



Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil

Carrera de Ingeniería Civil

“ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL BLOQUE DE AMBIENTAL DEL CAMPUS MIGUEL DE CERVANTES DE LA UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK”

Autor: Diego Armando Bolaños Cedeño

Tutor: Ing. Luis Alberto Soria Núñez, Msc.

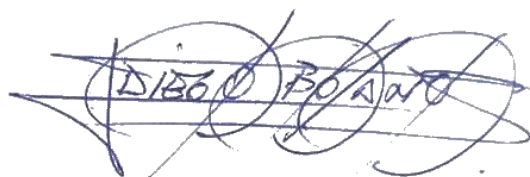
Quito, septiembre 2021.



DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, Diego Armando Bolaños Cedeño, con cédula de ciudadanía número 1310232341, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'DIEGO BOLAÑOS', is written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat obscured by overlapping loops and strokes.

Diego Armando Bolaños Cedeño

C.C. 131023234-1

DECLARATORIA

El presente Trabajo de Titulación titulado:

**“ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL BLOQUE DE AMBIENTAL DEL CAMPUS MIGUEL DE CERVANTES
DE LA UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK”**

Realizado por:

DIEGO ARMANDO BOLAÑOS CEDEÑO

Como requisito para la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

Ha sido dirigido por el profesor

Ing. Luis Alberto Soria Núñez, Msc

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor.

Ing. Luis Alberto Soria Núñez, Msc

TUTOR

DECLARATORIA DE PROFESORES INFORMANTES

Los profesores informantes:

Ing. Hugo Marcelo Otáñez Gómez, Mag.

Ing. Diego Xavier Jara Almeida, Msc. MBA

Después de revisar el trabajo presentado,

Lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal examinador

Ing. Hugo Marcelo Otáñez Gómez, Mag.

Ing. Diego Xavier Jara Almeida, Msc. MBA

DEDICATORIA

La presente tesis la dedico con mucho cariño:

A mis padres, mi esposa y a mis hijos los cuales son mi motor para seguir superándome cada día, gracias a ustedes por estar siempre.

RESUMEN

Análisis Estructural del bloque de ambiental del campus miguel de cervantes de la universidad internacional SEK.

En el siguiente documento se realizó un análisis comparativo entre la Norma Ecuatoriana de la Construcción (CEC 2000) la cual ya no se encuentra vigente y la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC 2015) esta última vigente hasta la fecha de entrega de este documento.

Con estos conceptos previos se realizó un análisis de comportamiento Lineal, mediante un programa informático como lo es el SAP 2000, el edificio en estudio pertenece al de Ingeniería ambiental de la Universidad Internacional SEK y que fue construido hace más de una década, siendo ésta una estructura de gran relevancia por el aporte que brinda en el área académica y en el área de construcción civil. La estructura fue diseñada y ejecutada con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (CEC 2000), desde entonces se han realizado algunos cambios en cuanto a los requerimientos mínimos para la construcción de obras civiles.

PALABRAS CLAVE

CEC, NEC, Comportamiento Lineal, estructura.

ABSTRACT

In the following document, a comparative analysis was made between the Ecuadorian Construction Standard (CEC 2000), which is no longer in force, and the Ecuadorian Construction Standard (NEC 2015), the latter in force until the date of delivery of this document.

With these previous concepts, a linear behavior analysis was carried out, through a computer program such as SAP 2000, the building under study belongs to the Environmental Engineering of the SEK International University and was built more than a decade ago, this being a structure of great relevance for the contribution it provides in the academic area and in the area of civil construction. The structure was designed and executed with the Ecuadorian Construction Standard (CEC 2000), since then some changes have been made regarding the minimum requirements for the construction of civil works.

KEYWORDS

CEC, NEC, Linear Behavior, structure.

índice de contenido

DECLARACIÓN JURAMENTADA.....	II
DECLARATORIA.....	III
DEDICATORIA	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT.....	VII
CAPITULO 1	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.3. OBJETIVOS	1
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	1
1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICO	2
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.5. ALCANCE.....	2
1.6. LIMITACIONES	2
1.7. HIPÓTESIS	3
CAPITULO 2	4
2. MARCO REFERENCIAL	4
2.1 MARCO TEÓRICO	4
2.1.1 ANÁLISIS ESTÁTICO LINEAL	4
2.1.2 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS	5
2.1.3 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN	5
2.1.4 MODELO DE MANDER	6
2.1.5 ZONIFICACIÓN SÍSMICA	7
2.1.6 GEOLOGÍA LOCAL.....	8
2.1.7 CLASIFICACIÓN DEL SUELO.....	8
2.1.8 CURVAS PELIGRO SÍSMICO	11
2.1.9 COEFICIENTES DEL PERFIL DE SUELO (FA, FD, FS).....	12
2.1.9.1 COEFICIENTE DE AMPLIFICACIÓN DE SUELO EN LA ZONA DE PERIODO CORTÓ (FA).....	12
2.1.9.2 FD: DESPLAZAMIENTOS PARA DISEÑO EN ROCA.....	13
2.1.9.3 COMPORTAMIENTO NO LINEAL DE LOS SUELOS (FS.).....	14

2.1.10	ESPECTRO DE RESPUESTA ELÁSTICO DE ACELERACIONES	14
2.1.11	PERIODO DE VIBRACIÓN T	16
2.1.12	PERIODO DE VIBRACIÓN LIMITE (TC Y TL)	17
2.1.13	COEFICIENTE DE IMPORTANCIA (I)	17
2.1.14	FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA R (DUCTILIDAD).....	18
2.1.15	COEFICIENTE EN PLANTA Φ_P Y CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN Φ_E	19
2.1.16	CORTANTE BASAL	20
2.1.17	DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE FUERZAS SÍSMICAS LATERALES.	21
2.1.18	CONTROL EN LA DERIVA DE PISO (DERIVAS INELÁSTICAS MÁXIMAS DE PISO ΔM)	22
2.1.19	MODULO DE ELASTICIDAD DEL HORMIGÓN EC	23
CAPITULO 3	24
3.1.	METODOLOGÍA	24
3.2.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	24
3.2.1.	UBICACIÓN	24
3.2.2.	PLANTEAMIENTO ARQUITECTÓNICO.....	25
3.3.	DATOS GENERALES PARA EL DISEÑO	26
3.3.1.	MÉTODO ESCLERÓMETRO – ASTM C805.....	26
3.4.	RESULTADO DE LOS ENSAYOS.....	30
3.4.1.	MUROS	30
3.4.2.	VIGAS	31
3.4.3.	COLUMNAS.....	31
3.4.4.	LOSA	32
3.5.	DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS	32
3.5.1.	CARGA MUERTA (D).....	32
3.5.2.	CARGA VIVA (L).....	35
3.5.3.	COMBINACIONES CARGA	36
3.6.	CALCULO DEL CORTANTE BASAL PARA DISEÑO (CEC 2001)	37
3.6.1.	PERIODO DE VIBRACIÓN (T)	37
3.6.2.	ZONAS SÍSMICAS Y VALORES DE FACTOR (Z)	38
3.6.3.	COEFICIENTE DEL SUELO (S- CM)	38
3.6.4.	FACTOR DE IMPORTANCIA (I)	39
3.6.5.	COEFICIENTE DE CONFIGURACIÓN EN PLANTA Φ_I	40
3.6.6.	COEFICIENTE DE CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN (Φ_{EI})	41

3.6.7. COEFICIENTE DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA ESTRUCTURAL (R)	42
3.6.8. CALCULO DEL COEFICIENTE (C)	43
3.6.9. CORTANTE BASAL DE DISEÑO (V)	43
3.6.10. RESUMEN CORTANTE BASAL (CEC 2001)	44
3.7. DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS (CEC 2001)	44
3.8. ESPECTRO SÍSMICO ELÁSTICO (CEC 2001)	46
3.9. CALCULO DEL CORTANTE BASAL PARA DISEÑO (NEC 2015)	49
3.9.1. FACTOR Z.....	49
3.9.2. CLASIFICACIÓN DEL SUELO.....	49
3.9.3. COEFICIENTES DEL PERFIL DE SUELO (FA, FD, FC).....	51
3.9.4. ESPECTRO DE RESPUESTA ELÁSTICO DE ACELERACIONES	52
3.9.5. PERIODO DE VIBRACIÓN T	53
3.9.6. PERIODO DE VIBRACIÓN LIMITE (TC Y TL)	53
3.9.7. COEFICIENTE DE IMPORTANCIA (I)	54
3.9.8. FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA R (DUCTILIDAD).....	54
3.9.9. COEFICIENTE EN PLANTA ΦP Y CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN ΦE	55
3.9.10. CORTANTE BASAL	56
3.10. DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE FUERZAS SÍSMICAS LATERALES (NEC 2015).....	56
3.11. ESPECTRO ELÁSTICO DE DISEÑO (NEC 2015).....	57
CAPITULO 4	59
4.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL	59
4.1.1. MODELACIÓN COMPUTARIZADA.....	59
4.1.2. DISEÑO MATERIALES	60
4.1.3. HORMIGÓN $F'c=253 \text{ KG/CM}^2$ - 254 KG/CM^2 - 292 KG/CM^2	60
4.1.4. ACERO DE REFUERZO.....	61
4.1.5. SECCIÓN COLUMNA 20 X 30 CM.....	62
4.1.6. SECCIÓN VIGAS 20*30 CM	63
4.1.7. PATRONES DE CARGA.....	64
4.1.8. CASOS DE CARGA	64
4.1.9. COMBINACIONES DE CARGA	66
4.1.10. CREACIÓN DE MUROS	66
4.1.11. ASIGNACIÓN DE LOSAS	67
4.1.12. ASIGNACIÓN DE ESPECTRO	68

4.2.	COMPARACIÓN CORTANTE BASAL	70
4.2.1.	CORRECCIÓN DE LA CORTANTE	71
4.3.	DERIVAS DE PISO.....	73
4.4.	MODOS DE VIBRACIÓN.....	74
4.5.	CENTRO DE RIGIDEZ Y MASAS	75
4.6.	PARTICIPACIÓN DE MASAS	84
CAPITULO 5	86
4 PROCESAMIENTO DE DATOS	86
5.1.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	86
5.1.1.	FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA R (DUCTILIDAD).....	86
5.1.2.	CORTANTE BASAL	87
5.1.3.	DERIVAS	88
5.1.4.	ESPECTRO DE DISEÑO	90
5.1.5.	PARTICIPACIÓN DE LAS MASAS	91
CAPITULO 6	93
6. Conclusiones y recomendaciones	93
6.1.	CONCLUSIONES.....	93
Bibliografía	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-NEC FACTOR Z POR ZONA.....	8
Tabla 2 Microzonificación sísmica ,Roberto Aguiar 2011	8
Tabla 3-Velocidad ondas de Corte "Aguiar 2017"	10
Tabla 4 Velocidad ondas de Corte "Aguiar 2017"	10
Tabla 5-TIPOS DE SUELO NEC	11
Tabla 6 Curva de Peligro sísmico Quito.....	12
Tabla 7 NEC-2015- Factor de sitio Fa.....	13
Tabla 8 NEC-Factor de sitio Fd.....	13
Tabla 9-NEC Factor Fs.	14
Tabla 10-Parámetros para el cálculo del espectro de Aceleración	16
Tabla 11 Coeficiente $C_t-\alpha$	17
Tabla 12-Coeficiente de Importancia I	18
Tabla 13-Coeficiente de reducción de respuesta estructural R	19
Tabla 14-Configuración estructural en planta y elevación	20
Tabla 15-Cortante basal	21
Tabla 16-Distribución de Fuerzas Sísmicas Laterales.....	22
Tabla 17-Valores de K	22
Tabla 18- Datos Elementos Estructurales	26
Tabla 19-Datos de ensayo en Muros	30
Tabla 20- Calculo Carga Muerta	35
Tabla 21-Sobrecargas Carga Viva	36
Tabla 22-Cargas Vivas	36
Tabla 23- Combinaciones CEC.....	37
Tabla 24-Combinaciones NEC 2015.....	37
Tabla 25-Periodo de Vibración.....	38
Tabla 26-Zonas sísmicas y valores de factor (Z).....	38
Tabla 27-Coeficiente del Suelo (S- Cm).....	38
Tabla 28-Factor de Importancia (I).....	39
Tabla 29-Coeficiente de Configuración en Planta ϕ_i	40
Tabla 30-Coeficiente de Configuración en Elevación (ΦE_i).....	41
Tabla 31-Reducción de Respuesta Estructural (R)	42
Tabla 32-Resumen Cortante Basal según CEC 2001	44

Tabla 33-Distribucion de Fuerzas	45
Tabla 34-Espectro Sísmico Elástico CEC – 2002	46
Tabla 35-NEC FACTOR Z POR ZONA.....	49
Tabla 36-TIPOS DE SUELO NEC.....	50
Tabla 37 NEC-2015- Factor de sitio Fa.....	51
Tabla 38 Coeficiente $C_t-\alpha$	53
Tabla 39-Coeficiente de Importancia I	54
Tabla 40-Cortante basal	56
Tabla 41-Valores de K	57
Tabla 42-Distribucion de Fuerzas NEC 2015	57
Tabla 43-Espectro Elástico de Diseño	58
Tabla 44- Comparación Cortante Basal	70
Tabla 45-DATOS DE CORTANTE DEL PROGRAMA SAP - CEC 2001	71
Tabla 46-DATOS DE CORTANTE DEL PROGRAMA SAP - CEC 2001	71
Tabla 47-Corrección de cortante.....	72
Tabla 48-DERIVAS DE PISO.....	73
Tabla 49-DERIVAS CEC-2001	73
Tabla 50-DERIVAS CEC-2001	73
Tabla 51-MODOS DE VIBRACION NEC 2015.....	74
Tabla 52- MODOS DE VIBRACION CEC 2001.....	74
Tabla 53-Cuadro de Masas-Rigidez-Excentricidad	75
Tabla 54-Calculo Rigidez 1 piso en X	76
Tabla 55-Calculo Rigidez 1 piso en Y	78
Tabla 56-Calculo Rigidez 2 piso en X	79
Tabla 57-Calculo Rigidez 2 piso en Y	81
Tabla 58--Calculo Rigidez 3.....	82
Tabla 59--Calculo Rigidez 3 piso en y.....	84
Tabla 60- PARTICIPACION MASAS NEC 2015	85
Tabla 61-PARTICIPACION MASAS CEC 2001	85
Tabla 62-FACTOR R	86
Tabla 63- Cortante Basal	87
Tabla 64- DERIVAS.....	89
Tabla 65-Modos de Vibración	91
Tabla 66- Modos de vibración.....	92

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRAFICO 1- Análisis Lineal.....	4
GRAFICO 2-Curva esfuerzo-deformación.....	5
GRAFICO 3-Ejemplo de sección transversal	6
GRAFICO 4- Modelo concreto No confinado	6
GRAFICO 5-NEC Zonas sísmicas Ecuador	7
GRAFICO 6- Factor Z NEC 2015.....	8
GRAFICO 7-Zonas suelos Quito ERN (2012)	9
GRAFICO 8- Resultado obtenidos por ERN-2012 en punto MSQ1.....	10
GRAFICO 9-Espectro Elástico de Aceleración Sa	15
GRAFICO 10- Facultad Ing. Ambiental	24
GRAFICO 11-Plano Arquitectónico - Planta.....	25
GRAFICO 12-Plano Arquitectónico – Fachada	25
GRAFICO 13-TOMA DE MUESTRA.....	27
GRAFICO 14-ESCLERÓMETRO.....	28
GRAFICO 15-Medición en Losa	28
GRAFICO 16-Medición en Viga	29
GRAFICO 17- Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete.....	30
GRAFICO 18-Datos de ensayo en Vigas	31
GRAFICO 19-Datos de ensayo en Columna.....	31
GRAFICO 20-Datos de ensayo en Losa	32
GRAFICO 21-Sa Elástico – Inelástico.....	57
GRAFICO 22-Modelamiento Edificio.....	59
GRAFICO 23-Definición Material Hormigón $f_c' 253 \text{ kg/cm}^2$	61
GRAFICO 24-Definición Material Acero $F_y 4200 \text{ kg/cm}^2$	62
GRAFICO 25-Columnas 20*30 – Agrietamiento	63
GRAFICO 26-Vigas Banda	63
GRAFICO 27-Patrones de Carga.....	64
GRAFICO 28-Casos de Carga x, y	64
GRAFICO 29-Coeficiente cortante y excentricidad	65
GRAFICO 30-Combinaciones de carga CEC 2001	66

GRAFICO 31-Combinaciones de carga NEC 2015	66
GRAFICO 32-Muros $f'c$ 292 kg/cm ²	67
GRAFICO 33-Muros(3D) $f'c$ 292 kg/cm ²	67
GRAFICO 34-Losa con $f'c$ 292 kg/cm ²	68
GRAFICO 35-Espectro de respuesta CEC 2001	69
GRAFICO 36-Espectro de respuesta NEC 2015.....	69
GRAFICO 37-Rigidez en muros.....	76
GRAFICO 38-Rigidez en muros.....	77
GRAFICO 39-Rigidez en muros.....	79
GRAFICO 40-Rigidez en muros.....	80
GRAFICO 41-Rigidez en muros.....	83
GRAFICO 42- FACTOR R	87
GRAFICO 43-CORTANTE BASAL	88
GRAFICO 44- DERIVAS.....	89
GRAFICO 45-Espectro Diseño CEC 2001	90
GRAFICO 46-Espectro Diseño NEC 2015	90

CAPITULO 1

1.1. ANTECEDENTES

Ecuador presenta un alto riesgo en sismicidad, esto por su localización geográfica. Diversos sucesos sísmicos han provocado gran proporción de defectos en construcciones gracias a consideraciones en su diseño, ausencia de estudios de viabilidad, utilización de materiales inadecuados, ampliación o cambio de uso en todo el tiempo de vida de la construcción. Adicional, con los últimos eventos sísmicos ocurridos, como el terremoto de Pedernales de abril del 2016, sería muy útil el realizar un análisis estructural actual en edificaciones.

Con estos conceptos previos es necesario realizar un análisis de comportamiento ante un posible evento sísmico ya que el edificio en estudio es el edificio de Ingeniería ambiental de la Universidad Internacional y que fue construido hace más de una década, siendo ésta una estructura de gran relevancia por el aporte que brinda en el área académica y en el área de construcción civil. La estructura fue diseñada y ejecutada con la Norma (CEC 2000), desde entonces se han realizado algunos cambios en cuanto a los requerimientos mínimos para la construcción de obras civiles.

