Inercia	I/L	0,1406	Si cumple
L	5	m	160000,00	960,00		
hc	40	cm	cm4			
bc	40	cm	Inercia	I/L		
L	1,25	m	213333,33	3413,33		
			SEGUNDO PISO			
hc	40	cm	cm4			
bc	40	cm	Inercia	I/L		
L	1,25	m	213333,33	6826,67		
hc	35	cm	cm4		P	P < 0.5
bv	30	cm	Inercia	I/L	0,0942	Si cumple
L	5	m	107187,50	643,13		

Tabla 21

Punto de Demanda – Deriva máxima de piso.

PORTICOS A Y D

DATOS ESPECTRO NEC 15		DATOS ESPECTRO FEMA 273	
Sd_dem=	0,028	Sd_dem=	0,040
Dt_dem=	0,034	Dt_dem=	0,048
Vo_dem=	35,036	Vo_dem=	44,533
Num Cycle=	3968	Num Cycle=	7311
MaxDrift(percent)=	0,769	MaxDrift(percent)=	1,177

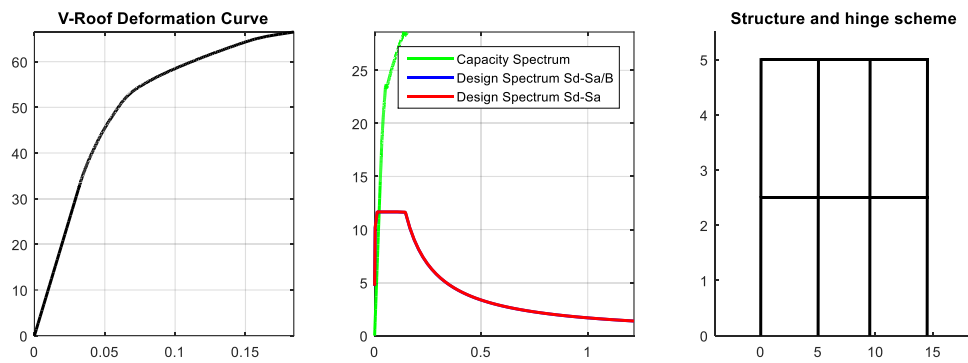


Figura 34: Curva de Capacidad pórtico A y D con dimensiones establecidas en ACI para las luces propuestas, espectro NEC15.

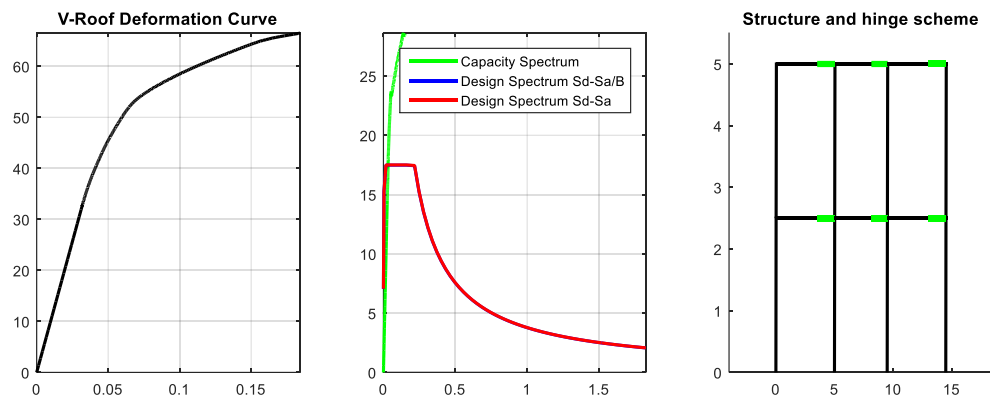


Figura 35: Curva de Capacidad pórtico A y D con dimensiones establecidas en ACI para las luces propuestas, espectro FEMA 273.

Tabla 22

Punto de Demanda – Deriva máxima de piso.

PORTICOS B Y C

DATOS ESPECTRO NEC 15		DATOS ESPECTRO FEMA 273	
Sd_dem=	0,059	Sd_dem=	0,075
Dt_dem=	0,070	Dt_dem=	0,091
Vo_dem=	52,209	Vo_dem=	56,677
Num Cycle=	7416	Num Cycle=	8174
MaxDrift(percent)=	1,480	MaxDrift(percent)=	1,831

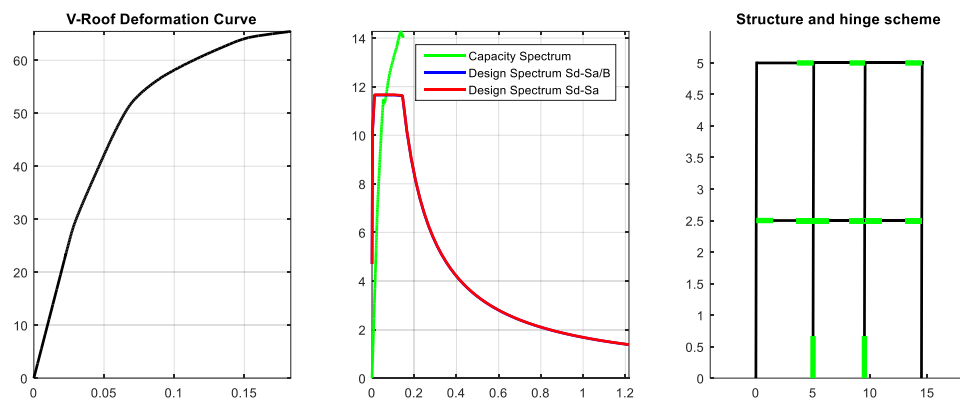


Figura 36: Curva de Capacidad pórtico B y C con dimensiones establecidas en ACI para las luces propuestas, espectro NEC15.

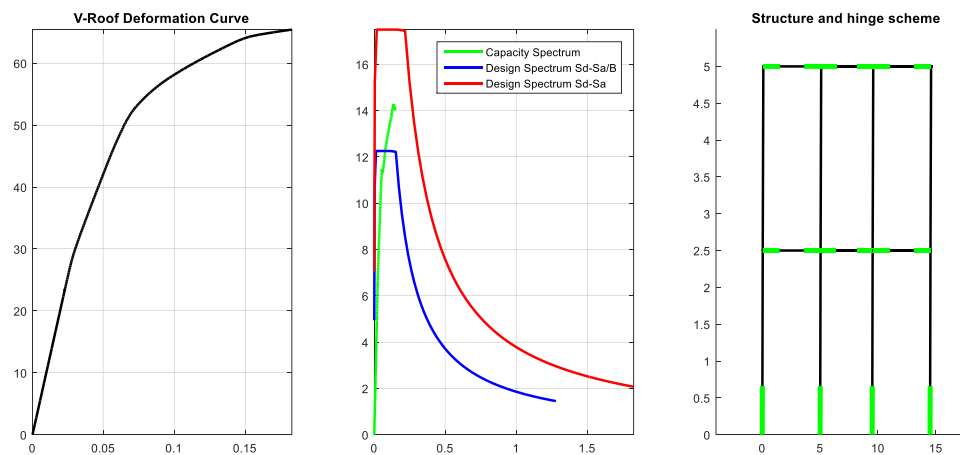


Figura 37: Curva de Capacidad pórtico B y C con dimensiones establecidas en ACI para las luces propuestas, espectro FEMA 273.

Tabla 23

Punto de Demanda – Deriva máxima de piso.

PORTICOS 1 Y 4

DATOS ESPECTRO NEC 15		DATOS ESPECTRO FEMA 273	
Sd_dem=	0,025	Sd_dem=	0,039
Dt_dem=	0,030	Dt_dem=	0,047
Vo_dem=	32,124	Vo_dem=	44,892
Num Cycle=	1223	Num Cycle=	7926
MaxDrift(percent)=	0,669	MaxDrift(percent)=	1,127

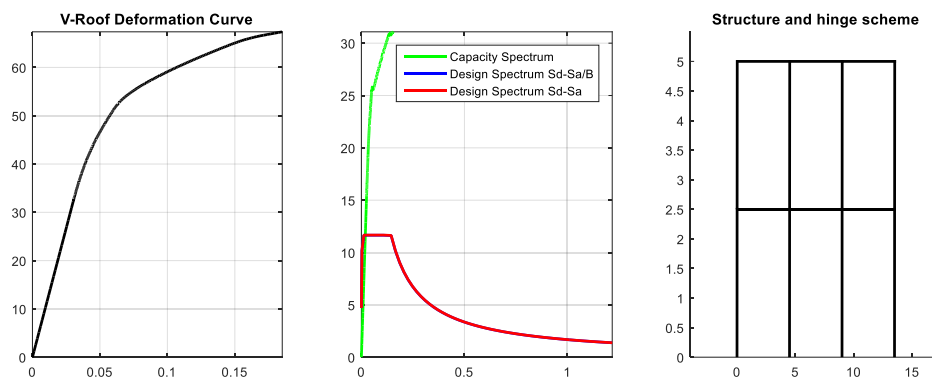


Figura 38: Curva de Capacidad pórtico 1 y 4 con dimensiones establecidas en ACI para las luces propuestas, espectro NEC15.