La relevancia del presente trabajo de titulación radica en la evaluación estructural del edificio de ingeniería ambiental, como indicativo en respuesta de la edificación frente a un evento sísmico.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a las fuerzas externas que influyen sobre una estructura durante un sismo, es menester que se realice un análisis estructural, esta edificación ha soportado varios sismos desde su construcción, es por esto que se enfocará en el análisis lineal mediante un software que analiza el comportamiento estructural del edificio.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar estructuralmente el bloque de ingeniería ambiental del Campus Miguel de Cervantes de la Universidad Internacional Sek, por medio de una comparación entre el Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC 2000) y la Norma Ecuatoriana de la construcción (NEC 2015), para conocer el comportamiento estructural frente a un posible evento sísmico.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICO

- Verificar la resistencia a la compresión simple de los elementos estructurales mediante un ensayo esclerométrico.
- Verificar el comportamiento estructural por medio del método de análisis estático lineal.
- Modelar el edificio con el software de análisis estructural SAP 2000, aplicando las condiciones y parámetros sugeridos en la norma CEC (2000).
- Modelar el edificio con el software de análisis estructural SAP 2000, aplicando las condiciones y parámetros sugeridos en la norma NEC (2015).

1.4 JUSTIFICACIÓN

El presente documento tiene como fin la evaluación del comportamiento estructural del Edificio antes mencionado y comparación con las normas actuales, ya que, debido al transcurso del tiempo, eventos ocurridos en los últimos años y cambios en las normativas de regulación que se han realizado desde su construcción hasta la presente fecha. Se considera necesario un estudio para tener clara la respuesta y el comportamiento general esperado en este tipo de estructura, puesto que, debido al uso de la edificación, tiene un alto grado en márgenes de seguridad.

Una vez concluida la investigación y de acuerdo a los resultados obtenidos, las autoridades pertinentes de la Universidad Internacional Sek podrán o no hacer uso de la información.

1.5 ALCANCE

Se estudiará el comportamiento estructural del edificio Bloque de Ingeniería Ambiental situado en el campus Miguel de Cervantes, realizando un modelado de la estructura existente aplicando las normas de construcción vigentes en nuestro país (NEC-CG, NEC-DS), se comparará los resultados obtenidos en esta investigación con los resultados iniciales de construcción y de ser necesario se sugerirá un método de reforzamiento estructural.

1.6 LIMITACIONES

En este estudio no incluye la parte de cimentaciones debido a su inaccesibilidad hacia el subsuelo y su falta de información.

La información que existe será verificada mediante un levantamiento completo de la estructura para poder comprobarla y obtener valores reales.

1.7 HIPÓTESIS

Ante un posible evento sísmico el bloque de ingeniería ambiental tiene una respuesta estructural dentro de los criterios mínimos establecidos por la NEC 2015.

CAPITULO 2

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 MARCO TEÓRICO

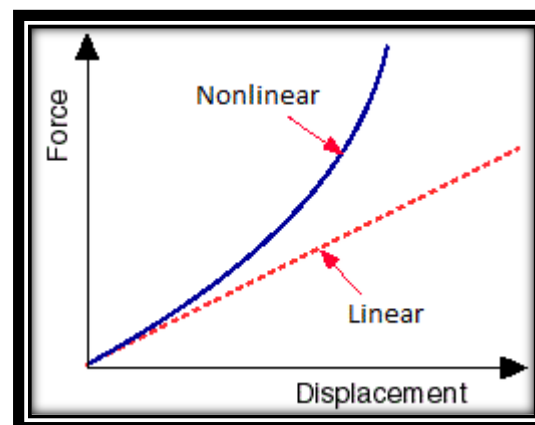
La investigación estructural se usa para pronosticar la respuesta de una edificación frente a un sismo a modo de porciones de respuesta que tienen la posibilidad de estar relacionadas con daños estructurales y no estructurales. Las solicitudes típicamente integran valores máximos de la interacción de deriva de piso en ambas direcciones ortogonales, velocidad del piso, aceleración del piso e interacción de deriva residual.

La respuesta de la estructura frente al movimiento del suelo y otros efectos del movimiento sísmico, las solicitudes resultantes de fuerza, deformación, aceleración y rapidez experimentadas por elementos estructurales y no estructurales, el contenido y los ocupantes. Son parámetros que se tomarán en consideración en el desarrollo del presente estudio.

2.1.1 ANÁLISIS ESTÁTICO LINEAL

Se realiza un sistema de un grado de libertad, adicional se considera el comportamiento de los materiales de construcción dándole rigidez elástica lineal a los elementos estructurales, en este análisis se determina la fuerza sísmica, cortante basal y sus modos de vibración (Quilumba, 2018)

GRAFICO 1- Análisis Lineal



Fuente: Bentley Communities

2.1.2 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

“Uno de los beneficios de los ensayos no destructivos es la simple ejecución, velocidad y la probabilidad de hacer un enorme conjunto de ensayos sobre la composición dependiendo de la capacidad económica del dueño de la construcción”. (Moncada, 2006).

(Moncada, 2006) menciona que “estos ensayos se recomiendan para evaluar los límites constitutivos en los recursos estructurales sin comprometer su integridad”, como una pequeña desventaja se puede nombrar la preparación inadecuada del área a ensayar, esto puede ofrecer valores equívocos que tienen la posibilidad de alterar la verdad de la composición a ser evaluada. Entre los ensayos de más grande difusión para evaluaciones en construcciones existentes tenemos la posibilidad de nombrar: un escaneo de armaduras (Pachómetro), esclerometrías y sustracción de núcleos.

2.1.3 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN

En elementos estructurales de hormigón armado se encuentran confinados por el acero de refuerzo mientras que las zonas de recubrimiento no se encuentran confinadas, el hormigón confinado tiene un mejor comportamiento, puesto que la deformación se reduce notablemente (Popovic, 1973)

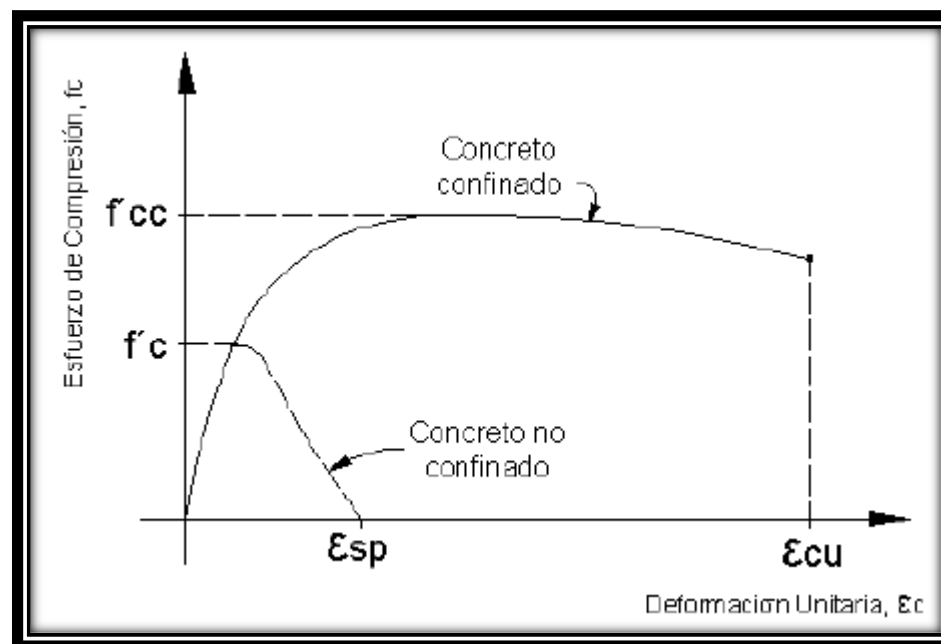


GRAFICO 2-Curva esfuerzo-deformación

Fuente: Popovic, 1973

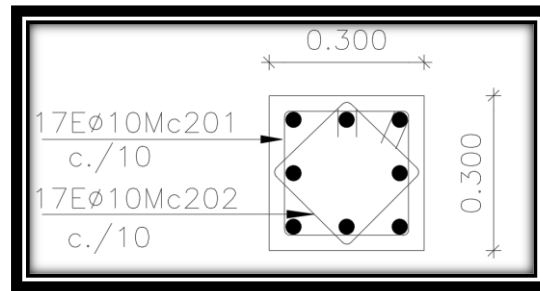


GRAFICO 3-Ejemplo de sección transversal

Fuente: Diego Bolaños

2.1.4 MODELO DE MANDER

Este modelo fue propuesto en el año 1988 el cual está definido por una región específica y la cual considera que el confinar el elemento provocaría un incremento no solo a su resistencia a la deformación ϵ_c , también incrementaría su resistencia a la compresión.

Para el modelo la deformación ultima o de falla ϵ_{cu} del hormigón es permisible cuando el refuerzo transversal ya no tiene la capacidad de confinar el centro las masas del elemento por tanto sus deformaciones transversales serán incrementándose significativamente. (Mander; Park, Priestley , 1988)

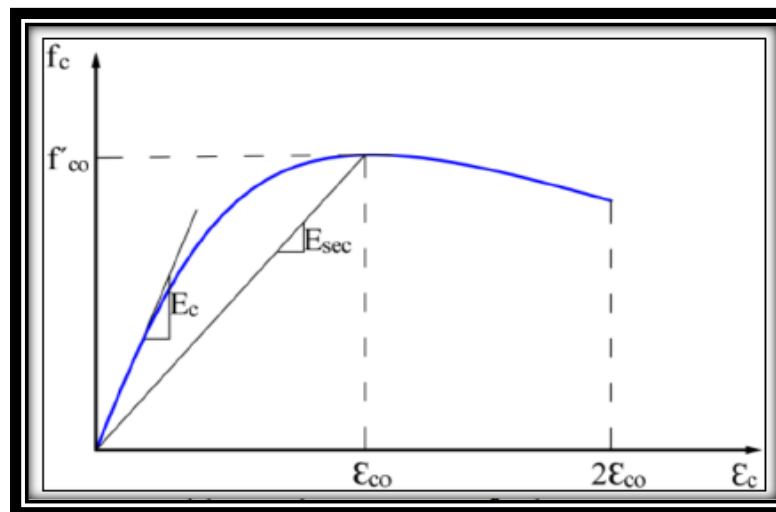


GRAFICO 4- Modelo concreto No confinado

Fuente: Mander, Priestley y Park 1998.

Donde:

f'_c : Esfuerzo del concreto.

f'_{co} : Resistencia del hormigón no confinado (Max).

ϵ_c : Deformación unitaria del hormigón.

F_{cu} : Resistencia última del hormigón confinado.

ϵ_{co} : Deformación unitaria máxima del hormigón no confinado.

E_c : Modulo de elasticidad del hormigón.

E_{sec} : Modulo secante del hormigón no confinado en el esfuerzo máximo.

2.1.5 ZONIFICACIÓN SÍSMICA

Se utiliza una clasificación sísmica de acuerdo a la zona en donde se encuentra la estructura, representada por el valor Z, la cual es la aceleración máxima para el sismo de diseño y se expresa en fracción de la aceleración de la gravedad.

En el Ecuador la NEC divide en seis zonas sísmicas:

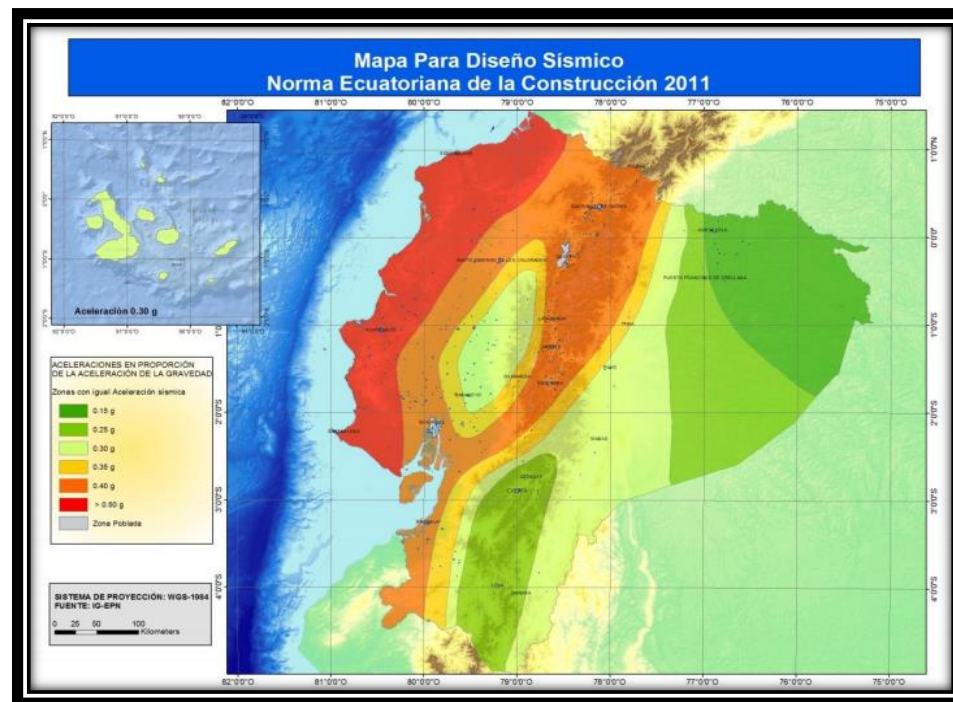


GRAFICO 5-NEC Zonas sísmicas Ecuador

Fuente: NEC-SE-DS- 2015

Este mapa es calculado para una excedencia 10% en 50 años, un periodo de retorno en 475 años.

Tabla 1-NEC FACTOR Z POR ZONA

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

GRAFICO 6- Factor Z NEC 2015

Fuente: NEC-SE-DS- 2015

2.1.6 GEOLOGÍA LOCAL

Para la zonificación sísmica y obtención de datos como el coeficiente Z, tenemos una guía como la clasificación de Quito la cual está dividida en zonas sísmicas, esta clasificación analiza de una forma más detallada la clasificación que en la actual NEC.(Aguiar, 2012)

Tabla 2 Microzonificación sísmica, Roberto Aguiar 2011

Barrio	Sector	Zona	Fa	Fd	Fs
Carcelen	sector 70	Norte	0,85	0,775	1,100

Fuente: Aguiar Roberto 2011

2.1.7 CLASIFICACIÓN DEL SUELO

“En el 2011, un grupo de consultores de: Colombia (Omar Darío Cardona); México (Mario Ordaz); España (Alex Barbat); Ecuador (Roberto Aguiar) se asocian y pasan a formar parte de ERN (Evaluación del Riesgos Naturales) de Colombia, liderados por Luis Yamin; para la realización de la Microzonificación Sísmica de Quito. Lo primero que se realizó fue una recopilación de los estudios de la EPN de 1994 y 2002, que han sido presentados en este capítulo, por otra parte, se consiguió una gran cantidad de información de estudios de suelos realizadas por calculistas estructurales para el diseño de edificios de altura y se contó con los estudios realizados para el Metro de Quito (2010- 2011). Con toda esta información se analizó en que puntos de la ciudad se requiere realizar nuevos estudios de suelos y es así que se determinó los sitios indicados” (Aguiar, 2012)

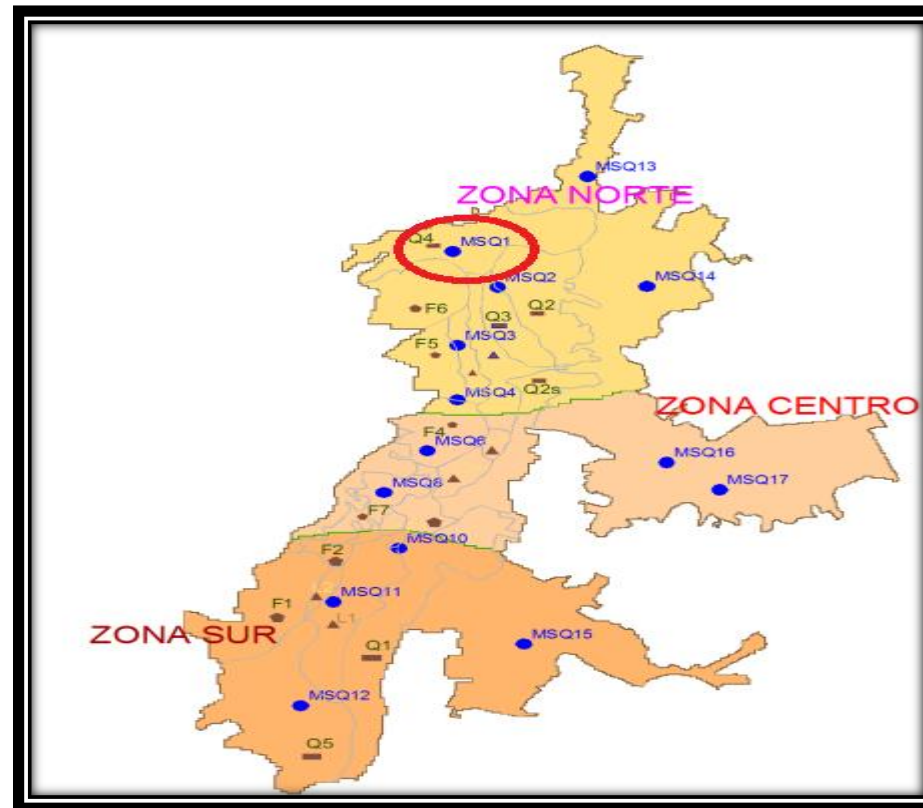


GRAFICO 7-Zonas suelos Quito ERN (2012)

Fuente: Falconi, 2012

“Los sitios incluidos por ERN (2010-2011) cubren la ciudad de Quito al sur desde Guamaní Alto (MSQ12) hasta Pomasqui (MSQ13), los valles cercanos a la ciudad, a si se amplió en primer lugar la cobertura del estudio y se enriquece la base de datos con puntos en los cuales no se tenía información (para profundidades alrededor de los 30 m.) y son importantes para el desarrollo de la ciudad, como el punto (MSQ4) que se halla en el antiguo Quito Tenis; se destaca que en este sector de la ciudad existen estudios de suelo, pero en su mayor parte son superficiales, no pasan de los 20 m. En la que se describe la ubicación de los puntos de estudio considerados por ERN” (Aguilar, 2012).

Tabla 3-Velocidad ondas de Corte "Aguiar 2017"

Ubicación	Latitud	Longitud	Sector
MSQ12	-0.324676	-78.543611	Guamaní Alto
MSQ11	-0.273093	-78.537301	Solanda
MSQ10	-0.246628	-78.514749	Chimbacalle
MSQ8	-0.217224	-78.518599	Museo del Agua
MSQ6	-0.197636	-78.506340	La Gasca
MSQ4	-0.166118	-78.492093	Quito Tenis
MSQ3	-0.141084	-78.500149	Andalucía
MSQ2	-0.118750	-78.484027	Real Audiencia
MSQ1	-0.098179	-78.494450	Condado
MSQ13	-0.055167	-78.453239	Pomasquí
MSQ14	-0.103289	-78.423594	Calderón
MSQ15	-0.291681	-78.477861	Conocoto
MSQ16	-0.201100	-78.429186	Cumbayá
MSQ17	-0.212283	-78.404519	Tumbaco

Tabla 4 Velocidad ondas de Corte "Aguiar 2017"

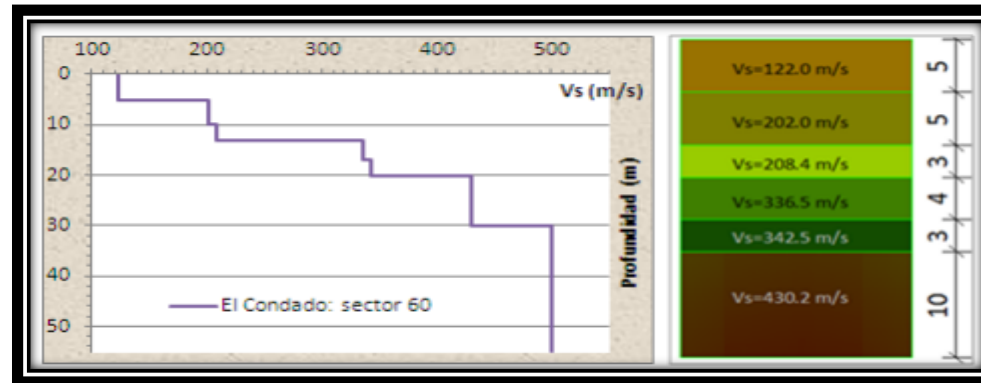


GRAFICO 8- Resultado obtenidos por ERN-2012 en punto MSQ1.

Fuente: Aguiar, 2012

Este ensayo de onda de corte, fue realizado en la Av. Mariscal Sucre en el sector de El Condado, la cortante Vs30 para esta zona es:

$$Vs30 = \frac{5}{122} + \frac{5}{202} + \frac{3}{208.4} + \frac{4}{336.5} + \frac{3}{342.5} + \frac{10}{430.2} = \frac{30m}{Vs30}$$

$$Vs30 = 241.89 \text{ m/s}$$

Tabla 5-Tipos de suelo NEC

TIPO DE PERFIL	DESCRIPCION	DEFINICION
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca con rigidez media	$V_s \geq 1500$ m/s ≥ 760 m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante	$760 \geq V_s \geq 360$ m/s
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50$ $S_u \geq 100$ Kpa
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante	$360 \geq V_s \geq 180$ m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 \geq N \geq 15$ / 100 kPA $>S_u \geq 50$ Kpa
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante	$V_s < 180$ m/s
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP \geq 20$ / $W \geq 40\%$ / $S_u < 50$ Kpa
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases	
	F1—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H >3m para turba o arcillas orgánicas)	
	F3—Arcillas de muy alta plasticidad (H >7.5 m con índice de Plasticidad IP >75)	
	F4—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H >30m)	
	F5—Suelos con contrastes de impedancia α ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.	
F6—Rellenos colocados sin control ingenieril.		

Fuente; NEC 2015

2.1.8 CURVAS PELIGRO SÍSMICO

Estas curvas son necesarias para definir el nivel de aceleración sísmica esperada, el cual representa el peligro sísmico probable para la ciudad de Quito, en este relaciona el valor de la aceleración sísmica (PGA) con el nivel de probabilidad de excedencia anual.

El periodo de retorno es inversamente proporcional a su probabilidad anual de excedencia. También se toma en cuenta las curvas de aceleraciones espectrales máximas para un periodo de 0.1 - 0.2 - 0.3 - 1.0 segundos.

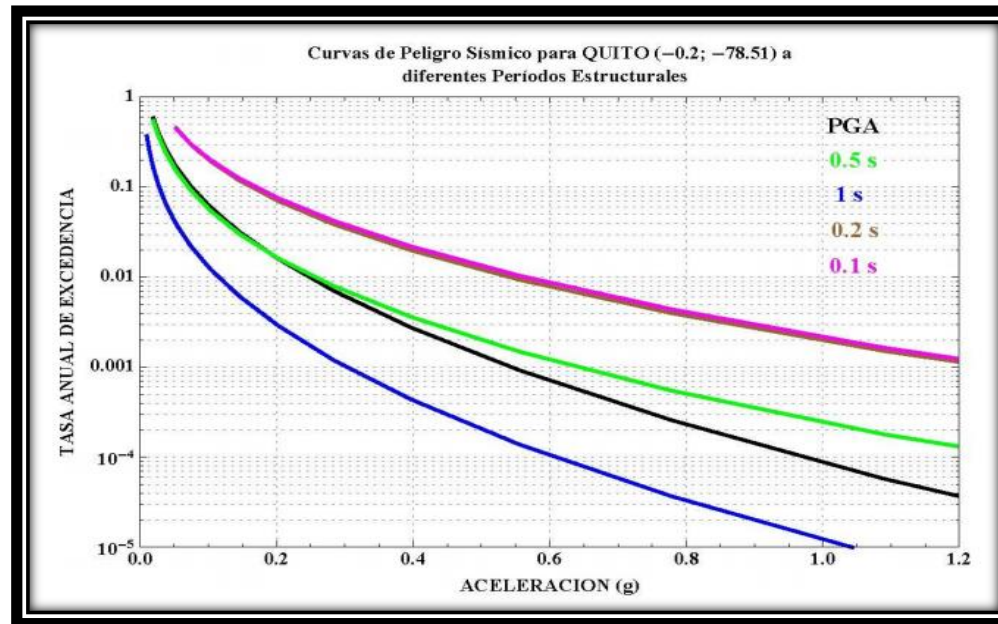


Tabla 6 Curva de Peligro sísmico Quito

Fuente: NEC-SE-DS- 2015

2.1.9 COEFICIENTES DEL PERFIL DE SUELO (Fa, Fd, Fs)

Los datos mostrados corresponden a los primeros 30 m superiores de suelo, se lo clasifica en suelos tipos A, B, C, D, E, suelos tipo F no ya que requieren un estudio especial.

Para esta sección aplicaremos conceptos tales como:

V_s = Velocidad de onda cortante promedio de suelo.

V_{s30} = Velocidad media de la onda de corte.

N = Numero golpes ensayo SPT.

N_{ch} = Numero de golpes promedio de ensayo de SPT (En suelos cohesivo).

2.1.9.1 COEFICIENTE DE AMPLIFICACIÓN DE SUELO EN LA ZONA DE PERIODO CORTÓ (FA).

El valor del coeficiente Fa que amplifica ordenadas del espectro de respuesta elástico de aceleraciones para diseño en roca, tomando en cuenta los efectos de sitio.

Tabla 7 NEC-2015- Factor de sitio Fa

Tipo de perfil del subsuelo	I	II	III	IV	V	VI
Factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.5	1.39	1.26	1.14	0.97

Fuente: NEC-SE-DS, 2015

2.1.9.2 FD: DESPLAZAMIENTOS PARA DISEÑO EN ROCA.

“Los valores del coeficiente Fd que amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio”. (NEC-SE-DS, 2015)

Tabla 8 NEC-Factor de sitio Fd

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5

2.1.9.3 COMPORTAMIENTO NO LINEAL DE LOS SUELOS (FS.)

“Los valores del coeficiente F_s ., consideran el comportamiento no lineal del suelo, la degradación del periodo del sitio depende de la intensidad y contenido de frecuencia sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos”. (NEC-SE-DS, 2015).

Tabla 9-NEC Factor F_s .

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.40
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2

Fuente: NEC-SE-DS, 2015

2.1.10 ESPECTRO DE RESPUESTA ELÁSTICO DE ACELERACIONES

“Para determinar el espectro de respuesta elástica de aceleraciones S_a , se necesita el factor de zona sísmica, el tipo de suelo del sitio de emplazamiento de la estructura, la consideración de los valores de los coeficientes de amplificación de suelo F_a , F_d y F_s .” (NEC-SE-DS, 2015).

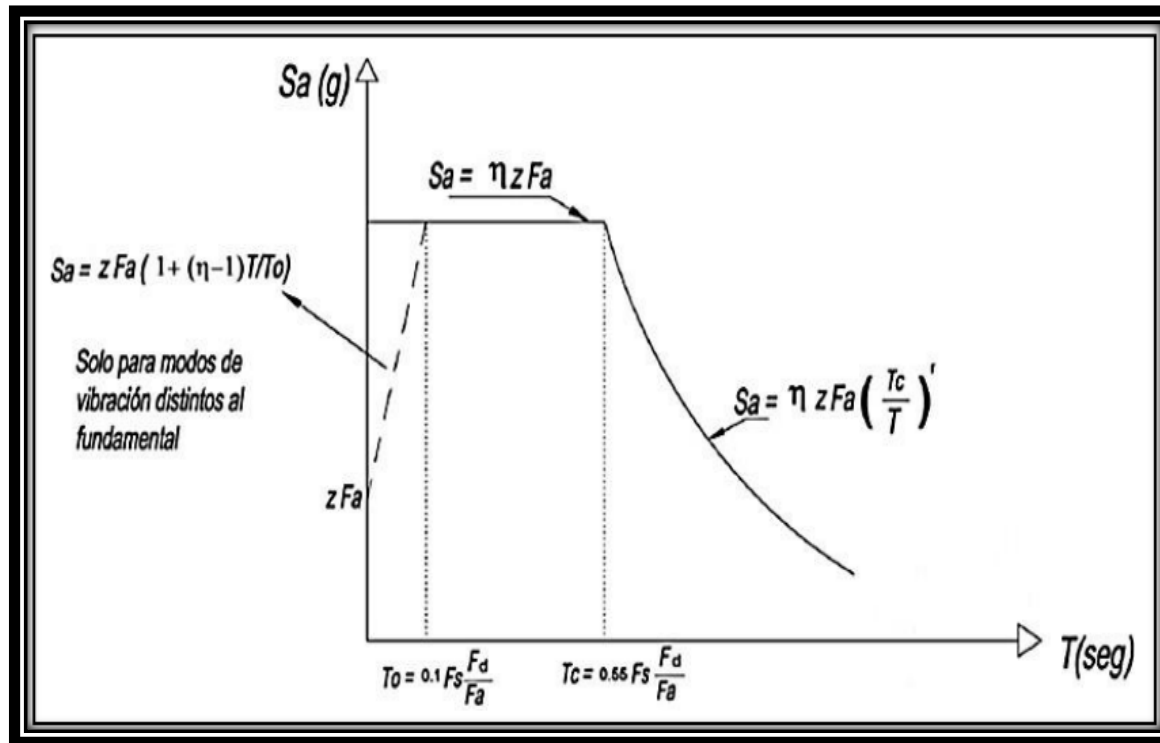


GRAFICO 9-Espectro Elástico de Aceleración S_a

Fuente: NEC-SE-DS, 2015

Para nuestro cálculo de espectro de aceleración se determina mediante:

- $S_a = z * F_a$ (para un $T=0$)
- $S_a = z * F_a (1 + (n-1) * (\frac{T}{T_0}))$ para $0 < T < T_0$
- $S_a = n * z * F_a$ para $0 < T < T_c$
- $S_a = n * z * F_a * (\frac{T_c}{T})^r$ para $T \geq T_c$
- $T_0 = 0.1 * F_s * (\frac{F_d}{F_a})$
- $T_c = 0.55 * F_s * (\frac{F_d}{F_a})$

En donde:

PARAMETROS	SIGNIFICADO
n	Razón entre la aceleración espectral S_a ($T = 0.1$ s) y el PGA para el período de retorno seleccionado. Se basan de acuerdo con la región del Ecuador donde esta ubica la estructura: $\eta = 1.80$: Provincias de la Costa (excepto Esmeraldas), $\eta = 2.48$: Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos $\eta = 2.60$: Provincias del Oriente
Fa	Coefficiente de amplificación de suelo en la zona de período. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio
Fd	Coefficiente de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio
Fs	Coefficiente de amplificación de suelo. Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del período del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos
Sa	Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g). Depende del período o modo de vibración de la estructura
T	Período fundamental de vibración de la estructura
To	Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño
Tc	Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño
Z	Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad g
r	Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto. $r = 1$ para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E $r = 1.5$ para tipo de suelo E

Tabla 10-Parámetros para el cálculo del espectro de Aceleración

Fuente: NEC-SE-DS, 2015

2.1.11 PERIODO DE VIBRACIÓN T

Los valores del periodo T obtenido al usar los procedimientos es una estimada inicial razonable del periodo estructural el cual permite el cálculo de las fuerzas sísmicas a utilizar sobre nuestra estructura.

$$T = Ct * hn^{\alpha}$$

Tipo de estructura	C _t	α
Estructuras de acero		
Sin arriostramientos	0.072	0.8
Con arriostramientos	0.073	0.75
Pórticos especiales de hormigón armado		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0.055	0.9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural	0.055	0.75

Tabla 11 Coeficiente Ct-α

Fuente: NEC-SE-DS, 2015

2.1.12 PERIODO DE VIBRACIÓN LIMITE (TC Y TL)

Es el periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

El periodo límite de vibración es utilizado para definir el espectro de respuesta en el desplazamiento.

$$T_c = 0.55 * F_s * \left(\frac{F_d}{F_a}\right)$$

$$T_L = 2.4 * F_d$$

2.1.13 COEFICIENTE DE IMPORTANCIA (I)

En la normativa NEC detalla que la utilidad del coeficiente de importancia es incrementar la demanda sísmica del diseño de la estructura, y varía según la utilización o fines de la estructura, y asegurar que estas permanezcan operativas luego de un evento sísmico.

Tabla 12-Coeficiente de Importancia I

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coeficiente I
Edificaciones esenciales	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 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

Fuente: NEC-SE-DS, 2015

2.1.14 FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA R (DUCTILIDAD).

“Este factor considera la disminución de las fuerzas sísmicas de diseño, esto es permitido siempre y cuando la estructura y sus conexiones se diseñen para desarrollar desarrollar una función de falla permisible y con una óptima ductilidad, para que el daño sea específicamente en secciones destinadas como son las rotulas plásticas” (NEC-SE-DS, 2015)

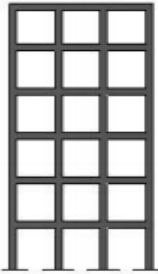

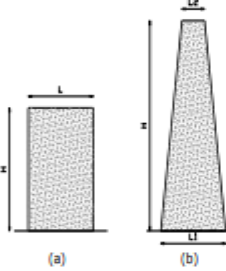
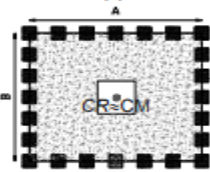
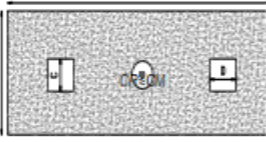
Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural R, Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Sistemas Duales	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras, sean de hormigón o acero laminado en caliente	7
Pórticos de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas) o con muros estructurales de hormigón armado.	7
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas).	7
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	6
Pórticos resistentes a momentos	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	6
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	6
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.	6
Otros Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado sistemas estructurales para edificaciones	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5
Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural R, Sistema Estructurales de Ductilidad Limitada	
PORTICOS RESISTENTES A MOMENTO	
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HA, limitados a viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 4 metros.	3
Estructuras de acero conformado en frío, aluminio, madera, limitados a 2 pisos. 3	3
Muros estructurales portantes	
Mampostería no reforzada, limitada a un piso	1
Mampostería reforzada, limitada a 2 pisos.	3
Mampostería confinada, limitada a 2 pisos	3

Tabla 13-Coeficiente de reducción de respuesta estructural R

Fuente: NEC-SE-DS, 2015

2.1.15 COEFICIENTE EN PLANTA Φ_P Y CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN Φ_E

Tabla 14-Configuración estructural en planta y elevación

CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN $\phi_{E1}=1$		CONFIGURACIÓN EN PLANTA $\phi_{P1}=1$	
<p>La altura de entrepiso y la configuración vertical de sistemas aporricados, es constante en todos los niveles. ϕ_{E1}</p>		<p>La configuración en planta ideal en un sistema estructural es cuando el Centro de Rigidez es semejante al Centro de Masa. ϕ_{P1}</p>	 <p>(a)</p>
<p>La dimensión del muro permanece constante a lo largo de su altura o varía de forma proporcional. ϕ_{E1}</p>	 <p>(a) (b)</p>	 <p>(b)</p>	 <p>(c)</p>

Fuente: NEC-SE-DS, 2015

2.1.16 CORTANTE BASAL

El cortante basal de diseño “V” es la fuerza total lateral a nivel de cargas ultimas, aplicado a una dirección específica, es determinada mediante las siguientes expresiones.

Tabla 15-Cortante basal

$V = \frac{I S_a(T_a)}{R \phi_p \phi_e} W$	
Dónde	
$S_a(T_a)$	Espectro de diseño en aceleración; véase en la sección
ϕ_p y ϕ_e	Coefficientes de configuración en planta y elevación; véase en la sección
I	Coefficiente de importancia; se determina en la sección
R	Factor de reducción de resistencia sísmica; véase en la sección
V	Cortante basal total de diseño
W	Carga sísmica reactiva; véase en la sección
T_a	Período de vibración; véase en la sección

Fuente: NEC-SE-DS, 2015

Ta= la Seudo- aceleración está en función del periodo

$$V = \frac{I * Sa(Ta)}{R * \phi_p * \phi_e} * W$$

2.1.17 DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE FUERZAS SÍSMICAS LATERALES.

“La distribución de fuerzas verticales se asemeja a una distribución lineal (triangular), similar al modo fundamental de vibración, pero dependiente del periodo fundamental de vibración T_a . En ausencia de un procedimiento más riguroso, basado en los principios de la dinámica, las fuerzas laterales totales de cálculo deben ser distribuidas en la altura de la estructura”. (NEC-SE-DS, 2015).