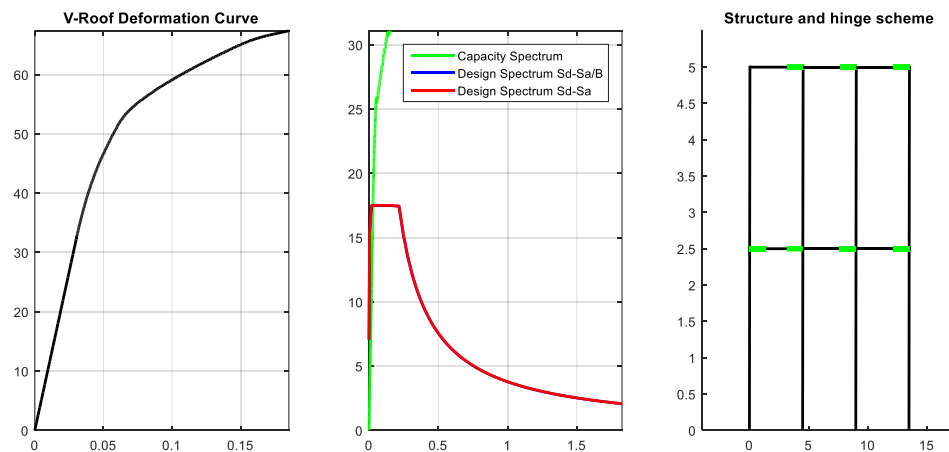


Figura 39: Curva de Capacidad pórtico 1 y 4 con dimensiones establecidas en ACI para las luces propuestas, espectro FEMA 273.

Tabla 24

Punto de Demanda – Deriva máxima de piso.

PORTICOS 2 Y 3

DATOS ESPECTRO NEC 15		DATOS ESPECTRO FEMA 273	
Sd_dem=	0,052	Sd_dem=	0,069
Dt_dem=	0,063	Dt_dem=	0,083
Vo_dem=	50,643	Vo_dem=	56,241
Num Cycle=	7203	Num Cycle=	8231
MaxDrift(percent)=	1,539	MaxDrift(percent)=	1,695

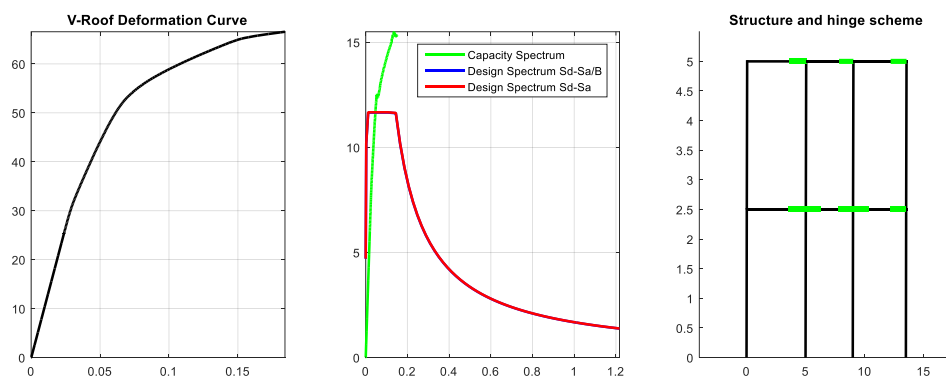


Figura 40: Curva de Capacidad pórtico 2 y 3 con dimensiones establecidas en ACI para las luces propuestas, espectro NEC15.

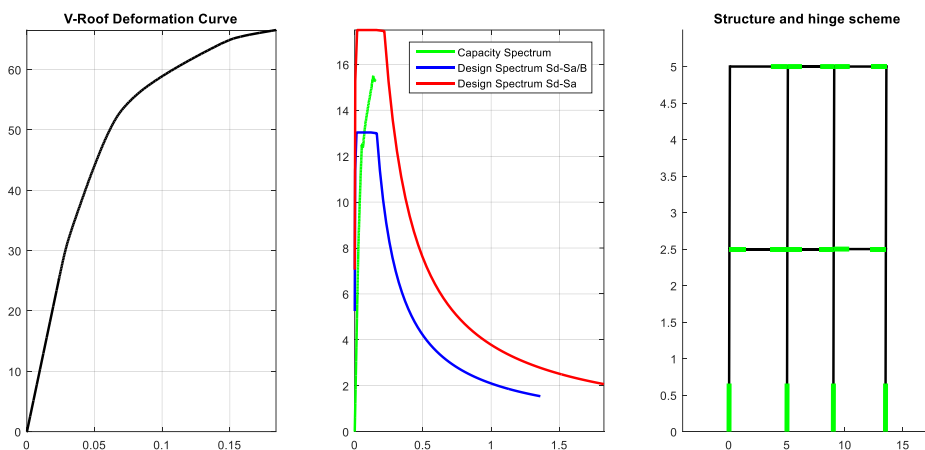


Figura 41: Curva de Capacidad pórtico 2 y 3 con dimensiones establecidas en ACI para las luces propuestas, espectro FEMA 273.

Conclusión: La estructura no colapsa.

4.6 CASO 5

Tabla 25

Información general.

L1	3 m
L2	3 m
H	2,5 m
Vigas	b = 25 cm
	h = 30 cm
Columnas	b = 30 cm
	h = 30 cm
Diseño	Menor número de
	estribos que ACI 318-14

Para el quinto caso partiendo del caso tres, se analizó el diseño con las dimensiones mínimas propuestas por el código ACI y la luz de 3 m obtenida en el mismo, pero colocando menos estribos en vigas con el objetivo de observar si puede flexibilizar el mismo.

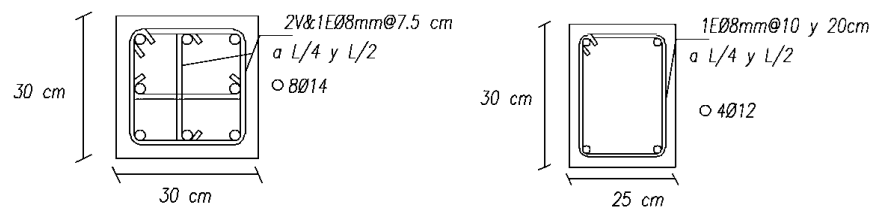


Figura 42: Dimensiones propuestas por ACI con menor número de estribos.

Tabla 26

Chequeo de criterio columna fuerte – viga débil.

hc	30	cm	cm ⁴		
bc	30	cm	Inercia	I/L	
L	1,25	m	67500,00	2160,00	
hc	30	cm	cm ⁴		
bv	25	cm	Inercia	I/L	
L	3	m	56250,00	562,50	
	P		P < 0.5		
	0,2604		Si cumple		

Tabla 27

Punto de Demanda – Deriva máxima de piso.