Tabla 16-Distribución de Fuerzas Sísmicas Laterales

$V = \sum_{i=1}^n F_i ; V_x = \sum_{i=x}^n F_i ; F_x = \frac{W_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i h_i^k} V$	
Dónde:	
V	Cortante total en la base de la estructura
V_x	Cortante total en el piso <i>x</i> de la estructura
F_i	Fuerza lateral aplicada en el piso <i>i</i> de la estructura
F_x	Fuerza lateral aplicada en el piso <i>x</i> de la estructura
n	Número de pisos de la estructura
w_x	Peso aginado al piso o nivel <i>x</i> de la estructura, siendo una fracción de la carga reactiva <i>W</i>
w_i	Peso aginado al piso o nivel <i>i</i> de la estructura, siendo una fracción de la carga reactiva <i>W</i>
h_x	Altura del piso <i>x</i> de la estructura
h_i	Altura del piso <i>i</i> de la estructura
k	Coficiente relacionado con el período de vibración de la estructura T

Fuente: NEC-SE-DS, 2015

Tabla 17-Valores de K

Valores de T (s)	k
≤ 0.5	1
0.5 < T ≤ 2.5	0.75 + 0.50 T
> 2.5	2

Fuente: NEC-SE-DS, 2015

2.1.18 CONTROL EN LA DERIVA DE PISO (DERIVAS INELÁSTICAS MÁXIMAS DE PISO ΔM)

“Es necesario realizar un control en las deformaciones, mediante el cálculo de las derivas máximas inelásticas de piso. Para las derivas de piso se utilizará el valor de respuesta inelástica máxima en los desplazamientos ΔM de la estructura, en base al sismo

de diseño. El cálculo de las derivas se deben analizar las deflexiones causadas por efectos traslacionales y torsionales.” (NEC-SE-DS, 2015)

Los límites de las derivas de piso ΔM se calculará con:

$$\Delta M = 0,75 \cdot \Delta E$$

ΔM = Deriva máxima inelástica

ΔE = Desplazamiento obtenido en la aplicación de fuerzas laterales de diseño.

2.1.19 MODULO DE ELASTICIDAD DEL HORMIGÓN EC

“De la ecuación $E = 15000 \cdot k \cdot \sqrt{f'c}$, para $k = 0.7373$, se obtiene la ecuación $E = 11060 \cdot \sqrt{f'c}$ ” (Cevallos, 2014)

$$E = 11060 \sqrt{f'c}$$

CAPITULO 3

3.1. METODOLOGÍA

Para el presente estudio se realizó una recopilación de datos tanto en campus y en bibliografías de normalización, para poder desarrollar un análisis de diferencias entre las normativas CEC 2000 con el cual fue diseñada la estructura en estudio y la NEC 2015 esta última es la normativa vigente.

Se utilizaron métodos analíticos, métodos deductivos, métodos de observación, todos basados en la norma antes mencionada para poder ejecutar una investigación ordenada y técnica.

Se tomaron pruebas a los diferentes elementos estructurales, algunos se los asumió como son la cimentación, losas y vigas, ya que no se obtuvo toda la información primordial como los planos estructuras y planos arquitectónicos incompletos.

3.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

3.2.1. UBICACIÓN

El edificio de Ingeniería Ambiental de la UISEK, se encuentra ubicado en el campus Miguel de Cervantes, a Norte de Quito, sector de Carcelén.



GRAFICO 10- Facultad Ing. Ambiental

Fuente: Diego Bolaños a partir de Google Earth 2021

3.2.2. PLANTEAMIENTO ARQUITECTÓNICO

El edificio de Ingeniería Ambiental, se encuentra implantado sobre un área con una forma irregular, cuenta con un área de construcción de 1660 m², una distancia frontal de 46.60 m y de fondo 13.30 m.

Está constituido por 3 plantas, cada una con una altura de 3.60 m y cubierta conformada de una losa inaccesible, esta estructura fue diseñada en Chile y predomina en su diseño los muros estructurales en toda su área, muy pocas columnas, losa de 0.20 cm de espesor con vigas banda.

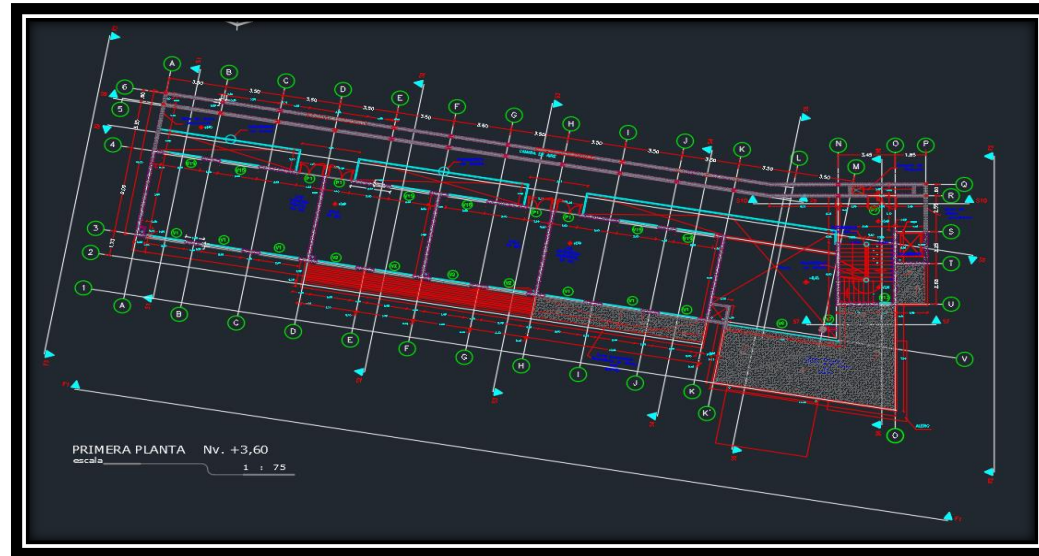


GRAFICO 11-Plano Arquitectónico - Planta

Fuente: UISEK

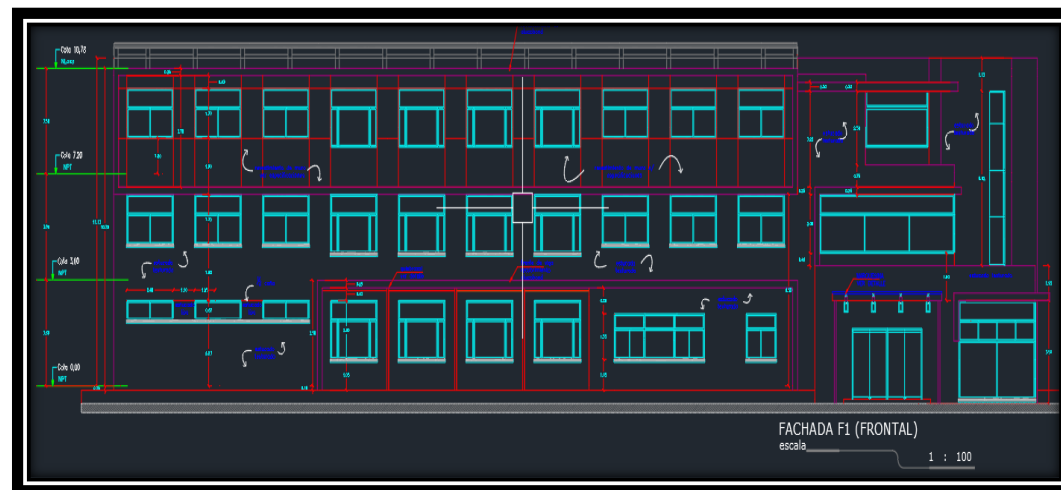


GRAFICO 12-Plano Arquitectónico – Fachada

Fuente: UISEK

3.3. DATOS GENERALES PARA EL DISEÑO

Resistencia del hormigón a la Compresión (Muros) $f'c =$	292 kg/cm ²
Resistencia del hormigón a la Compresión (Vigas) $f'c =$	254 kg/cm ²
Resistencia del hormigón a la Compresión (Columnas) $f'c =$	253 kg/cm ²
Peso específico del hormigón =	2400 kg/m ³
Modulo Poison del Hormigón =	0.20
Módulo de elasticidad del Hormigón=	$11060 * \sqrt{f'c}$
Sección de Columnas:	0.20 x 0.30 m
Sección en Vigas:	0.30 x 0.20 m
Sección Losa:	0.20 m
Sección Muros:	0.20 m
Altura entre piso:	3.60 m

Tabla 18- Datos Elementos Estructurales

Elaborado por: Diego Bolaños

Para obtener los datos anteriormente presentados en la Tabla 18, se realizaron ensayos NO destructivos sobre los elementos estructurales, estos métodos son detallados a continuación.

3.3.1. MÉTODO ESCLERÓMETRO – ASTM C805

Para este método se utilizará un martillo de rebote Schmidt, conocido comúnmente como esclerómetro, este instrumento realiza un estimado de la resistencia a la compresión del elemento de hormigón.

Este ensayo consiste en apoyar el martillo sobre la superficie por analizar, en un ángulo determinado según el tipo de elemento, previamente se limpia el área donde se aplicará la medición

GRAFICO 13-TOMA DE MUESTRA



Fuente; Diego Bolaños

Al aplicar la carga del martillo, este genera una serie de rebotes los cuales son medidos mediante una escala determinada en el instrumento (0 – 100)



GRAFICO 14-ESCLERÓMETRO

Fuente; Diego Bolaños

Se tomaron muestras en distintos elementos, 3 columnas en cada piso, 3 vigas en cada piso, una toma en cada losa de cada piso de la estructura.



GRAFICO 15-Medición en Losa

Fuente; Diego Bolaños



GRAFICO 16-Medición en Viga

Fuente; Diego Bolaños

“En el caso que el número de rebote es afectado por la orientación del martillo, los factores de reducción de certeza de las estimaciones de resistencia, este método de ensayo no es adecuado como base para la aceptación o rechazo del elemento estructural” (ASTM, 2018).

Para una toma homogénea del hormigón se debe tomar en cuenta aspectos como:

- Humedad
- Inclinación
- Estado de superficie
- Carbonatación

Factores que pueden afectar la lectura del índice de rebote:

1. Tipo de cemento.
2. Contenido, tipo y tamaño mayor del añadido.
3. Textura y forma del área.
4. Postura del artefacto.
5. Carbonatación superficial del hormigón.
6. Diferentes capas del hormigón.
7. Condiciones de humedad en el área.
8. Agilidad del operador.

3.4. RESULTADO DE LOS ENSAYOS

3.4.1. MUROS

Tabla 19-Datos de ensayo en Muros

DESCRIPCION ESTRUCTURA	NUMERO DE GOLPES										N° REBOTES	FECHA DE ENSAYO	PROMEDIO DISPAROS	ANGULO DISPARO	RESITENCIA (Kg/cm ²)	FACTOR DE DISPERSION	RESISTENCIA CORREGIDA (Kg/cm ²)
	36	40	36	38	36	34	36	34	34	36							
MUROS	36	40	36	38	36	34	36	34	34	36	10	3/6/2021	36	90	360	68	292

Fuente: Diego Bolaños

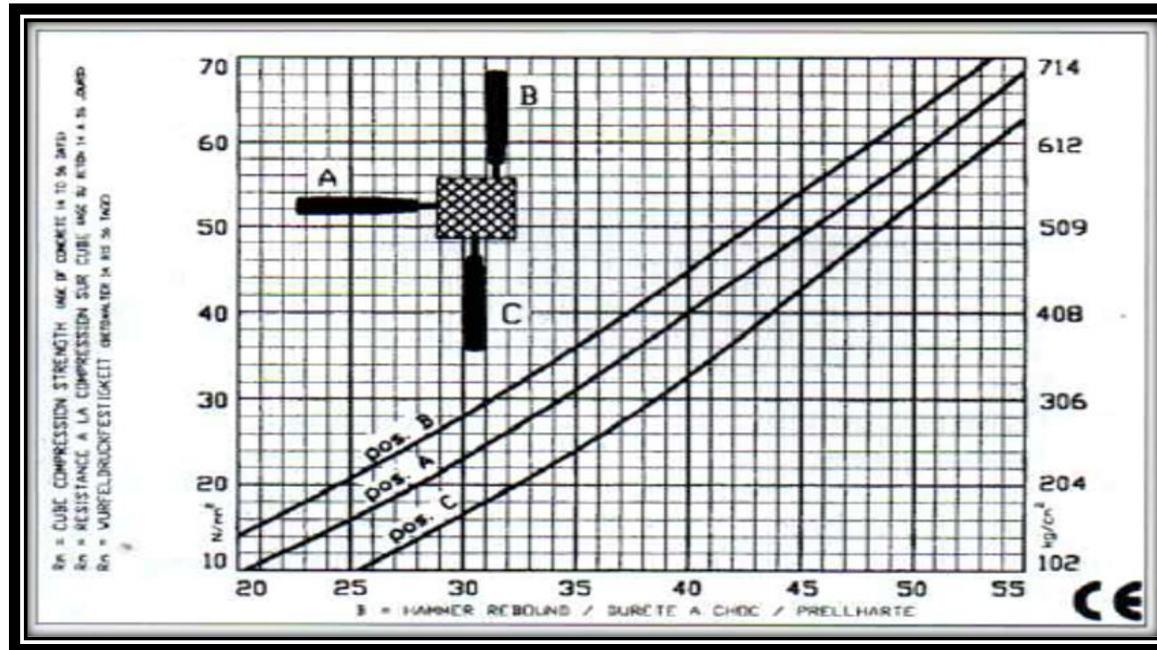
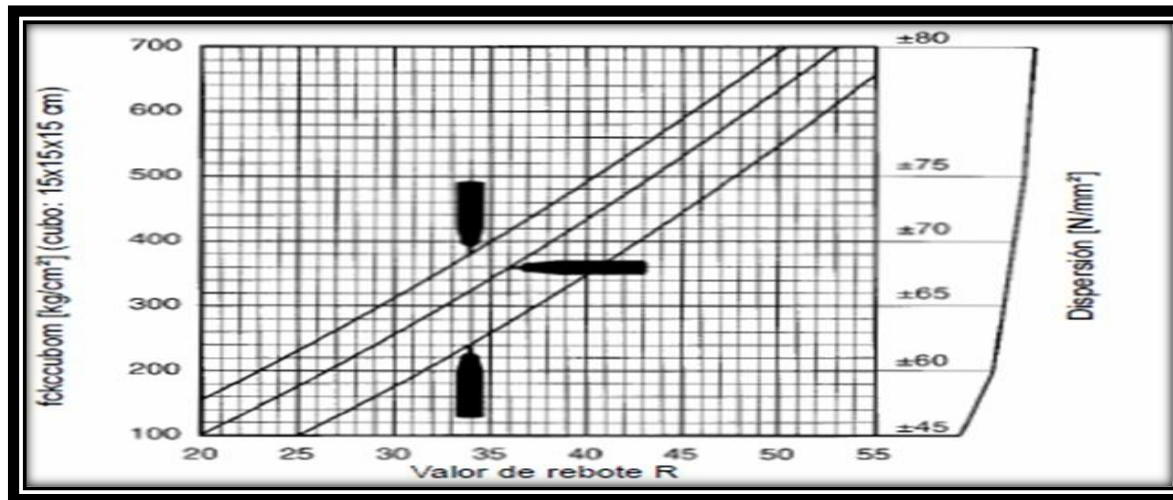


GRAFICO 17- Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete

Fuente: ASTM C805



3.4.2. VIGAS

GRAFICO 18-Datos de ensayo en Vigas

DESCRIPCION ESTRUCTURA	NUMERO DE GOLPES										N° REBOTES	FECHA DE ENSAYO	PROMEDIO DISPAROS	ANGULO DISPARO	RESITENCIA (Kg/cm2)	FACTOR DE DISPERSION	RESISTENCIA CORREGIDA (Kg/cm2)
VIGA	32	34	30	38	36	34	34	34	34	34	10	3/6/2021	34	90	320	66	254

Fuente: Diego Bolaños

3.4.3. COLUMNAS

GRAFICO 19-Datos de ensayo en Columna

DESCRIPCION ESTRUCTURA	NUMERO DE GOLPES										N° REBOTES	FECHA DE ENSAYO	PROMEDIO DISPAROS	ANGULO DISPARO	RESITENCIA (Kg/cm2)	FACTOR DE DISPERSION	RESISTENCIA CORREGIDA (Kg/cm2)
COLUMNA	34	35	36	34	36	32	34	35	36	34	10	3/6/2021	34,6	90	320	67	253

3.4.4. LOSA

GRAFICO 20-Datos de ensayo en Losa

DESCRIPCION ESTRUCTURA	NUMERO DE GOLPES									N° REBOTES	FECHA DE ENSAYO	PROMEDIO DISPAROS	ANGULO DISPARO	RESITENCIA (Kg/cm2)	FACTOR DE DISPERSION	RESISTENCIA CORREGIDA (Kg/cm2)	
LOSA	35	36	36	34	36	34	40	36	34	40	10	3/6/2021	36,1	90	360	68	292

3.5. DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS

3.5.1. CARGA MUERTA (D)

A esta carga también se denomina como permanente, este tipo de carga se refiere a su peso propio el cual es aplicada la gravedad la cual actúa permanentemente sobre el elemento, los cuales pueden ser losa, mampostería, muros, vigas, enlucidos, y son fáciles de calcular en base al peso específico de cada elemento y con las dimensiones repartidas en toda la estructura.