DATOS ESPECTRO NEC 15	
Sd_dem=	0,077
Dt_dem=	0,093
Vo_dem=	14,165
Num Cycle=	6002
MaxDrift(percent)=	1,871

DATOS ESPECTRO FEMA 273	
Sd_dem=	0,107
Dt_dem=	0,128
Vo_dem=	15,313
Num Cycle=	6464
MaxDrift(percent)=	2,639

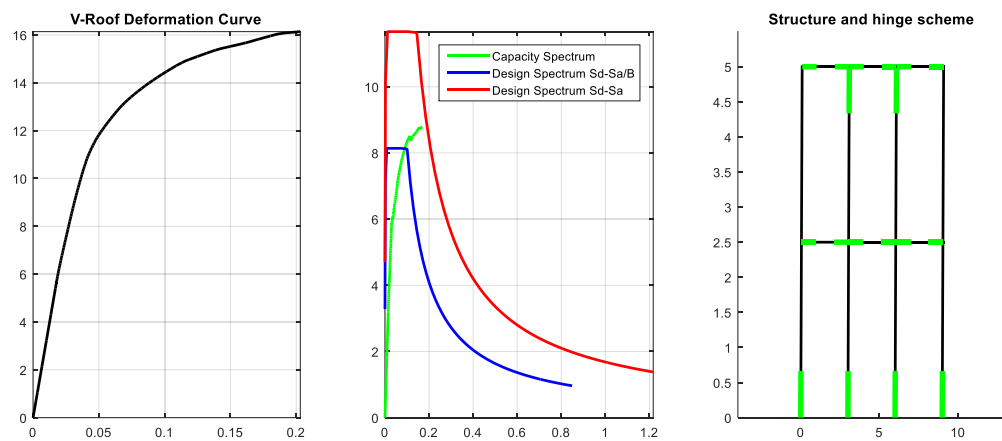


Figura 43: Curva de Capacidad para estructura con dimensiones mínimas establecidas en ACI con luz de 3 m y menor número de estribos en vigas, espectro NEC15.

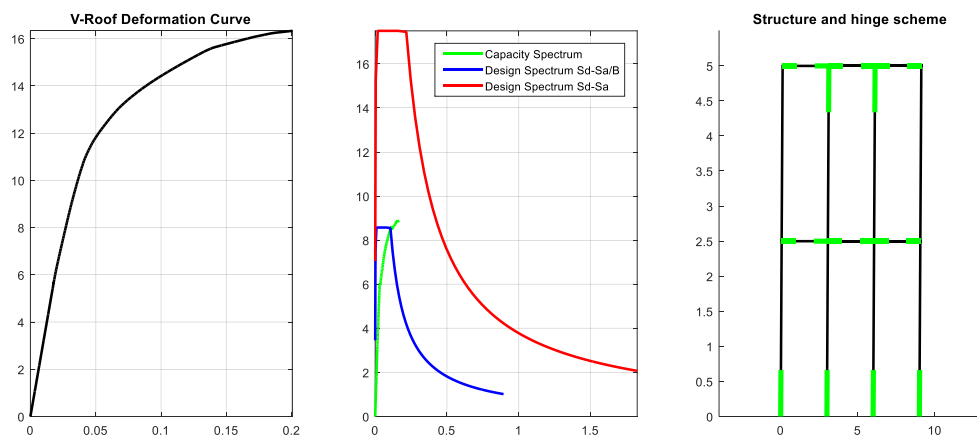


Figura 44: Curva de Capacidad para estructura con dimensiones mínimas establecidas en ACI con luz de 3 m y menor número de estribos en vigas, espectro FEMA 273.

Conclusión: La estructura no colapsa.

4.7 CASO 6

Tabla 28

Información general.

L1	5 m
L2	4,5 m
H	2,5 m
Vigas	Primer piso
	b = 30 cm
	h = 40 cm
	Segundo piso
	h = 35 cm
Columnas	Pórticos Internos
	b = 40 cm
	h = 40 cm
Diseño	Menor número de estribos que ACI 318-14

Para el sexto caso partiendo de los resultados obtenidos en el caso quinto se analizó una estructura de dos pisos con dimensiones que cumplen con las luces propuestas y con las normativas ACI tanto para pórticos internos como externos, pero reduciendo el número de estribos en elementos.

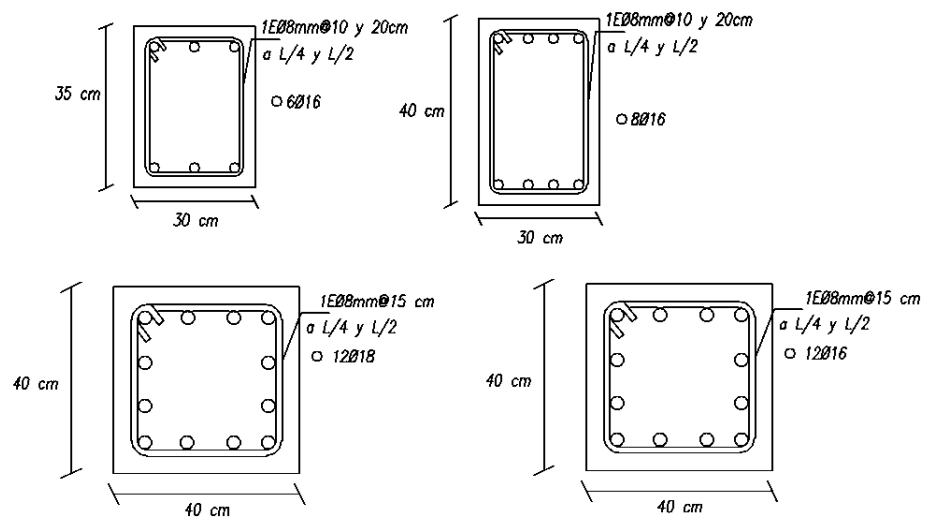


Figura 45: Dimensiones mínimas ACI para vigas y columnas necesarias para las luces propuestas con menor número de estribos.

Tabla 29

Punto de Demanda – Deriva máxima de piso.

PORTICOS A Y D

DATOS ESPECTRO NEC 15		DATOS ESPECTRO FEMA 273	
Sd_dem=	0,033	Sd_dem=	0,047
Dt_dem=	0,040	Dt_dem=	0,057
Vo_dem=	39,080	Vo_dem=	48,709
Num Cycle=	5393	Num Cycle=	8777
MaxDrift(percent)=	0,940	MaxDrift(percent)=	1,386

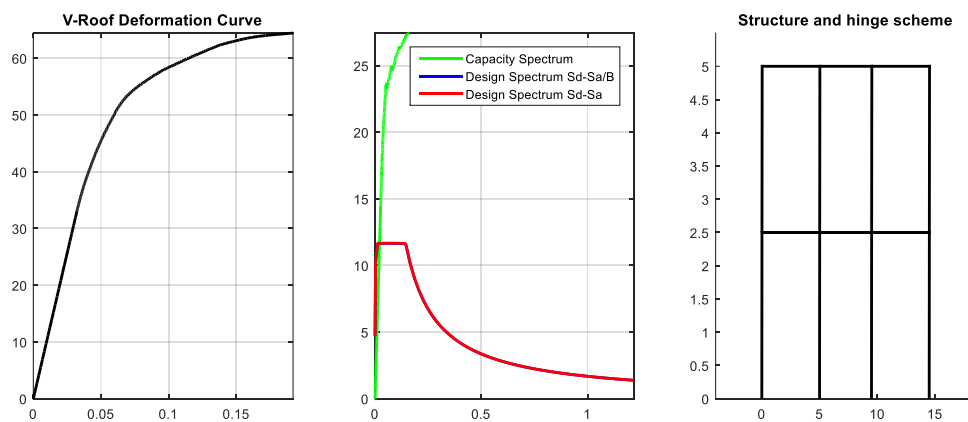


Figura 46: Curva de Capacidad pórtico A y D con ACI y menor número de estribos para las luces propuestas, espectro NEC15.

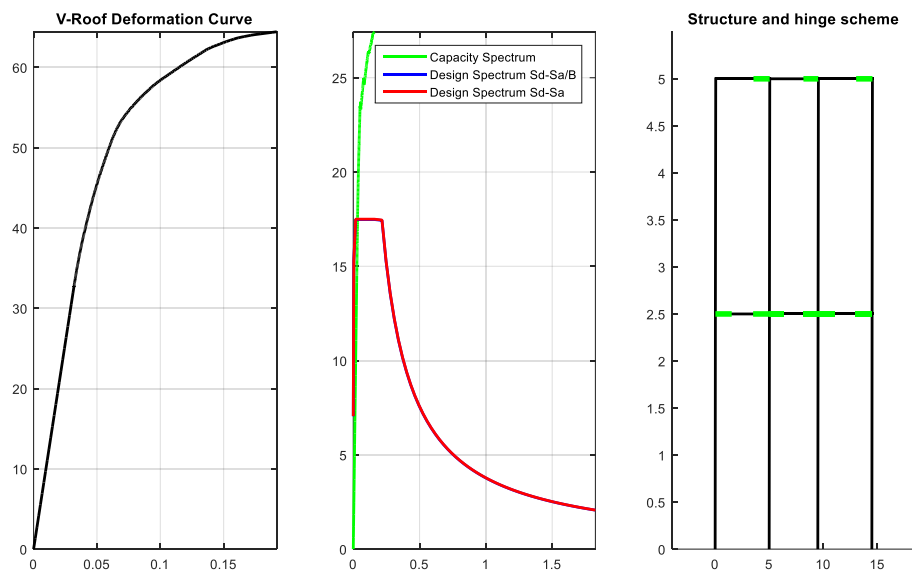


Figura 47: Curva de Capacidad pórtico A y D con ACI y menor número de estribos para las luces propuestas, espectro FEMA 273

Tabla 30

Punto de Demanda – Deriva máxima de piso.

PORTICOS B Y C

DATOS ESPECTRO NEC 15		DATOS ESPECTRO FEMA 273	
Sd_dem=	0,068	Sd_dem=	0,081
Dt_dem=	0,082	Dt_dem=	0,097
Vo_dem=	55,061	Vo_dem=	57,676
Num Cycle=	7902	Num Cycle=	8340
MaxDrift(percent)=	1,641	MaxDrift(percent)=	1,968

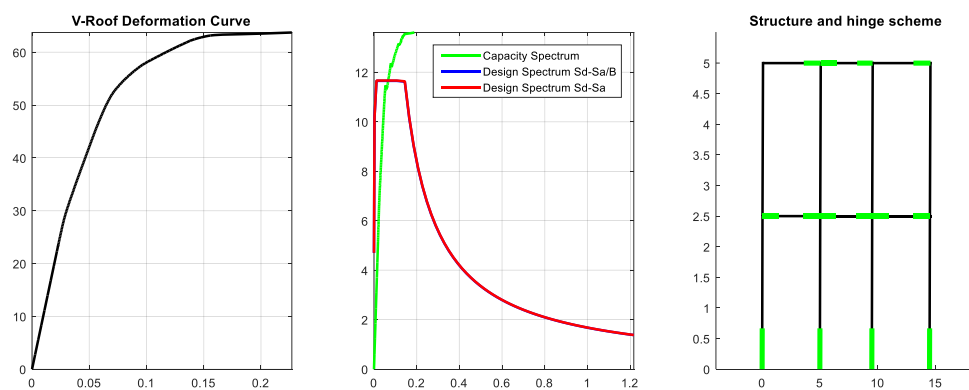


Figura 48: Curva de Capacidad pórtico B y C con ACI y menor número de estribos para las luces propuestas, espectro NEC15.

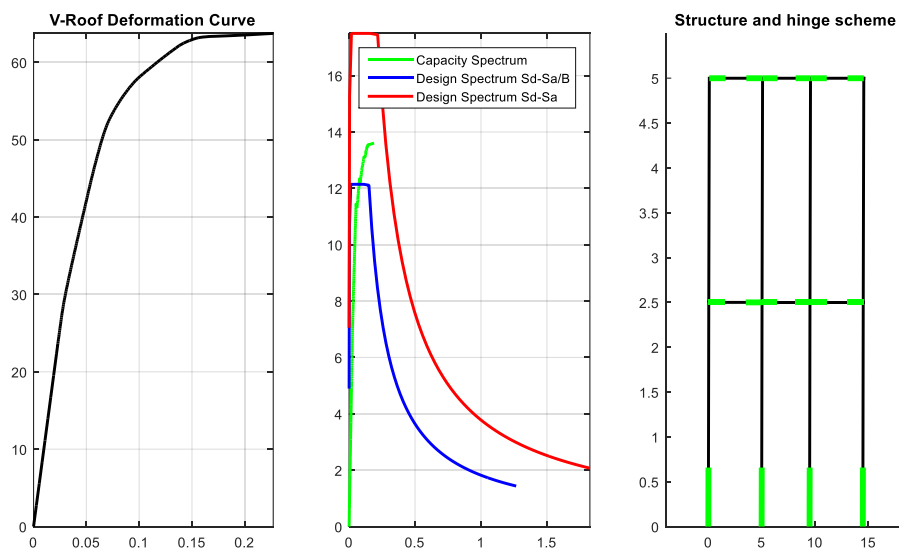


Figura 49: Curva de Capacidad pórtico A y D con ACI y menor número de estribos para las luces propuestas, espectro FEMA 273.

Tabla 31

Punto de Demanda – Deriva máxima de piso.

PORTICOS 1 Y 4

DATOS ESPECTRO NEC 15		DATOS ESPECTRO FEMA 273	
Sd_dem=	0,029	Sd_dem=	0,047
Dt_dem=	0,035	Dt_dem=	0,057
Vo_dem=	36,643	Vo_dem=	49,911
Num Cycle=	4800	Num Cycle=	9823
MaxDrift(percent)=	0,773	MaxDrift(percent)=	1,401

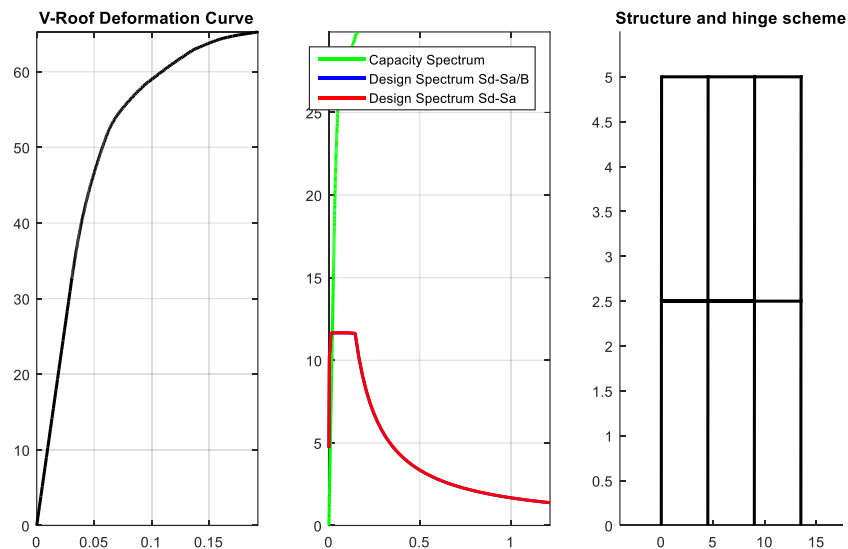


Figura 50: Curva de Capacidad pórtico 1 y 4 con ACI y menor número de estribos para las luces propuestas, espectro NEC15.

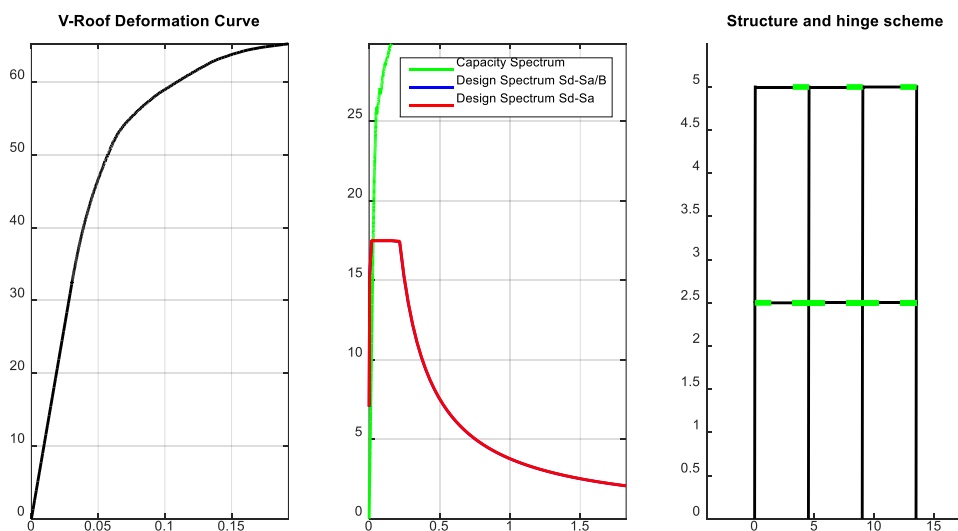


Figura 51: Curva de Capacidad pórtico 1 y 4 con ACI y menor número de estribos para las luces propuestas, espectro FEMA 273.