Item	Elemento	Peso específico	unidad				
1	Hormigon	2400	kg/m3				
2	Bloque	850	kg/m3				
	Elemento	Cantidad(u)	a(m)	b(m)	Espesor(m)	Volumen(m3)	
3	Volumen Losa	1,00	1,00	1,00	0,25	0,25	
4	Volumen aliviamiento	4,00	0,40	0,40	0,20	0,13	
5	Volumen Hormigon (1-2)					0,12	
6	Peso Losa(1x5)	292,80	Kg				
7	Peso Aliviamientos (2x4)	108,8	Kg				
9	Peso Losa 1m2 (6+7)	401,60	Kg /m2				

Losas N +3,60		
1	Area(m2)	690,61
Vano		
2	Area Vano (m2)	51,28
3	Total Area (m2) (1-2)	639,33
Losas N +7,20		
4	Area(m2)	578,96
Vano		
5	Area Vano (m2)	51,28
6	Total Area (m2) (1-2)	527,68
Losas N 10,80		
7	Area(m2)	559,00
Vano		
8	Area Vano (m2)	59,60
9	Total Area (m2) (1-2)	499,40
10	Total m2 (3+6+9)	1666,41
PESO TOTAL LOSAS (Ton)		669,23

Muros N+0,00		Columnas N+0,0	
Espesor(m)	0,2	a (m)	0,2
Altura (m)	3,6	b (m)	0,3
metros lineales (m)	85	h (m)	3,6
Peso Especifico Hormigon Armado (Kg/m3)	2400	Peso Especifico Hormigon Armado (Kg/m3)	2400
Peso Muros (Ton)	146,88	# columnas	18
		PESO TOTAL Columnas (Ton)	9,33
Muros N+3,60		Columnas N+3,60	
Espesor(m)	0,2	a (m)	0,2
Altura (m)	3,6	b (m)	0,3
metros lineales (m)	83	h (m)	3,6
Peso Especifico Hormigon Armado (Kg/m3)	2400	Peso Especifico Hormigon Armado (Kg/m3)	2400
Peso Muros (Ton)	143,42	# columnas	18
		PESO TOTAL Columnas (Ton)	9,33
Muros N+7,20		Columnas N+7,20	
Espesor(m)	0,2	a (m)	0,2
Altura (m)	3,6	b (m)	0,3
metros lineales (m)	85	h (m)	3,6
Peso Especifico Hormigon Armado (Kg/m3)	2400	Peso Especifico Hormigon Armado (Kg/m3)	2400
Peso Muros (Ton)	146,88	# columnas	18
		PESO TOTAL Columnas (Ton)	9,33
PESO TOTAL Muros (Ton)	437,18	PESO TOTAL Columnas (Ton)	27,99

Mamposteria (bloque 20*40*20)cm	Nivel +0,0
Altura (m)	3,6
Espesor(m)	0,2
Metros linales de pared	170
Peso especifico bloque (Ton/m3)	1
PESO TOTAL Mamposteria (Ton)	122,40
Mamposteria (bloque 20*40*20)cm	Nivel +3,60
Altura (m)	3,6
Espesor(m)	0,2
Metros linales de pared	190
Peso especifico bloque (Ton/m3)	1
PESO TOTAL Mamposteria (Ton)	136,80
Mamposteria (bloque 20*40*20)cm	Nivel +7,20
Altura (m)	3,6
Espesor(m)	0,2
Metros linales de pared	170
Peso especifico bloque (Ton/m3)	1
PESO TOTAL Mamposteria (Ton)	122,40
PESO TOTAL Mamposteria (Ton)	381,60

Peso acabados N+0,00	Enlucido 1,5 cm
Altura (m)	3,6
Metros linales de pared	170
total m2 paredes	733,6
Espesor enlucido(m)	0,015
Volumen en lucidos (m3)	11,004
Peso especifico bloque (Ton/m3)	2
PESO TOTAL Acabados (Ton)	22,008
Peso acabados N+3,60	Enlucido 1,5 cm
Altura (m)	3,6
Metros linales de pared	190
total m2 paredes	820
Espesor enlucido(m)	0,015
Volumen en lucidos (m3)	12,3
Peso especifico bloque (Ton/m3)	2
PESO TOTAL Acabados (Ton)	24,6
Peso acabados N+7,20	Enlucido 1,5 cm
Altura (m)	3,6
Metros linales de pared	170
total m2 paredes	733,6
Espesor enlucido(m)	0,015
Volumen en lucidos (m3)	11,004
Peso especifico bloque (Ton/m3)	2
PESO TOTAL Acabados (Ton)	22,008
PESO TOTAL Acabados (Ton)	68,62

Peso Vigas N+3,60		Peso Instalaciones+ Gypsum N+3,60	
a(m)	0,3	area (m2)	639,33
b(m)	0,35	Peso Kg/m2	35
Metros lineales	255	PESO TOTAL Instalaciones (Ton)	22,37655
Peso Especifico Hormigon Armado (Kg/m3)	2400		
PESO TOTAL Vigas (Ton)	64,26		
Peso Vigas N+7,20		Peso Instalaciones+ Gypsum N+7,20	
a(m)	0,3	area (m2)	657,00
b(m)	0,35	Peso Kg/m2	35
Metros lineales	275	PESO TOTAL Instalaciones (Ton)	22,995
Peso Especifico Hormigon Armado (Kg/m3)	2400		
PESO TOTAL Vigas (Ton)	69,3		
Peso Vigas N+10,80		Peso Instalaciones+ Gypsum N+10,80	
a(m)	0,3	area (m2)	639,00
b(m)	0,35	Peso Kg/m2	35
Metros lineales	255	PESO TOTAL Instalaciones (Ton)	22,365
Peso Especifico Hormigon Armado (Kg/m3)	2400		
PESO TOTAL Vigas (Ton)	64,26		
PESO TOTAL Vigas (Ton)	197,82	PESO TOTAL Instalaciones (Ton)	67,74

PESO TOTAL LOSAS (Ton)	669,23
PESO TOTAL Muros (Ton)	437,18
PESO TOTAL Columnas (Ton)	27,99
PESO TOTAL Mamposteria (Ton)	381,60
PESO TOTAL Acabados (Ton)	91,49
PESO TOTAL Vigas (Ton)	110,16
PESO TOTAL Instalaciones (Ton)	67,74
W TOTAL (Ton)	1785,39

Tabla 20- Calculo Carga Muerta

Fuente: Diego Bolaños

3.5.2. CARGA VIVA (L)

Las cargas vivas se refieren a las cargas que no se encuentran de forma permanente en la estructura, son originarias por el uso y la ocupación del edificio, podemos nombrar entre estas, el peso de las personas, de los equipos, de los muebles, etc.

Para el cálculo de las diversas cargas vivas que se pueden considerar en una estructura, la NEC y la CEC realizan estas consideraciones.

Tabla 21-Sobrecargas Carga Viva

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kN/m ²)	Carga concentrada (kN)
Soportes para luces cenitales y cielos rasos accesibles		0.90
Unidades educativas		
Aulas	2.00	4.50
Corredores segundo piso y superior	4.00	4.50
Corredores primer piso	4.80	4.50
Veredas, áreas de circulación vehicular y patios que puedan estar cargados por camiones	12.00	35.60 ^e
^e La carga concentrada de rueda será aplicada en un área de 100 mm x 100 mm		

Fuente: NEC-SE-CG-2015

CATEGORIA	CEC 2001		NEC-2015	
	CARGA UNIFORME (kg/m ²)	REFERENCIA	CARGA UNIFORME (kg/m ²)	REFERENCIA
Unidades educativas	480	Parte 1 - Cap 3 - Tabla 4,1	480	NEC-SE-CG Seccion 4,2,1, Tabla 9
Cubiertas	100		100	

Tabla 22-Cargas Vivas

Fuente: Diego Bolaños a partir CEC (2001) y NEC-SE-CG-2015

3.5.3. COMBINACIONES CARGA

Para las combinaciones de carga según la CEC se pueden utilizar las establecidas en el ACI-318-08 y las establecidas en la CEC - 1993 - sección: 9,2.

Tabla 23- Combinaciones CEC 2000

TIPO	ACI 318-08-APENDICE C,9,2,1	CEC - 1993 - seccion: 9,2
Combinaciones 1	1,4D + 1,7L	1,4D + 1,7L
Combinaciones 2	0,75(1,4D + 1,7L) + (1,6W o 1,0 E)	0,75(1,4D + 1,7L + 1,7W)
Combinaciones 3	0,9D + (1,6W o 1,0 E)	0,9D + 1,3W
Combinaciones 4	1,4D + 1,7L + 1,7H	1,4D + 1,7L + 1,7H
Combinaciones 5	0,75(1,4D + 1,4T + 1,7 L)	0,75(1,4D + 1,4T + 1,7 L)
Combinaciones 6	1,4(D + T)	1,4(D + T)

Fuente: Diego Bolaños a partir CEC (2001) y NEC-SE-CG-2015

Tabla 24-Combinaciones NEC 2015

TIPO	NEC-SE-CG-2015-3,4,3
Combinaciones 1	1,4D
Combinaciones 2	1,2 D + 1,6 L
Combinaciones 3	1,2 D + L + Ex
Combinaciones 4	1,2 D + L - Ex
Combinaciones 5	1,2 D + L + Ey
Combinaciones 6	1,2 D + L - Ey
Combinaciones 7	0,9 D + Ex
Combinaciones 8	0,9 D - Ex
Combinaciones 9	0,9 D + Ey
Combinaciones 10	0,9 D - Ey

Fuente: Diego Bolaños a partir CEC (2001) y NEC-SE-CG-2015

3.6. CALCULO DEL CORTANTE BASAL PARA DISEÑO (CEC 2001)

Se realizará el cálculo del Cortante basal para la edificación en base a las recomendaciones y procedimientos citadas en el Código Ecuatoriano de la Construcción CEC 2001.

3.6.1. PERIODO DE VIBRACIÓN (T)

$$T = Ct * Hn^{3/4}$$

Hn =	10,8	Altura de la Edificación
Ct =	0,09	Porticos de Acero
Ct =	<u>0,08</u>	Porticos espaciales de Hormigon Armado
Ct =	0,06	Porticos de Hormigon Armado y Muros estructurales

Tabla 25-Periodo de Vibración

Elaborado por: Diego Bolaños a partir de CEC-2001

$$Ct = 0.08$$

$$Hn = 10.80$$

$$T = 0.476 \text{ Seg}$$

3.6.2. ZONAS SÍSMICAS Y VALORES DE FACTOR (Z)

Zona sísmica	I	II	III	IV
Valor Factor Z	0,15	0,25	0,3	<u>0.4</u>

Tabla 26-Zonas sísmicas y valores de factor (Z)

Elaborado por: Diego Bolaños a partir de CEC-2001

$$Z = 0.40$$

3.6.3. COEFICIENTE DEL SUELO (S- CM)

Perfil	Descripción	S	Cm
S1	Roca o suelo Firme	1,0	2,5
S2	<u>Suelo Intermedio</u>	1,2	3,0
S3	Suelos Blandos y estratos Profundos	1,5	2,8
S4	Condiciones especiales de suelo	2,0	2,5

Tabla 27-Coeficiente del Suelo (S- Cm)

Elaborado por: Diego Bolaños a partir de CEC-2001

Para la estructura la clasificaremos S2:

$$S = 1.2$$

$$C_m = 3.0$$

3.6.4. FACTOR DE IMPORTANCIA (I)

Categoría	Tipo de uso, destino - Importancia	Factor I
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 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.	1,50
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.	<u>1,30</u>
Otras Estructuras	Todas las estructuras de edificación u otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores.	1,00

Tabla 28-Factor de Importancia (I)

Elaborado por: Diego Bolaños a partir de CEC-2001

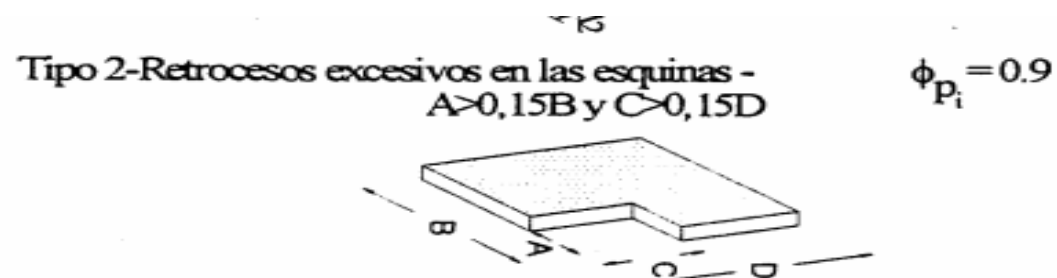
$$I = 1.30$$

3.6.5. COEFICIENTE DE CONFIGURACIÓN EN PLANTA Φ

Tipo	Descripción de las Irregularidades en Planta	ϕ pi
1	Irregularidad torsional: 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 frecuencia. La torsión accidental se define en el numeral 6.4.2 del presente código.	0,9
2	Entrantes excesivos en las esquinas : 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	0,9
3	Discontinuidad en el sistema de piso 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	0,9
4	Desplazamiento del plano de acción de elementos verticales: 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.	0,8
5	Ejes estructurales no paralelos: La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.	0,9
6	Sistema de piso flexible: 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 debe revisar la condición de piso flexible en el modelo estructural.	-

Tabla 29-Coeficiente de Configuración en Planta Φ

Elaborado por: Diego Bolaños a partir de CEC-2001



Consideramos un coeficiente: $\Phi = 0.9$

3.6.6. COEFICIENTE DE CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN (Φ_{Ei})

Tipo	Descripción de las Irregularidades en Planta	Pórticos espaciales y pórticos con vigas banda Φ_{Ei}	Sistemas duales o con Diagonales Φ_{Ei}
1	Piso blando (irregularidad en rigidez) 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.	0,9	1
2	Irregularidad en la distribución de las masas 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 liviano que el piso	0,9	1
3	Irregularidad geométrica 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	<u>0,9</u>	1
4	Desalineamiento de ejes verticales 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.	0,8	0,9
5	Piso débil-Discontinuidad en la resistencia 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).	0,8	1
6	Columnas cortas Se debe evitar la presencia de columnas cortas, tanto en el diseño como en la construcción de las	-	-

Tabla 30-Coeficiente de Configuración en Elevación (Φ_{Ei})

Elaborado por: Diego Bolaños a partir de CEC-2001

$$\Phi_{Ei} = 0.9$$

3.6.7. COEFICIENTE DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA ESTRUCTURAL (R)

R	Sistema estructural
12.0	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).
10.0	Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas o de acero laminado en caliente.
10.0	Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas banda y muros estructurales de hormigón armado (sistemas duales).
10.0	Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y diagonales rigidizadoras. *
9.0	Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas banda y diagonales rigidizadoras. *
8.0	Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes de hormigón armado con vigas banda.
7.0	Estructuras de acero con elementos armados de placas o con elementos de acero conformados en frío. Estructura de aluminio.
7.0	Estructuras de madera.
5.0	Estructura de mampostería reforzada o confinada.
3.0	Estructuras con muros portantes de tierra reforzada o confinada.

Tabla 31-Reducción de Respuesta Estructural (R)

Elaborado por: Diego Bolaños a partir de CEC-2001

$$R = 8$$

3.6.8. CALCULO DEL COEFICIENTE (C)

$$C = \frac{1.25 \times s^s}{T}$$

s =	1,2
T =	0,476

C= 3.0 Adoptado

3.6.9. CORTANTE BASAL DE DISEÑO (V)

$$V = \frac{Z * I * C}{R \Phi_p * \Phi_E} * W$$

z	0,4
I	1,3
C	3
R	8
Φ_p	0,9
Φ_E	0,9
w	1785,29
V =	0,241 w
V =	429,79

Elaborado por: Diego Bolaños a partir de CEC-2001

$$V = 0.24 W$$

$$V = 429.79 \text{ Ton}$$

3.6.10. RESUMEN CORTANTE BASAL (CEC 2001)

Factor	Valores
Hn =	10,8
Ct =	0,08
T =	0,476
Z =	0,4
S =	1,2
Cm =	3
I =	1,3
$\Phi_p =$	0,9
$\Phi_E =$	0,9
R =	8
C =	3
V =	0,241 w
V =	429,79

Tabla 32-Resumen Cortante Basal según CEC 2001

Elaborado por: Diego Bolaños a partir de CEC-2001

3.7. DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS (CEC 2001)

La distribución de las fuerzas laterales para cada piso se considera en base la siguiente Ecuación detallada en el CEC 2001.

$$F_x = \frac{(V - F_t) W_x H_x}{\sum W_i * H_i}$$

F_x = La fuerza en el nivel x de la edificación y se debe aplicar sobre el área de ese nivel, considerando la distribución de masas de cada nivel.

W_i = El peso correspondiente en cada nivel de la edificación.

$$F_t = 0.07 T$$

Donde:

F_t = La fuerza que se aplica en el punto más alto de la edificación.