Tabla 32

Punto de Demanda – Deriva máxima de piso.

PORTICOS 2 Y 3

DATOS ESPECTRO NEC 15		DATOS ESPECTRO FEMA 273	
Sd_dem=	0,065	Sd_dem=	0,078
Dt_dem=	0,078	Dt_dem=	0,094
Vo_dem=	55,162	Vo_dem=	58,023
Num Cycle=	8035	Num Cycle=	8551
MaxDrift(percent)=	1,578	MaxDrift(percent)=	1,942

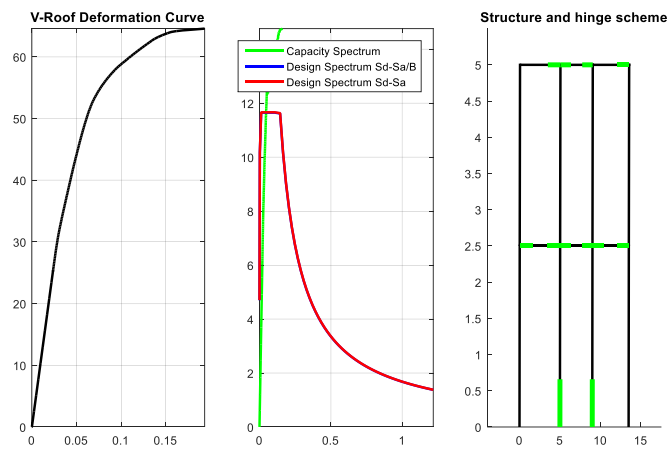


Figura 52: Curva de Capacidad pórtico 2 y 3 con ACI y menor número de estribos para las luces propuestas, espectro NEC15.

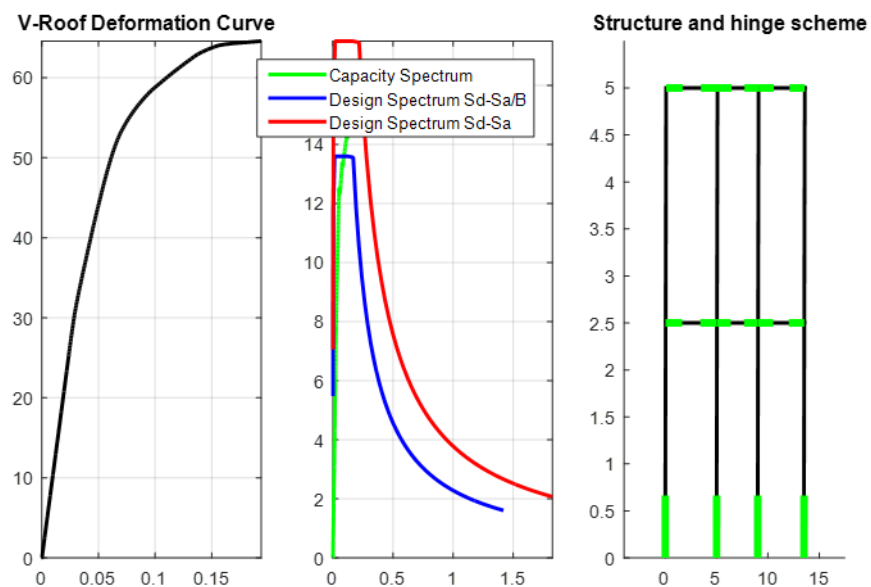


Figura 53: Curva de Capacidad pórtico 2 y 3 con ACI y menor número de estribos para las luces propuestas, espectro FEMA 273.

Conclusión: La estructura no colapsa.

CAPITULO 5

ANALISIS MODAL ESPECTRAL DE LA ESTRUCTURA

En este capítulo se realizó el análisis modal espectral de la estructura mostrada en la Figura 54 mediante la normativa ACI 318-14 y NEC15. Además del uso computacional de CEINCI - LAB, conjunto de programas que trabajan en la interfaz de Matlab.

5.1 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

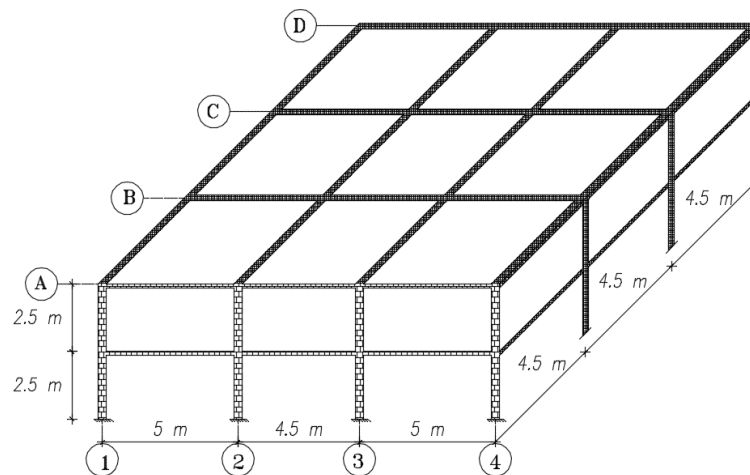


Figura 54: Descripción de la Estructura.

Se enumeran los grados de libertad por piso, comenzando por las coordenadas en sentido horizontal como se muestra en la Figura a continuación mostrada.

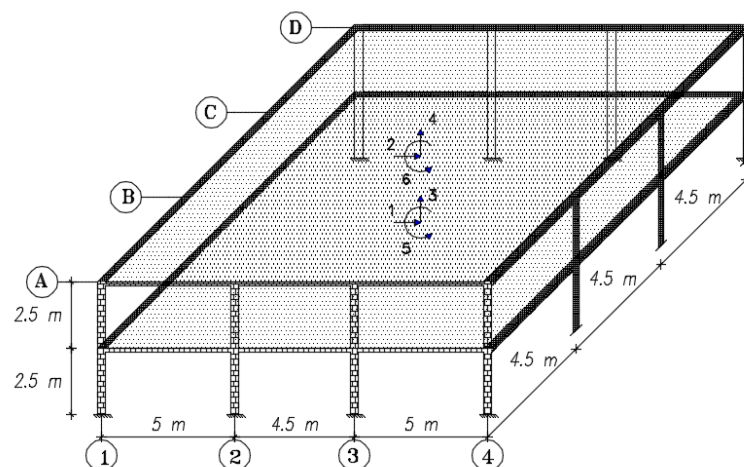


Figura 55: Sistema $\bar{Q} - \bar{q}$. Por piso.

Tabla 33

Información general.

Vigas	Primer piso
	b = 30 cm
	h = 40 cm
	Segundo piso
	b = 30 cm
h = 35 cm	
Columnas	Pórticos Interiores
	b = 40 cm
	h = 40 cm
F'c	280 Kg/cm ²
Fy	4200 Kg/cm ²
E	15100 √f'c = 252671
Espectro	NEC 15
Tipo de Suelo	D
Zona Sísmica	0,4 g
Región	Sierra
n =	2,48
Fa =	1,2
Fs =	1,28
Fd =	1,19

Con los coeficientes respectivos encontramos el espectro elástico y reducido mostrado en la Figura 56 en base a la normativa NEC 15, con los cuales se va a evaluar a la estructura.

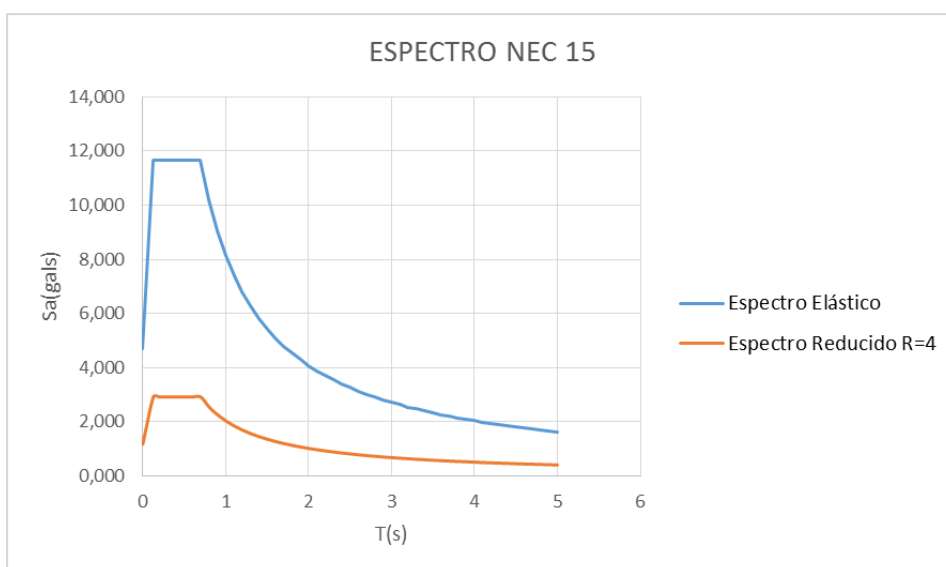


Figura 56: Espectro NEC 15.

5.2 PRE DISEÑO

$$h_{lmin} = \frac{L_n(800 + 0,071 * fy)}{36000 + 5000 * \beta * [\alpha_m - 0,2]} \quad (4)$$

La fórmula que se indicó nos proporcionará la altura mínima para una losa maciza por lo que es necesario definir una altura equivalente de una losa alivianada. En la tabla 34 se presentan valores equivalentes entre losas macizas y alivianadas para distintas alturas.

Tabla 34

Altura equivalente de losa.

Losa Maciza	Losa Alivianada
h (cm)	h (cm)
10.88	15.00
14.50	20.00
18.06	25.00
21.54	30.00
24.96	35.00

Para obtener la altura de las losas se usan las luces libres mayores para cada piso. Los resultados se presentan en la tabla 35.

Tabla 35

Altura obtenida equivalente de losa.

	Luz libre mayor (m)	h min losa maciza (cm)	h equiv losa alivianada (cm)
Sentido X	5	15,25	20
Sentido Y	4,5	10,00	15

5.3 CALCULO DE CARGAS DE DISEÑO

Se realiza la distribución del mosaico de cargas sobre las losas de la estructura como se aprecia en la siguiente Figura.

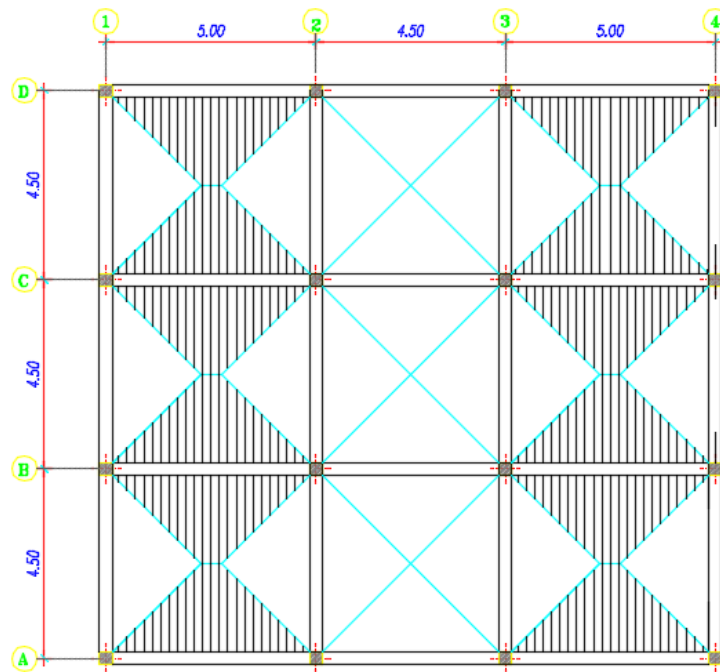


Figura 57: Mosaico de Cargas

Tomamos como altura mínima de losa los 20 cm

Peso propio losa:

Nervios: $3,60 \times 0,10 \times 0,20 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 172,8 \text{ Kg/m}^2$

Alivianamientos: $8 \times (0,40 \times 0,20 \times 0,20 \times 1000 \text{ Kg/m}^3) = 128 \text{ Kg/m}^2$

C.Compresión: $0,05 \times 1,00 \times 1,00 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 120 \text{ Kg/m}^2$

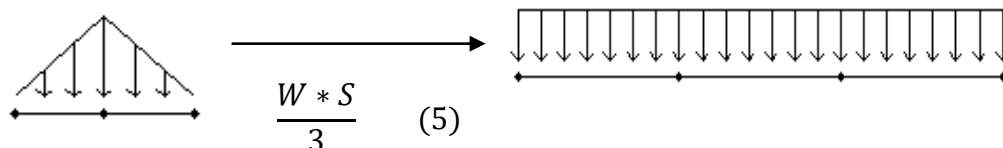
Paredes: = 40 Kg/m^2

Acabados: = $39,2 \text{ Kg/m}^2$

Carga Muerta (C.M.) = 500 Kg/m^2

Carga Viva (C.V.) = 200 Kg/m^2

Transformación de carga triangular a trapezoidal

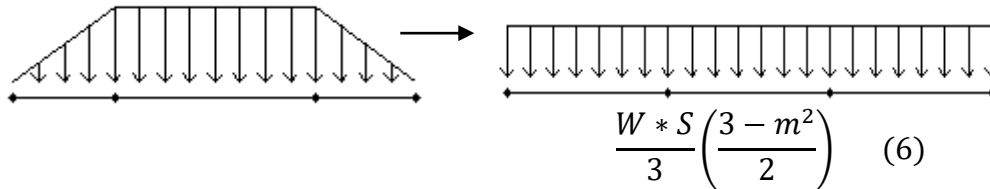


Donde:

W = La carga inicial (T/m^2)

S = Luz corta (m)

Transformación de carga trapezoidal a triangular



Donde:

W = La carga inicial (T/m²)

m = S/L

S = Luz corta (m)

L = Luz larga (m)

En las siguientes tablas veremos el resumen de cargas actuantes sobre la estructura:

Tabla 36

Carga Muerta y Viva para pórticos

PORTICO A y D		
Luz (m)	C.M. (T/m)	C.V. (T/m)
5,00	0,82	0,33
4,50	0,75	0,30
5,00	0,82	0,33
PORTICO B y C		
Luz (m)	C.M. (T/m)	C.V. (T/m)
5,00	1,64	0,66
4,50	1,50	0,60
5,00	1,64	0,66
PORTICO 1 y 4		
Luz (m)	C.M. (T/m)	C.V. (T/m)
4,50	0,75	0,30
4,50	0,75	0,30
4,50	0,75	0,30
PORTICO 2 y 3		
Luz (m)	C.M. (T/m)	C.V. (T/m)
4,50	1,50	0,60
4,50	1,50	0,60
4,50	1,50	0,60

CÁLCULO DEL CORTANTE BASAL

$$V = \frac{I \cdot S_a(T_a)}{R \cdot \phi_P \cdot \phi_E} * W \quad (7)$$

Donde:

V Cortante basal total de diseño

I Factor de importancia

S_a(T_a) Espectro de diseño en aceleración en función del período T_a en seg.

R Factor de reducción de resistencia sísmica.

ϕ_P Coeficiente de regularidad en planta igual a 1.

ϕ_E Coeficiente de regularidad en elevación igual a 1.

$$S_a = n * Z * F_a \quad (8)$$

- η= 1.80 : Provincias de la Costa (excepto Esmeraldas),
- η= 2.48 : Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos
- η= 2.60 : Provincias del Oriente

$$S_a = 2,48 * 0,4 * 1,2$$

$$1,19$$

$$W = 195,75$$

$$V = \frac{1 * 1,19 * 195,75}{4}$$

$$= 58,24 \quad (T)$$

$$F_x = \frac{V * W_x * h_x}{\sum (W_i * h_i)}$$

Tabla 37

Distribución de Cortante sobre la edificación

Piso	Altura de piso (m)	Nivel hi (m)	Area (m2)	Peso w _i (t/m2)	Peso W _i (t)	W _i x h _i (t-m)	F _x (t)
2	2,50	5,00	195,75	0,50	97,88	489,38	38,82
1	2,50	2,50	195,75	0,50	97,88	244,69	19,41
TOTAL					195,75	734,06	

5.4 MATRIZ DE RIGIDEZ LATERAL DE LOS PORTICOS

El análisis sísmico se lo realizó utilizando la teoría de Análisis Matricial de Estructuras. Para ello se numeraron los nudos y elementos de cada uno de los pórticos, como se muestra en las siguientes Figuras.