T = Periodo con el cual se calculó el Cortante Basal

Tabla 33-Distribución de Fuerzas

Piso	Altura(m)	Hi(altura Acumulada)(m)	Area(m2)	Peso piso (Ton/m2)	wi(P Total) (Ton)	Wi * Hi (Ton/m)	Fuerza Total (Ton)
3	3,6	10,8	639,33	0,97	623,09	6729,34	221,486
2	3,6	7,2	527,68	1,13	595,43	4287,07	141,102
1	3,6	3,6	499,4	1,14	566,88	2040,77	67,169
				Suma	1785,39	13057,17	429,76

Fuente: Diego Bolaños en base CEC 2001

3.8. ESPECTRO SÍSMICO ELÁSTICO (CEC 2001)

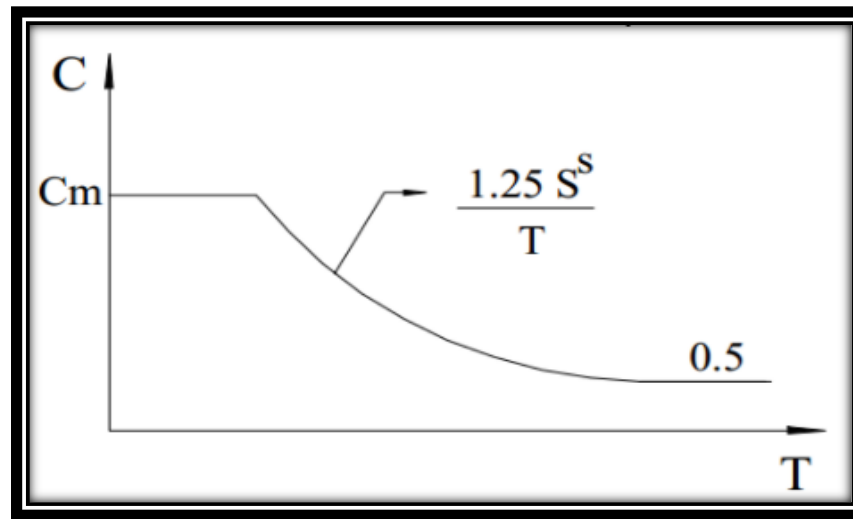
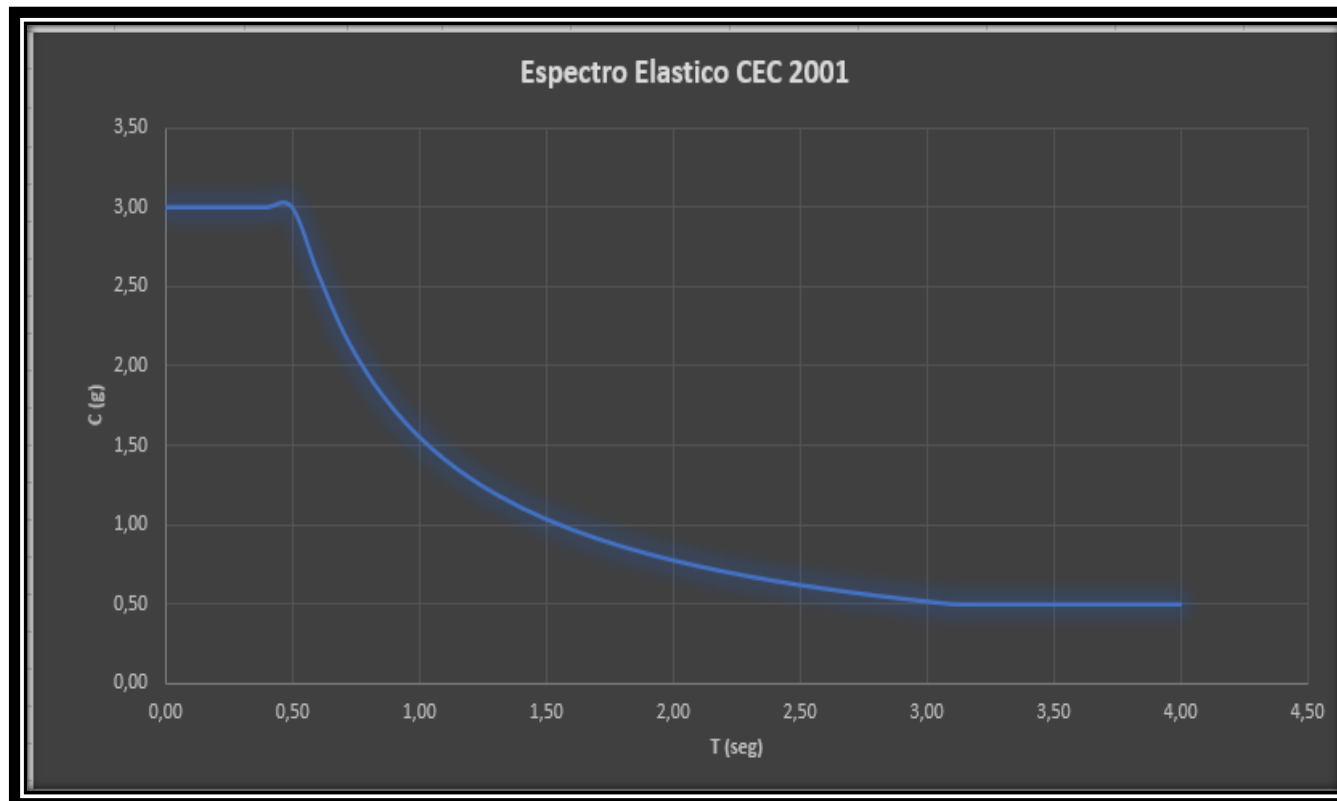


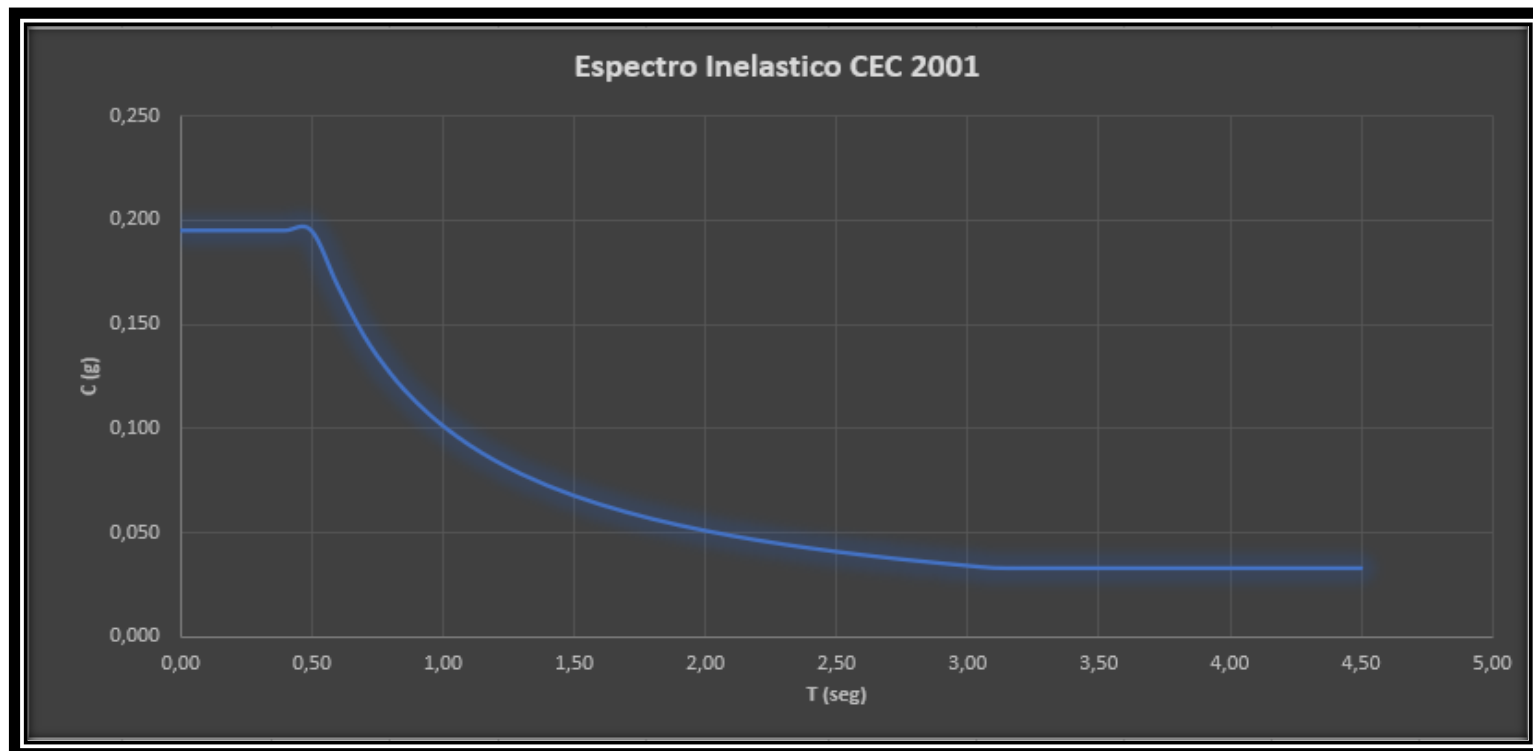
Tabla 34-Espectro Sísmico Elástico con CEC 2002

Elaborado por CEC-2001



T (seg)	C (g)	T (seg)	C (g)
0,00	3,00	2,1	0,74
0,10	3,00	2,2	0,71
0,20	3,00	2,3	0,68
0,30	3,00	2,4	0,65
0,40	3,00	2,5	0,62
0,50	3,00	2,6	0,60
0,60	2,59	2,7	0,58
0,70	2,22	2,8	0,56
0,80	1,94	2,9	0,54
0,90	1,73	3	0,52
1,00	1,56	3,1	0,50
1,10	1,41	3,2	0,50
1,20	1,30	3,3	0,50
1,30	1,20	3,4	0,50
1,40	1,11	3,5	0,50
1,50	1,04	3,6	0,50
1,60	0,97	3,7	0,50
1,70	0,92	3,8	0,50
1,80	0,86	3,9	0,50
1,90	0,82	4	0,50
2,00	0,78	4,1	0,50

Elaborado por: Diego Bolaños a partir de CEC-2001



T (seg)	C (g)	C*Z*I	Sa Inelastico (g)
0,00	3,00	1,6	0,195
0,10	3,00	1,6	0,195
0,20	3,00	1,6	0,195
0,30	3,00	1,6	0,195
0,40	3,00	1,6	0,195
0,50	3,00	1,6	0,195
0,60	2,59	1,3	0,169
0,70	2,22	1,2	0,144
0,80	1,94	1,0	0,126
0,90	1,73	0,9	0,112
1,00	1,56	0,8	0,101
1,10	1,41	0,7	0,092
1,20	1,30	0,7	0,084
1,30	1,20	0,6	0,078
1,40	1,11	0,6	0,072
1,50	1,04	0,5	0,067
1,60	0,97	0,5	0,063
1,70	0,92	0,5	0,059
1,80	0,86	0,4	0,056
1,90	0,82	0,4	0,053
2,00	0,78	0,4	0,051

T (seg)	C (g)	C*Z*I	Sa Inelastico (g)
2,10	0,74	0,4	0,048
2,20	0,71	0,4	0,046
2,30	0,68	0,4	0,044
2,40	0,65	0,3	0,042
2,50	0,62	0,3	0,040
2,60	0,60	0,3	0,039
2,70	0,58	0,3	0,037
2,80	0,56	0,3	0,036
2,90	0,54	0,3	0,035
3,00	0,52	0,3	0,034
3,10	0,50	0,3	0,033
3,200	0,500	0,3	0,033
3,30	0,50	0,3	0,033
3,4	0,500	0,3	0,033
3,5	0,500	0,3	0,033
3,6	0,500	0,3	0,033
3,7	0,500	0,3	0,033
3,8	0,500	0,3	0,033
3,9	0,500	0,3	0,033
4	0,5	0,3	0,033
4,1	0,5	0,3	0,033
4,2	0,500	0,3	0,033
4,3	0,500	0,3	0,033
4,4	0,500	0,3	0,033
4,5	0,500	0,3	0,033

Elaborado por: Diego Bolaños a partir de CEC-2001

3.9. CALCULO DEL CORTANTE BASAL PARA DISEÑO (NEC 2015)

Se aplicará los calculo detallados en NEC 2015 (SE-DS)

3.9.1. FACTOR Z

Tabla 35-NEC FACTOR Z POR ZONA

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	<u>0.40</u>	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Fuente: NEC 2015

3.9.2. CLASIFICACIÓN DEL SUELO

El suelo lo clasificaremos como tipo **D** en base a **la velocidad de onda de corte para la zona.**

$$Vs30= 241.89 \text{ m/s}$$

Tabla 36-CLASIFICACIÓN TIPOS DE SUELO NEC

TIPO DE PERFIL	DESCRIPCION	DEFINICION
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500 \text{ m/s}$
B	Perfil de roca con rigidez media	$V_s \geq 1500 \text{ m/s} \geq 760 \text{ m/s}$
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante	$760 \geq V_s \geq 360 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50 \quad S_u \geq 100 \text{ Kpa}$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante	$360 \geq V_s \geq 180 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 \geq N \geq 15 / 100 \text{ kPa} > S_u \geq 50 \text{ Kpa}$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante	$V_s < 180 \text{ m/s}$
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP \geq 20 / W \geq 40\% / S_u < 50 \text{ Kpa}$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases	
	F1—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H >3m para turba o arcillas orgánicas)	
	F3—Arcillas de muy alta plasticidad (H >7.5 m con índice de Plasticidad IP >75)	
	F4—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H >30m)	
	F5—Suelos con contrastes de impedancia α ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.	
	F6—Rellenos colocados sin control ingenieril.	

Fuente: NEC 2015

3.9.3. COEFICIENTES DEL PERFIL DE SUELO (FA, FD, FC)

3.9.3.1. Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo cortó (Fa).

Para nuestra estructura la clasificación del suelo D y una zona sísmica V, nuestro coeficiente **Fa = 1.2**

Tabla 37 NEC-2015- Factor de sitio Fa

Tipo de perfil del subsuelo	I	II	III	IV	V	VI
Factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	<u>1.2</u>	1.12
E	1.8	1.5	1.39	1.26	1.14	0.97

Fuente: NEC-SE-DS, 2015

3.9.3.2. Fd: desplazamientos para diseño en roca.

Para nuestra **estructura** con un tipo de suelo D y una zona sísmica V, el coeficiente Fd = 1.19

Tabla 9 NEC-Factor de sitio Fd

Fuente: NEC-SE-DS, 2015

Tipo de perfil del subsuelo	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
D	1.62	1.45	1.36	1.28	<u>1.19</u>	1.11
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5

3.9.3.3. Comportamiento No lineal de los suelos (Fs)

Tabla 10-NEC Factor Fs

Fuente: NEC-SE-DS, 2015

Tipo de perfil del subsuelo	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	<u>1.28</u>	1.40
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2

Para la estructura:

$$F_a = 1,2$$

$$F_d = 1,19$$

$$F_s = 1,28$$

3.9.4. ESPECTRO DE RESPUESTA ELÁSTICO DE ACELERACIONES

Para nuestra estructura $S_a = 1.778 \text{ g}$

n = razón entre la aceleración espectral S_a ($T = 0.1 \text{ s}$) y el PGA para el periodo de retorno seleccionado.

$n = 2.48$ Provincias de la Sierra

$r = 1.00$ Para tipos de suelo D

$S_a = n * z * F_a$ para $0 < T < T_c$

$S_a = 1.190 \text{ g}$

$S_a = n * z * F_a * \left(\frac{T_c}{T}\right)^r$ para $T \geq T_c$

$S_a = 1.778 \text{ g}$

3.9.5. PERIODO DE VIBRACIÓN T

Tipo de estructura	C _t	α
Estructuras de acero		
Sin arriostramientos	0.072	0.8
Con arriostramientos	0.073	0.75
Pórticos especiales de hormigón armado		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0.055	0.9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural	0.055	0.75

Tabla 38 Coeficiente Ct-α

Fuente: NEC-SE-DS, 2015

Para nuestra estructura T=

$$T = C_t * h n^\alpha$$

$$T = 0.467 \text{ Seg}$$

3.9.6. PERIODO DE VIBRACIÓN LIMITE (TC Y TL)

$$T_c = 0.55 * F_s * \left(\frac{F_d}{F_a}\right)$$

$$T_c = 0.698 \text{ seg}$$

$$T_L = 2.4 * F_d$$

$$T_L = 2.856 \text{ seg}$$

3.9.7. COEFICIENTE DE IMPORTANCIA (I)

Tabla 39-Coeficiente de Importancia I

Fuente: NEC-SE-DS, 2015

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coeficiente I
Edificaciones esenciales	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 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

Para nuestra estructura el coeficiente

$$I = 1,3$$

3.9.8. FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA R (DUCTILIDAD).

Para nuestra estructura el Factor de reducción de resistencia R

$$R = 5$$

Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural R, Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Sistemas Duales	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras, sean de hormigón o acero laminado en caliente	7
Pórticos de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas) o con muros estructurales de hormigón armado.	7
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas).	7
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	6
Pórticos resistentes a momentos	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	6
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	6
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.	6
Otros Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado sistemas estructurales para edificaciones	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	<u>5</u>
Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural R, Sistema Estructurales de Ductilidad Limitada	
PORTICOS RESISTENTES A MOMENTO	
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HA, limitados a viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 4 metros.	3
Estructuras de acero conformado en frío, aluminio, madera, limitados a 2 pisos. 3	3
Muros estructurales portantes	
Mampostería no reforzada, limitada a un piso	1
Mampostería reforzada, limitada a 2 pisos.	3

3.9.9. COEFICIENTE EN PLANTA Φ_p Y CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN Φ_E

Nuestra estructura la consideraremos como una regular tanto en planta como en elevación, ya que no presenta una irregularidad prominente.

$$\Phi_p = 0.90$$

$$\Phi_E = 0.90$$

3.9.10. CORTANTE BASAL

Tabla 40-Cortante basal

$V = \frac{I S_a(T_a)}{R \phi_p \phi_e} W$	
Dónde	
$S_a(T_a)$	Espectro de diseño en aceleración; véase en la sección
ϕ_p y ϕ_e	Coefficientes de configuración en planta y elevación; véase en la sección
I	Coefficiente de importancia; se determina en la sección
R	Factor de reducción de resistencia sísmica; véase en la sección
V	Cortante basal total de diseño
W	Carga sísmica reactiva; véase en la sección
T_a	Periodo de vibración; véase en la sección

Fuente: NEC-SE-DS, 2015

Ta= la Seudo-aceleracion está en función del periodo

$$V = \frac{I * Sa(Ta)}{R * \phi_p * \phi_e} * W$$

$$V = \frac{1.3 * 1.190}{5 * 0.9 * 0.9} * W$$

$$V = 0.382 * W$$

$$V = 0.382 * 1785.39 \text{ Ton}$$

$$V = 682.20 \text{ Ton}$$

3.10. DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE FUERZAS SÍSMICAS LATERALES (NEC 2015).

$$F_x = \frac{W_x H^k_x}{\sum W_i * H_i} * V$$

F_x = La fuerza Lateral aplicada en el piso x de la edificación

W_i = El peso correspondiente en cada nivel i de la edificación.

W_i = El peso correspondiente en cada nivel x de la edificación.