Para la numeración de los nudos, primero se numeran los restringidos y luego todos los demás en cualquier orden.

Para ilustrar el procedimiento de cálculo de la matriz de rigidez lateral de los pórticos, en las Figuras 58, 59, 60 y 61 se presenta la numeración de los grados de libertad y elementos de los pórticos. Nótese que primero se ha numerado las coordenadas principales (laterales) del 1 al 2; luego las coordenadas secundarias: desplazamiento vertical y giro.

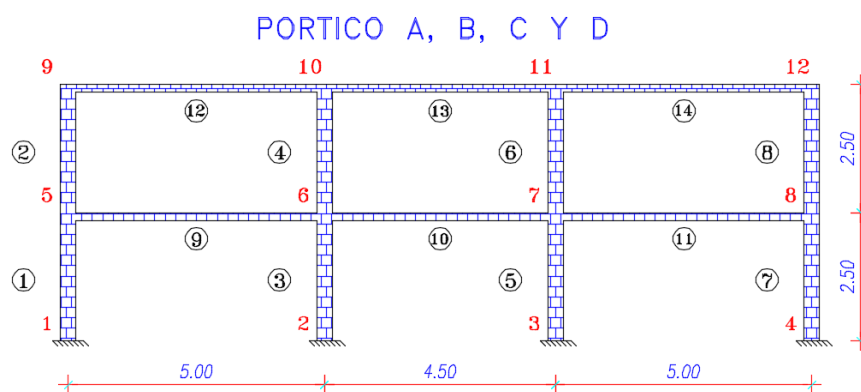


Figura 58: Numeración de nudos y elementos. Pórticos A, B, C y D

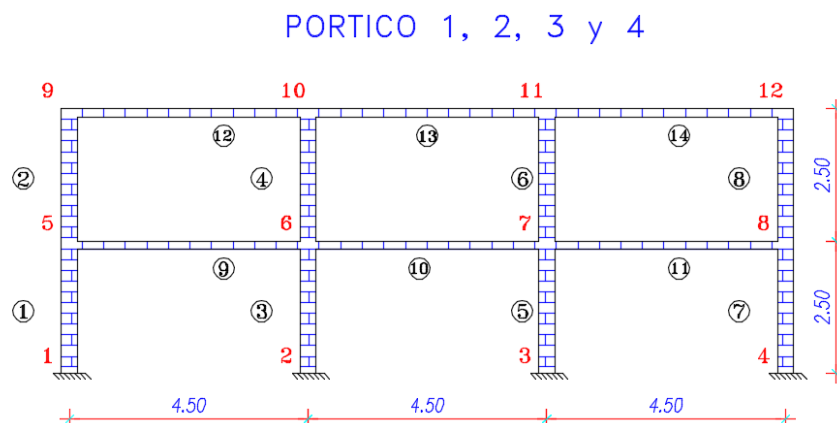


Figura 59: Numeración de nudos y elementos. Pórticos 1, 2, 3 y 4

PORTICO A, B, C Y D

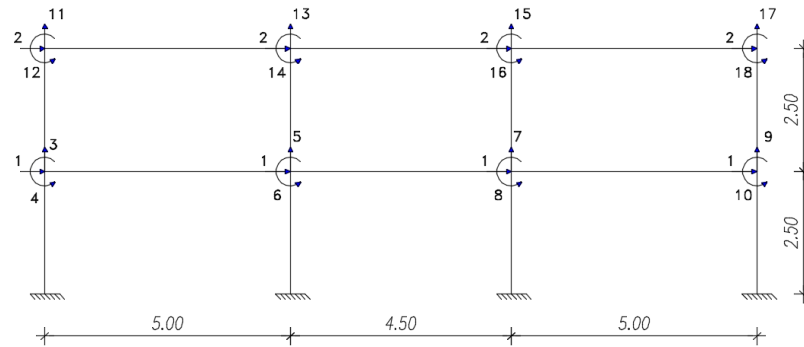


Figura 60: Sistema $\bar{Q} - \bar{q}$. Pórticos A, B, C y D

PORTICO 1, 2, 3 y 4

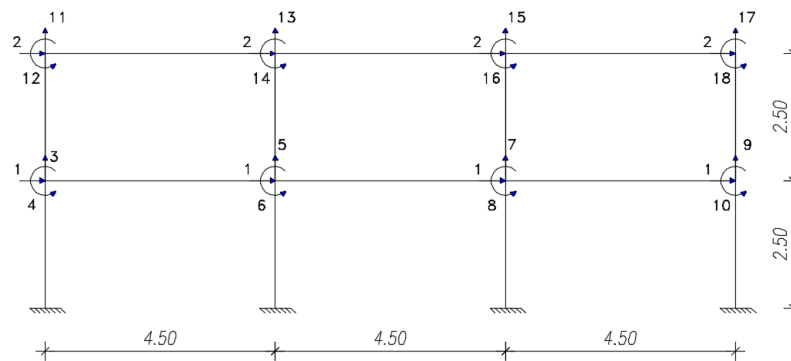


Figura 61: Sistema $\bar{Q} - \bar{q}$. Pórticos 1, 2, 3 y 4

Al analizar la estructura en sentido X obtenemos los siguientes resultados:

Tabla 38

Fuerzas Modales en Sentido X.

Ad					
2,9165	2,9165	2,9165	2,1082	2,0944	1,8949

qt	qtine	Derv %		Vt	Ft
0,0022	0,0086	0,3456	0,4508	55,7945	16,8570
0,0050	0,0199			38,9375	38,9375
0,0000				0,0000	0,0000
0,0000				0,0000	0,0000
0,0000				0,0000	0,0000
0,0000				0,0000	0,0000

Ft					
22,0009	40,0831	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Ap					
1,8266	3,5463	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

En la FIGURA 62 observamos los desplazamientos máximos por piso en el sentido X obtenidos en la estructura, los cuales son menores al 2% lo que representa que la estructura es segura.

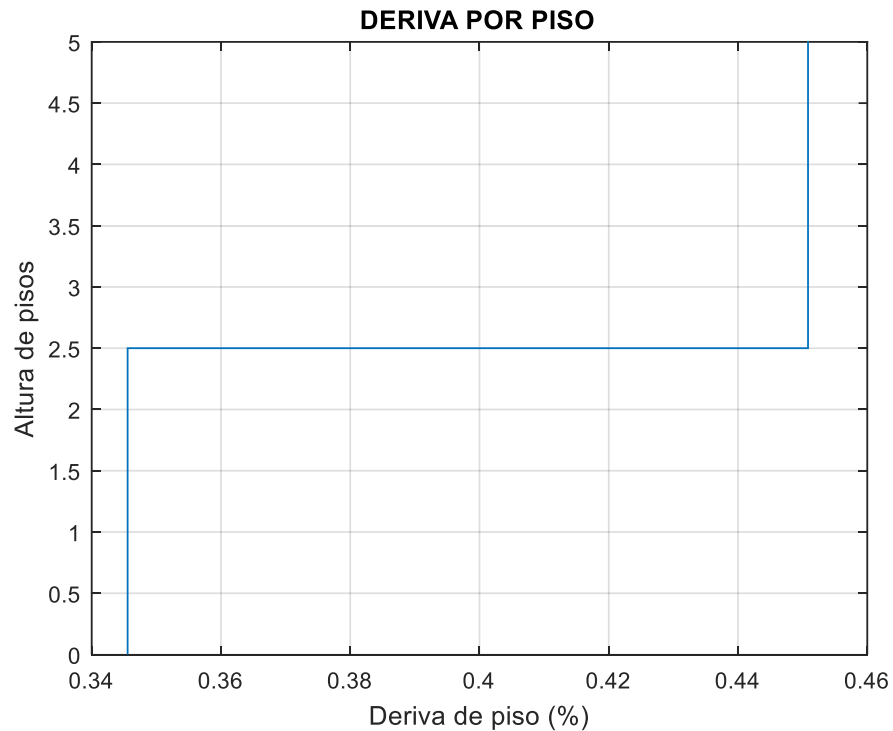


Figura 62: Derivas de piso en sentido X (%)

Tabla 39

Fuerzas Modales en Sentido Y.