V = La cortante en la base de la estructura

K = Coeficiente dependiente del periodo de vibración T

Tabla 41-Valores de K

Valores de T (s)	k
≤ 0.5	1
0.5 < T ≤ 2.5	0.75 + 0.50 T
> 2.5	2

Fuente: NEC-SE-DS, 2015

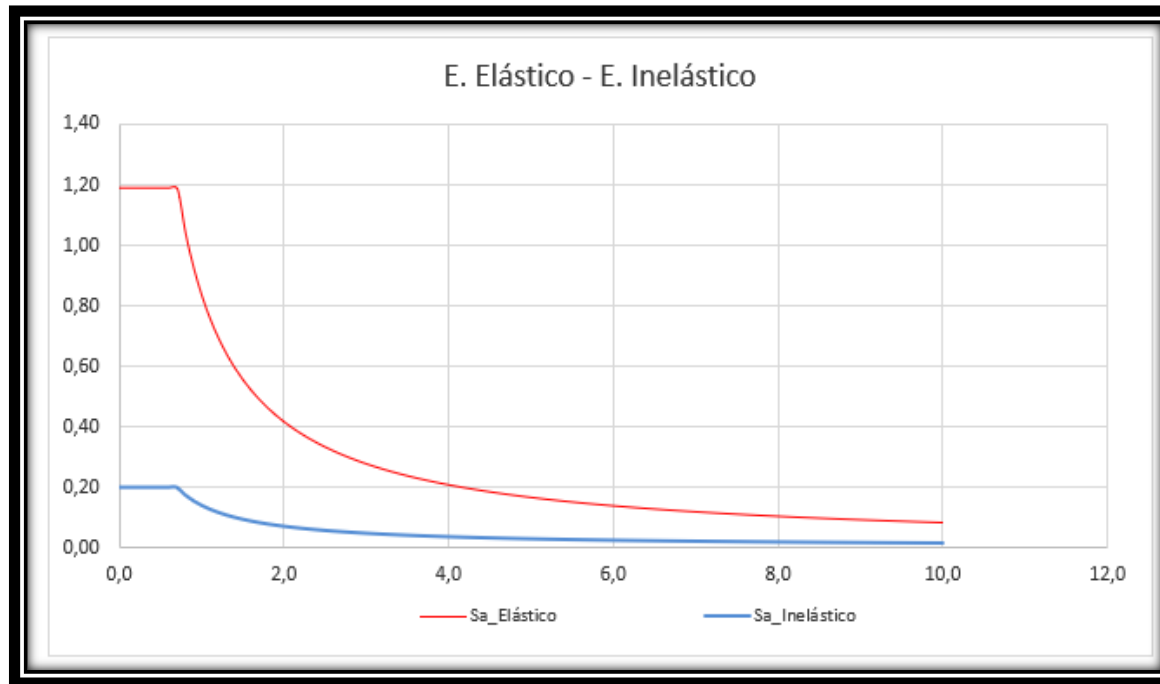
Tabla 42-Distribución de Fuerzas NEC 2015

Piso	Altura(m)	H _i (altura Acumulada)(m)	Area(m ²)	Peso piso (Ton/m ²)	w _i (P Total) (Ton)	W _i * H _i (Ton/m)	Fuerza Total (Ton)
3	3,6	10,8	639,33	0,97	623,09	6729,34	351,589
2	3,6	7,2	527,68	1,13	595,43	4287,07	223,987
1	3,6	3,6	499,4	1,14	566,88	2040,77	106,624
				Suma	1785,39	13057,17	682,200

Fuente: Diego Bolaños en base NEC 2015

3.11. ESPECTRO ELÁSTICO DE DISEÑO (NEC 2015).

GRAFICO 21-Sa Elástico – Inelástico



Fuente: Diego Bolaños

T	Sa * g	Sa_Elastico	Sa_Inelástico	T	Sa * g	Sa_Elastico	Sa_Inelástico
0,00	11,678	1,190	0,238	2,600	3,136	0,320	0,064
0,100	11,678	1,190	0,238	2,700	3,020	0,308	0,062
0,200	11,678	1,190	0,238	2,800	2,912	0,297	0,059
0,300	11,678	1,190	0,238	2,900	2,811	0,287	0,057
0,400	11,678	1,190	0,238	3,000	2,718	0,277	0,055
0,500	11,678	1,190	0,238	3,100	2,630	0,268	0,054
0,600	11,678	1,190	0,238	3,200	2,548	0,260	0,052
0,700	11,647	1,187	0,237	3,300	2,471	0,252	0,050
0,800	10,191	1,039	0,208	3,400	2,398	0,244	0,049
0,900	9,059	0,923	0,185	3,500	2,329	0,237	0,047
1,000	8,153	0,831	0,166	3,600	2,265	0,231	0,046
1,100	7,412	0,756	0,151	3,700	2,203	0,225	0,045
1,200	6,794	0,693	0,139	3,800	2,145	0,219	0,044
1,300	6,271	0,639	0,128	3,900	2,090	0,213	0,043
1,400	5,823	0,594	0,119	4,000	2,038	0,208	0,042
1,500	5,435	0,554	0,111	4,100	1,988	0,203	0,041
1,600	5,095	0,519	0,104	4,200	1,941	0,198	0,040
1,700	4,796	0,489	0,098	4,300	1,896	0,193	0,039
1,800	4,529	0,462	0,092	4,400	1,853	0,189	0,038
1,900	4,291	0,437	0,087	4,500	1,812	0,185	0,037
2,000	4,076	0,416	0,083	4,600	1,772	0,181	0,036
2,100	3,882	0,396	0,079	4,700	1,735	0,177	0,035
2,200	3,706	0,378	0,076	4,800	1,698	0,173	0,035
2,300	3,545	0,361	0,072	4,900	1,664	0,170	0,034
2,400	3,397	0,346	0,069	5,000	1,631	0,166	0,033
2,500	3,261	0,332	0,066				

Tabla 43-Espectro Elástico de Diseño

CAPITULO 4

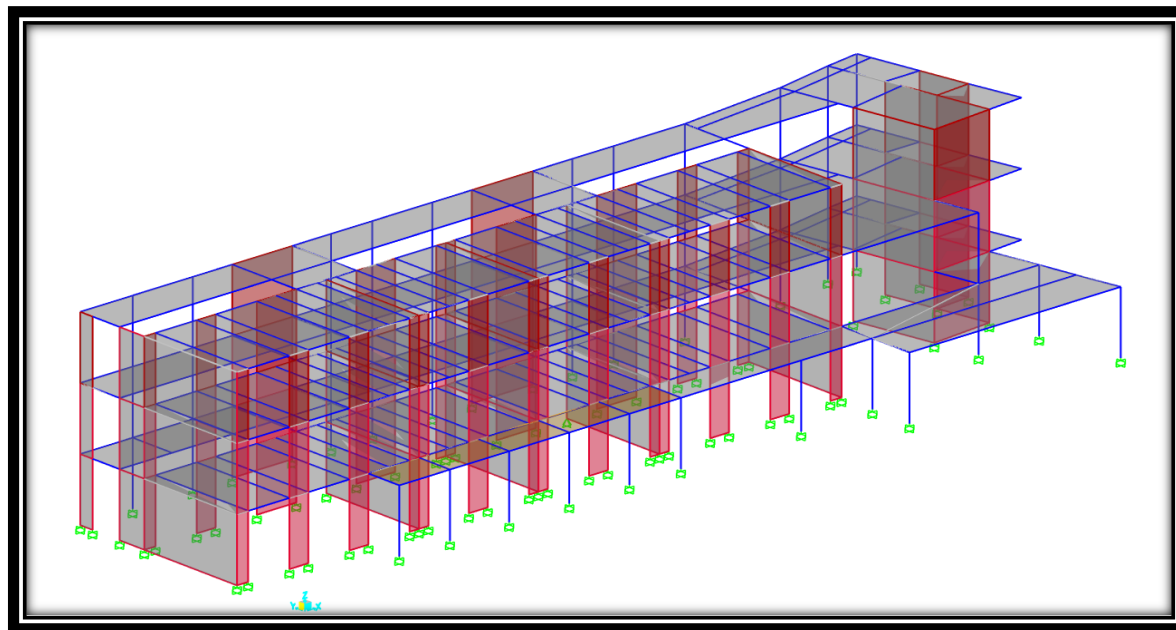
4.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

4.1.1. MODELACIÓN COMPUTARIZADA

Existen una variedad de formas para realizar el modelado estructural, con el cual permita una manera ágil y eficaz obtener resultados sobre la modelación de nuestra edificación, esto siempre y cuando se tenga un dominio y conocimiento sobre las normas que rigen en el sector de la construcción de cada país.

En este caso utilizaremos el programa computacional SAP 2000, el cual se realizó la estructuración del edificio conforme a los planos arquitectónicos, en este obtendremos valores de análisis muy importantes como son derivas, revisiones modales, cargas.

GRAFICO 22-Modelamiento Edificio



Fuente: Diseñado por Diego Bolaños en SAP 2000

El programa desarrolla el diseño de elementos tanto de hormigón como de acero, para los cuales puede realizar el análisis Lineal y Dinámico para evaluar la edificación cuando es expuesta a una excitación sísmica.

4.1.2. DISEÑO MATERIALES

Resistencia del hormigon a la Compresion (Muros) $f'c =$	292 kg/cm ²
Resistencia del hormigon a la Compresion (Vigas) $f'c =$	254 kg/cm ²
Resistencia del hormigon a la Compresion (Columnas) $f'c =$	253 kg/cm ²
Peso especifico del hormigon =	2400 kg/m ³
Modulo Poison del Hormigon =	0.20
Modulo de elasticidad del Hormigon=	$11060 * \sqrt{f'c}$
Seccion de Columnas:	0.20 x 0.30 m
Seccion en Vigas:	0.30 x 0.35 m
Seccion Losa:	0.20 m
Seccion Muros:	0.20 m
Altura entre piso:	3.60 m

Elaborado por: Diego Bolaños a partir de CEC-2001

4.1.3. HORMIGÓN $F'c=253$ Kg/cm² - 254 Kg/cm² - 292 Kg/cm²

Valor referencial, tomado en base al ensayo esclerómetro.

$f'c = 253$ Kg/cm ²	$f'c = 254$ Kg/cm ²	$f'c = 292$ Kg/cm ²
$E = 11060\sqrt{f'c}$ Kg/cm ²	$E = 11060\sqrt{f'c}$ Kg/cm ²	$E = 11060\sqrt{f'c}$ Kg/cm ²
$E = 11060\sqrt{253}$ Kg/cm ²	$E = 11060\sqrt{254}$ Kg/cm ²	$E = 11060\sqrt{292}$ Kg/cm ²
E= 175920,1 Kg/cm ²	E= 176267,4 Kg/cm ²	E= 188993,4 Kg/cm ³

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: fc=253kg/cm2

Material Type: Concrete

Material Grade:

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 2,400E-03

Mass per Unit Volume: 2,447E-06

Units

Kgf, cm, C

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 1759521,

Poisson, U: 0,2

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 9,900E-06

Shear Modulus, G: 733133,8

Other Properties For Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, fc: 253,

Expected Concrete Compressive Strength: 253,

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

GRAFICO 23-Definición Material Hormigón fc' 253 kg/cm2

Fuente: Diego Bolaños

4.1.4. ACERO DE REFUERZO

Fy = 4200 kg/cm2, acero longitudinal 14d y estribos 10d

The image shows two side-by-side dialog boxes from a software application. The left dialog is titled "Material Property Data" and contains the following sections:

- General Data:** Material Name and Display Color: REFUERZO; Material Type: Rebar; Material Grade: (empty); Material Notes: Modify/Show Notes...
- Weight and Mass:** Weight per Unit Volume: 76972.86; Mass per Unit Volume: 7849.0474; Units: N, m, C
- Uniaxial Property Data:** Modulus Of Elasticity, E: 1.999E+11; Poisson, U: 0.3; Coefficient Of Thermal Expansion, A: 1.170E-05; Shear Modulus, G: (empty)
- Other Properties For Rebar Materials:** Minimum Yield Stress, Fy: 4.119E+08; Minimum Tensile Stress, Fu: 6.205E+08; Expected Yield Stress, Fye: 4.551E+08; Expected Tensile Stress, Fue: 6.826E+08

The right dialog is titled "Reinforcement Data" and contains the following sections:

- Rebar Material:** Longitudinal Bars: + ACERO REFUERZO; Confinement Bars (Ties): + ACERO REFUERZO
- Design Type:** Column (P-M2-M3 Design); Beam (M3 Design Only)
- Reinforcement Configuration:** Rectangular; Circular
- Confinement Bars:** Ties; Spiral
- Longitudinal Bars - Rectangular Configuration:** Clear Cover for Confinement Bars: 3,81; Number of Longit Bars Along 3-dir Face: 3; Number of Longit Bars Along 2-dir Face: 3; Longitudinal Bar Size: + 14d
- Confinement Bars:** Confinement Bar Size: + 10d; Longitudinal Spacing of Confinement Bars: 15,24; Number of Confinement Bars in 3-dir: 3; Number of Confinement Bars in 2-dir: 3
- Check/Design:** Reinforcement to be Checked; Reinforcement to be Designed

Buttons for "OK" and "Cancel" are located at the bottom right of the "Reinforcement Data" dialog.

GRAFICO 24-Definición Material Acero Fy 4200 kg/cm2

Fuente: Diego Bolaños

4.1.5. SECCIÓN COLUMNA 20 X 30 cm

Se crea elemento en base a las dimensiones tomadas in situ y en planos, se escoge un factor de agrietamiento de 0.8 de acuerdo a lo establecido en la NEC 2015.

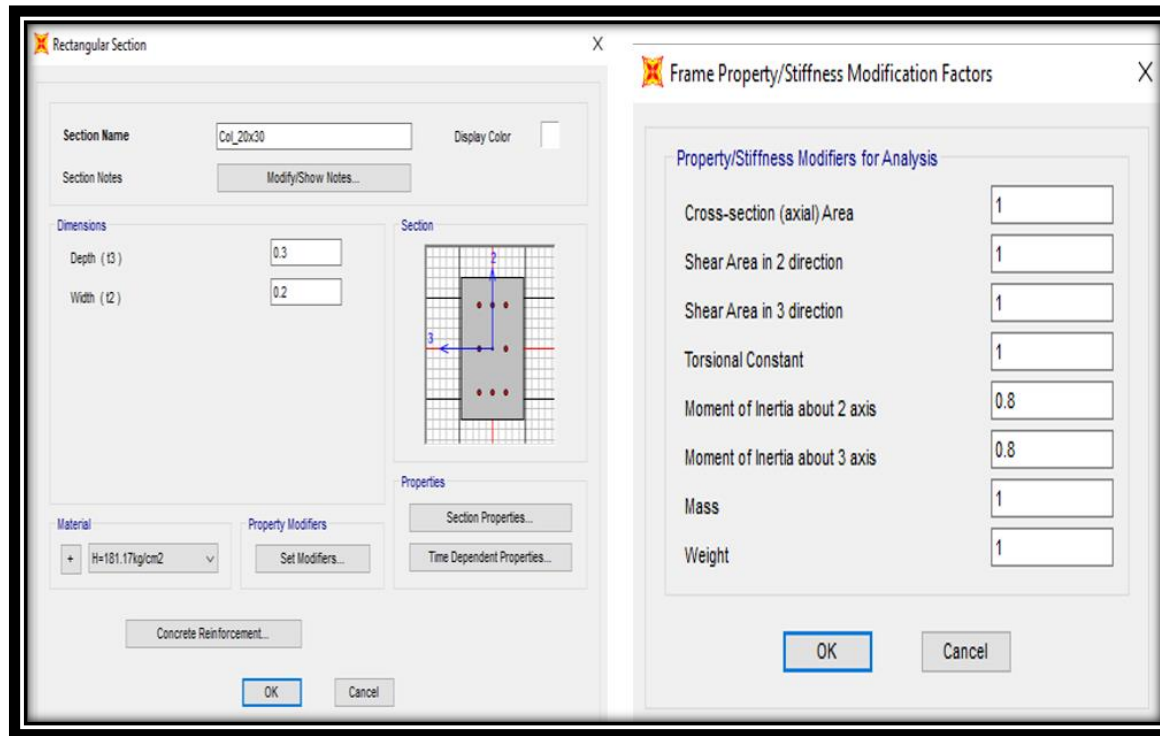


GRAFICO 25-Columnas 20*30 – Agrietamiento

Fuente: Diego Bolaños

4.1.6. SECCIÓN VIGAS 20*30 CM

Creación de vigas banda, se escoge un factor de agrietamiento de 1 debido al aporte de rigidez de la losa sobre la viga.

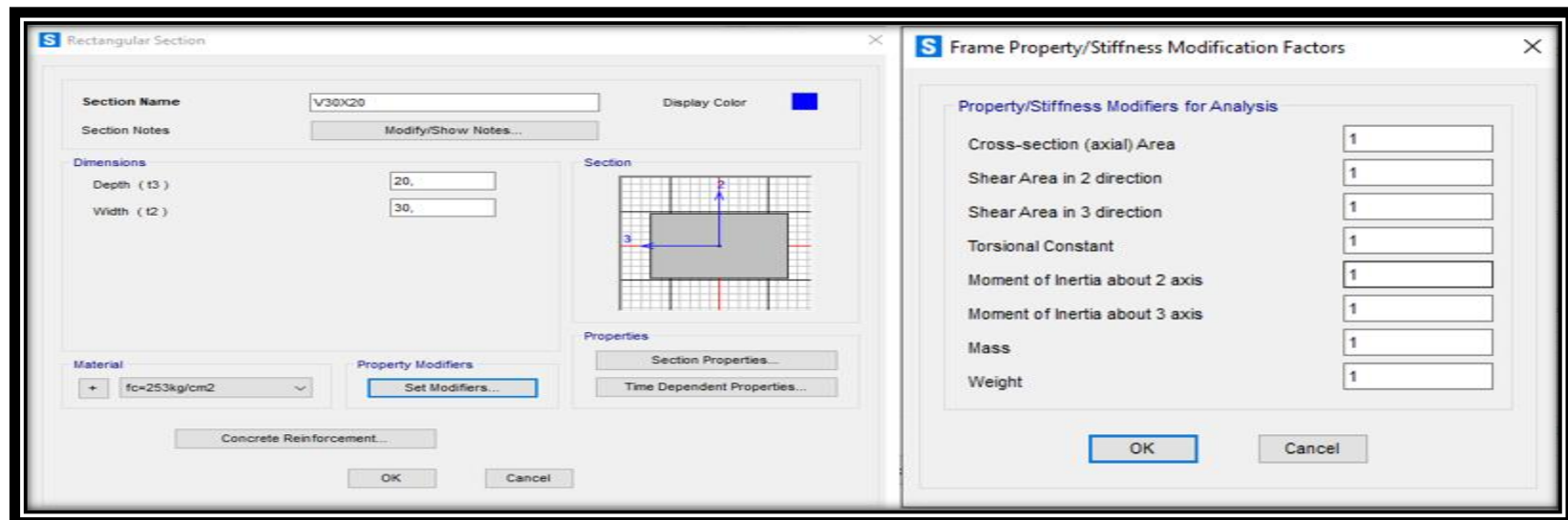


GRAFICO 26-Vigas Banda

Fuente: Diego Bolaños

4.1.7. PATRONES DE CARGA

Definición de patrones de carga en base a las normativas CEC 2001 y NEC- SE-CG-2015

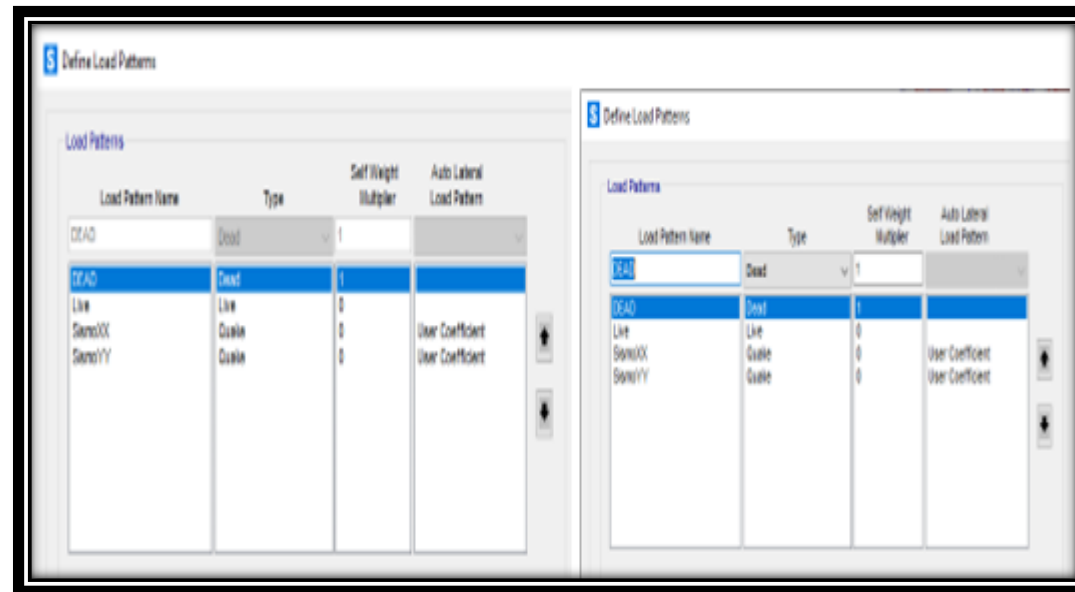


GRAFICO 27-Patrones de Carga

Fuente: Diego Bolaños

4.1.8. CASOS DE CARGA

Definición casos de carga estos para luego crear las combinaciones de carga, también se crean los casos de cargas espectrales en (x, y).