Ad					
2,9165	2,9165	2,9165	2,1082	2,0944	1,8949

qt	qtine	Derv %		Vt	Ft
0,0020	0,0081	0,3243	0,4038	56,1728	17,2600
0,0046	0,0182			38,9128	38,9128
0,0000				0,0000	0,0000
0,0000				0,0000	0,0000
0,0000				0,0000	0,0000
0,0000				0,0000	0,0000

Ft					
22,1328	40,0497	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Ap					
1,8411	3,5442	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

En la FIGURA 63 observamos los desplazamientos máximos por piso en el sentido Y obtenidos en la estructura, al no ser simétrica la estructura los resultados varían pero siguen siendo menores al 2%.

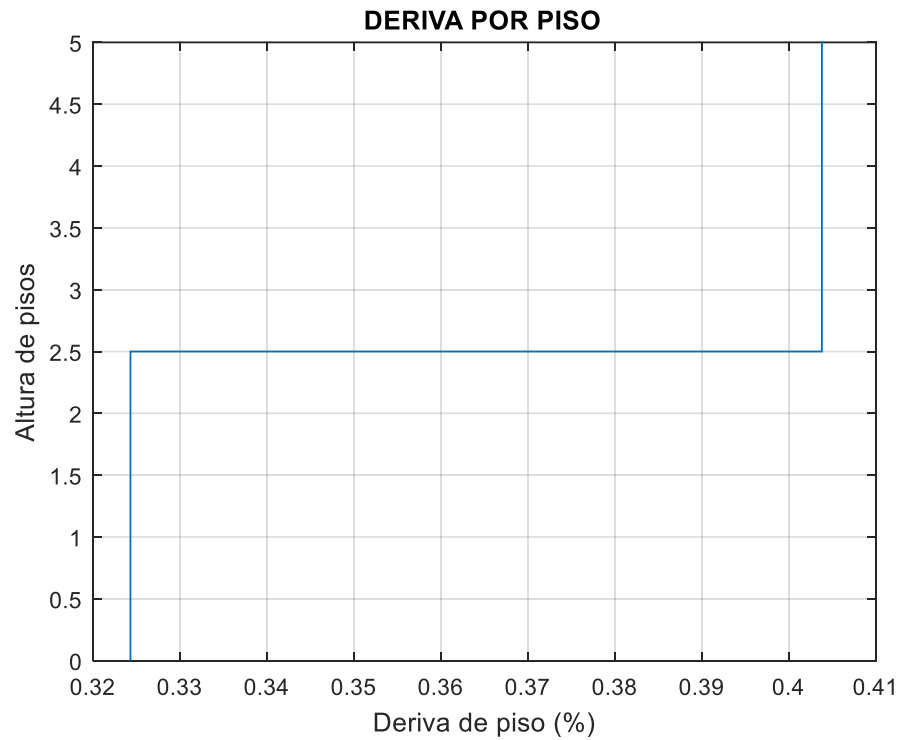


Figura 63: Derivas de piso en sentido Y (%)

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Con los resultados obtenidos del caso 1 se concluye que al utilizar dimensiones menores a las mínimas dadas en la normativa no existe un punto de demanda lo que significa que la estructura colapsa.
- Con los resultados obtenidos del caso 2 se concluye que al utilizar las dimensiones mínimas dadas en la normativa existe un punto de demanda pero la deriva máxima es mayor al 2% por lo que la estructura no colapsa pero no es segura.
- Debido a esto se analizó el mismo diseño con luces menores hasta ver con cual cumplía y se obtuvo que para optar por el uso de este diseño es necesario tener luces de 3 m. o menores.
- En el caso 4 se obtuvo un diseño para las luces impuestas acorde a las especificaciones del código ACI, el cual cumplió con todo las solicitudes de cargas.
- Al observar los resultados del caso 5 se pudo comprobar que existe la posibilidad de reducir el número de estribos en vigas que el código ACI nos impone y obtener un diseño que cumpla con todas las solicitudes de cargas.
- Con el caso 6 queda comprobado que existe la posibilidad de reducir el número de estribos no solo en vigas sino también en columnas sin que esto represente un riesgo a la seguridad. Y teniendo un menor número de estribos esto representa también un ahorro en la parte económica.

Tabla 40

Deriva máxima de piso obtenidas por pórticos (%).

	ACI		DISEÑO PROPIO	
	NEC	FEMA	NEC	FEMA
PORTICO A Y D	0,769	1,177	0,94	1,386
PORTICO B Y C	1,480	1,831	1,641	1,968
PORTICO 1 Y 4	0,669	1,127	0,773	1,401
PORTICO 2 Y 3	1,539	1,695	1,578	1,942

Tabla 41

Cantidades de Acero en estribos para vigas por pórticos obtenidas.

	\varnothing 8 mm	
	<i>Número de Estribos</i>	
	ACI	DISEÑO PROPIO
PORTICO A Y D	244	222
PORTICO B Y C	244	222
PORTICO 1 Y 4	228	210
PORTICO 2 Y 3	228	210
TOTAL	944	864
% acero reducido	8	

Tabla 42

Cantidades de Acero en estribos para columnas por pórticos obtenidas.

	\varnothing 8 mm	
	<i>Número de Estribos</i>	
	ACI	DISEÑO PROPIO
COL 40X40	200	136
% acero reducido	32	

- Al realizar el análisis modal espectral comprobamos que la estructura además de resistir las solicitaciones de carga existentes en el FEMA, también resiste las cargas del código NEC15 por lo que este sería el diseño óptimo.
- Se recomienda el estudio más detallado de este tema, con la realización de ensayos en el laboratorio, de esta manera se podría comprobar si el sistema es adecuado para el medio constructivo en el que nos encontramos.
- Se recomienda una vez realizado los ensayos y comprobados los resultados, aplicar este método en estructuras de mayor número de pisos y luces para observar su comportamiento y saber si es factible usarlo.

BIBLIOGRAFÍA

- ACI-318, C. (2014). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318-14)*. American Concrete Institute.
- Acosta, J. C. (2011). *Memoria de cálculo de una casa habitación de dos pisos en la ciudad de Xalapa, Veracruz (Tesis de Grado)*. Xalapa Enriquez: Universidad Veracruzana.
- Aguiar, R. (2003). *Análisis sísmico por desempeño*. Sangolquí: Centro de Investigaciones Escuela Politécnica del Ejército.
- Aguiar, R. (2012). *Dinámica de Estructuras con CEINCI-LAB*. Ecuador: Instituto Panamericano de Geografía e Historia, IPGH.
- Aguiar, R. (2014). *Análisis Matricial de Estructuras con CEINCI-LAB*. Sangolquí: Instituto Panamericano de Geografía e Historia, IPGH.
- Aguiar, R. (2015). *Espectros de control para la ciudad de Quito-Ecuador*. Quito: A.H. Barbat.
- Cabezas, J. A. (2014). *Flexibilización de requisitos sísmicos de diseño para edificios de pórticos de 2 pisos o menos (Tesis de Maestría)*. Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- COUNCIL, B. S. (1997). *NEHRP GUIDELINES FOR THE SEISMIC REHABILITATION OF BUILDINGS*. Washington, D.C.: Building Seismic Safety Council .
- ENGINEERS, A. S. (2014). *ASCE 41-13 Seismic Evaluation and Retrofit Rehabilitation of Existing Buildings*. Reston, Virginia: AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS.
- Galliani, C. A. (2012). *Evaluación estructural de una de las edificaciones del hospital Edgardo Rebagliati Martins usando el método del espectro de capacidad espectral (Tesis de Grado)*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- González, J. (2012, Noviembre 12). *Scribd*. Retrieved from <https://es.scribd.com/doc/118113141/Criterio-Columna-fuerte-Viga-Debil>
- Google. (2016). *Google Maps*. Retrieved from Google Maps: <https://www.google.com.ec/maps>
- Martínez, E. D. (2015). *Comportamiento de estructuras de acero con y sin aisladores de energía tipo TADAS, ubicadas en la ciudad de Quito, por el método de espectro capacidad (Tesis de Maestría)*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- NEC. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Quito: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- Ordoñez, J. G. (2009). *Análisis y diseño estructural de una vivienda de dos plantas (Tesis de Grado)*. Managua: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Romo, M. P. (2008). *Temas de Hormigón Armado*. Sangolquí: Escuela Politécnica del Ejército.