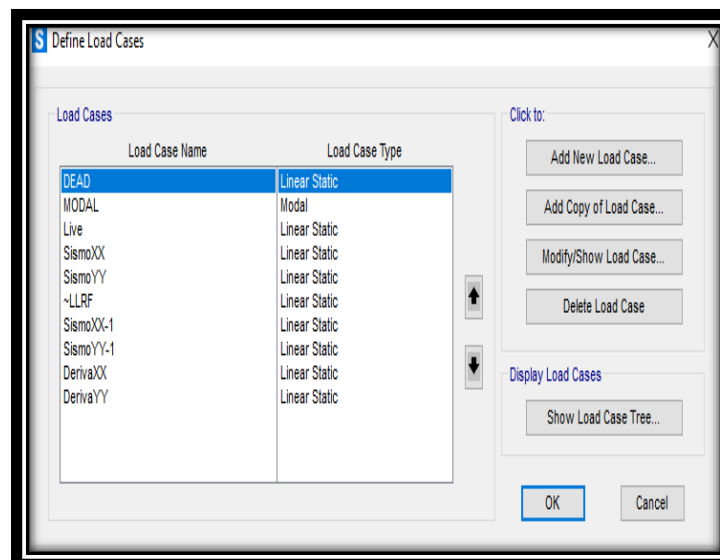


GRAFICO 28-Casos de Carga x, y

Fuente: Diego Bolaños

Se ingresan los coeficientes de cortante 0.241 para el modelado en base a la CEC y de 0.382 para la NEC
Adicional ingresamos en ambos casos el valor de excentricidad de un 0.1 el cual corresponde al 10%.

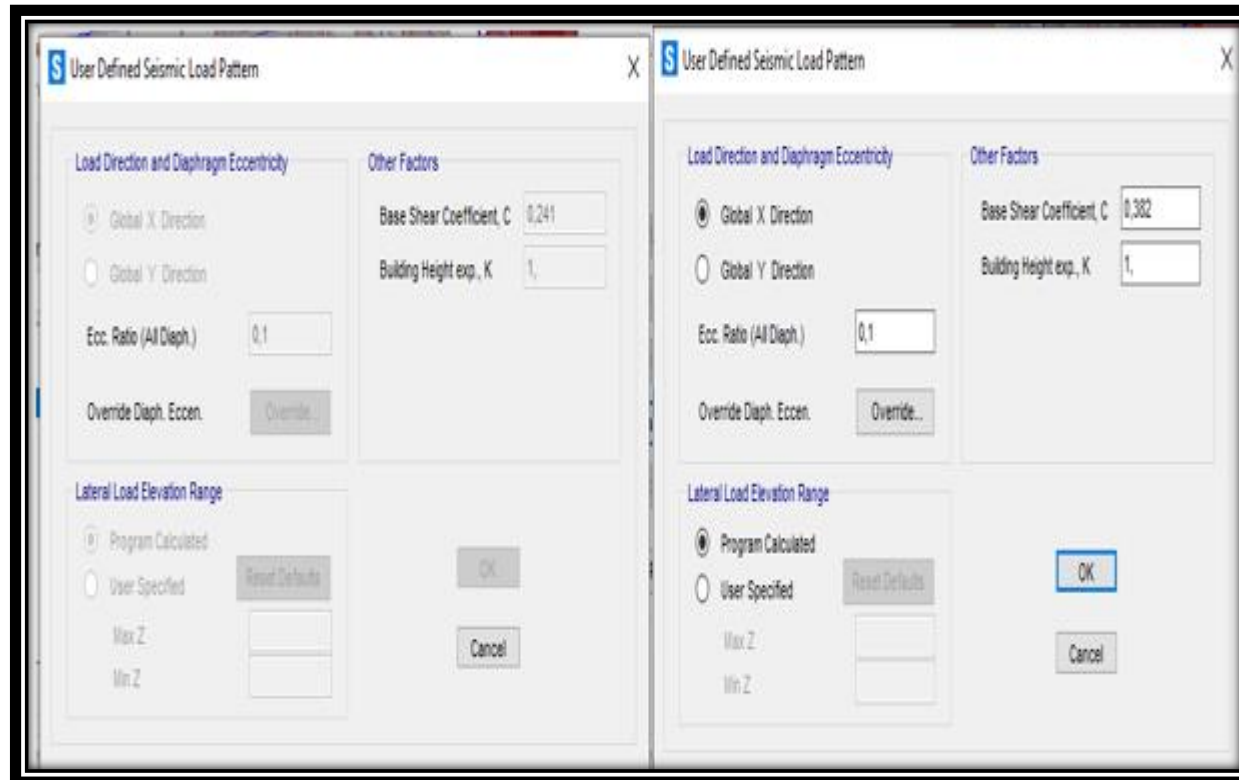


GRAFICO 29-Coeficiente cortante y excentricidad

Fuente: Diego Bolaños

4.1.9. COMBINACIONES DE CARGA

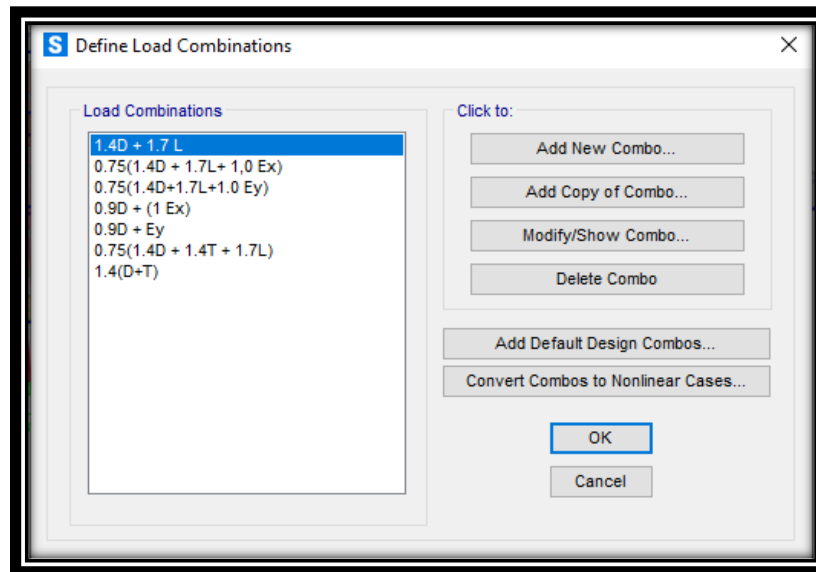


GRAFICO 30-Combinaciones de carga CEC 2001

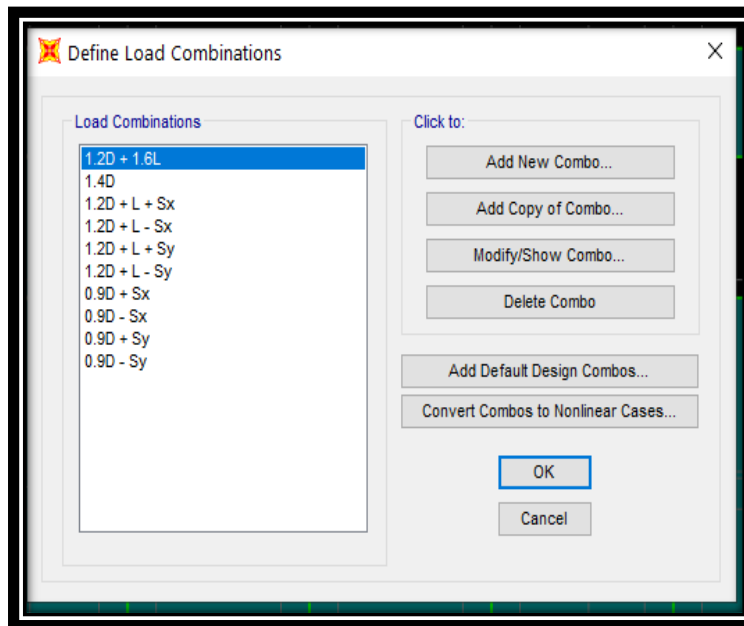


GRAFICO 31-Combinaciones de carga NEC 2015

Fuente: Diego Bolaños

4.1.10. CREACIÓN DE MUROS

Creación de muros con un $F'C$ 292 kg/cm², se escoge un factor de agrietamiento de 0.6 de acuerdo a lo establecido en la NEC 2015.

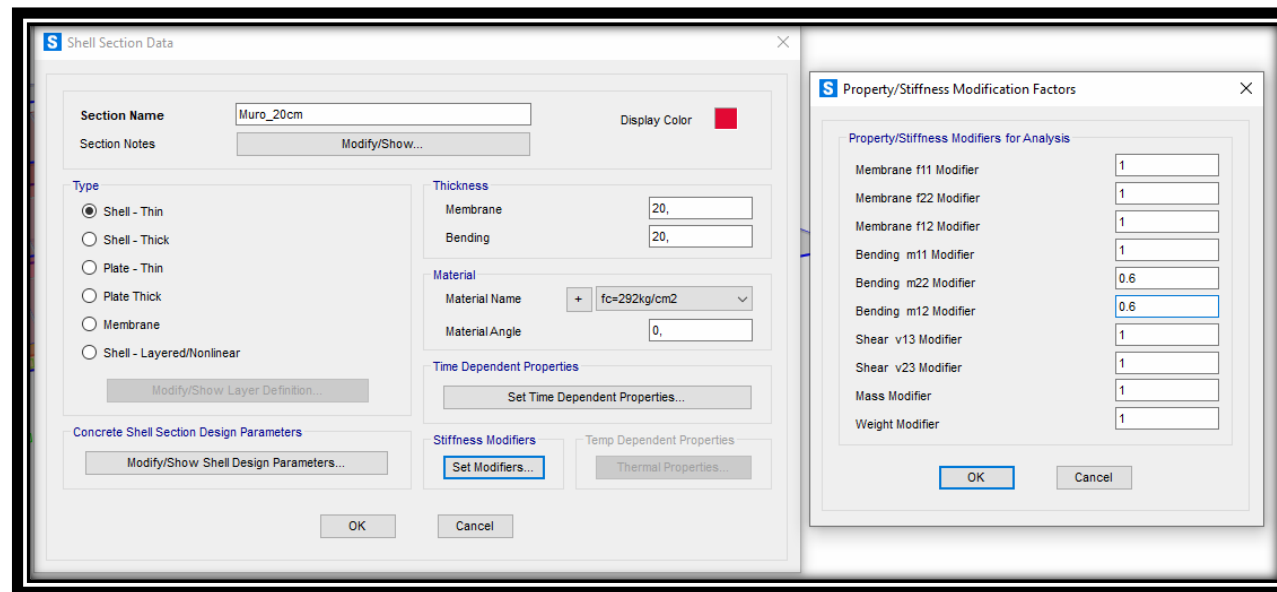


GRAFICO 32-Muros $f'c$ 292 kg/cm²

Fuente: Diego Bolaños

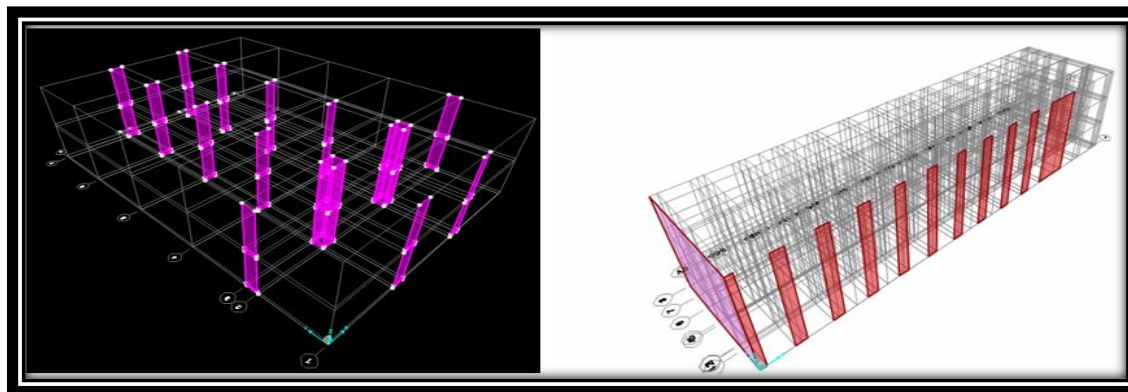


GRAFICO 33-Muros(3D) $f'c$ 292 kg/cm²

Fuente: Diego Bolaños

4.1.11. ASIGNACIÓN DE LOSAS

Losa con $F'C$ 292 kg/cm²

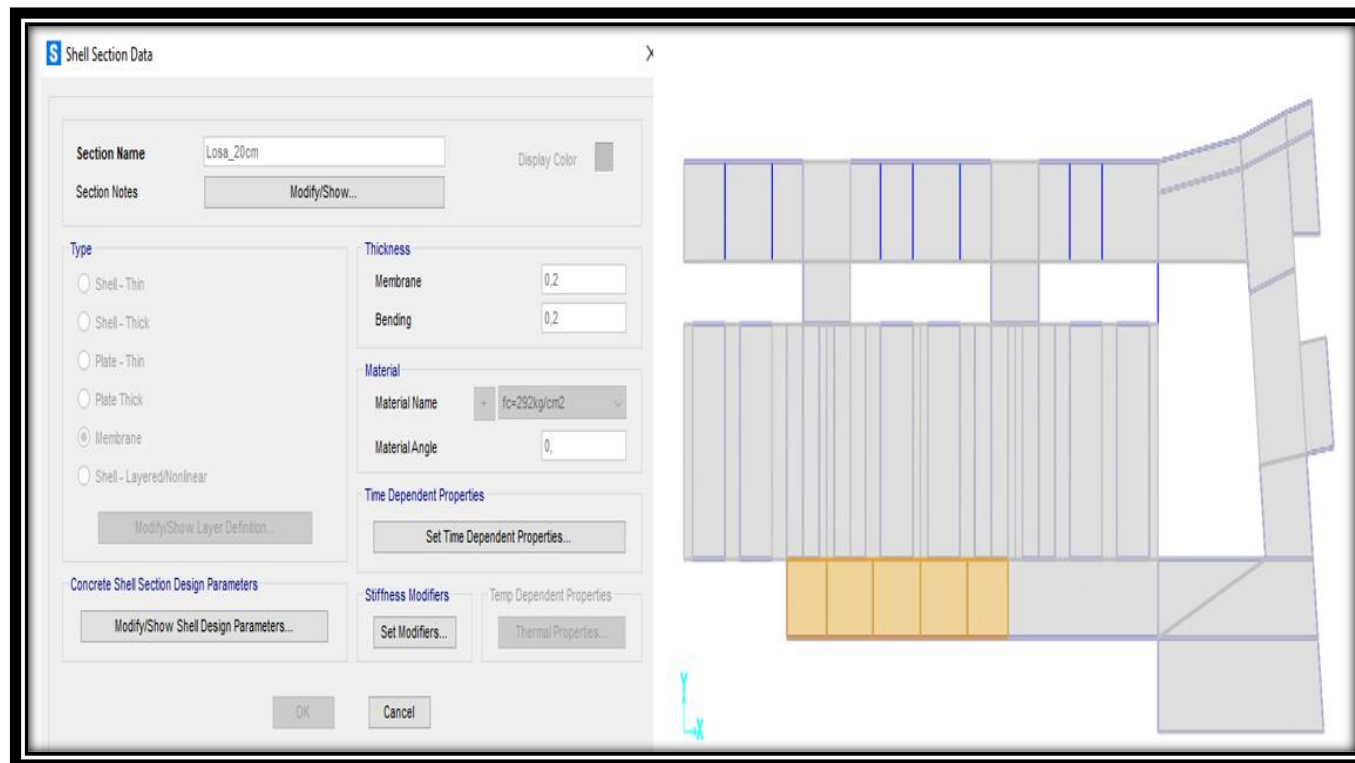


GRAFICO 34-Losa con $f'c$ 292 kg/cm²

Fuente: Diego Bolaños

4.1.12. ASIGNACIÓN DE ESPECTRO

Se asigna los espectros de respuesta sísmico, estos datos calculados fueron realizados mediante una hoja de cálculo en base a la CEC 2001 y NEC 2015.

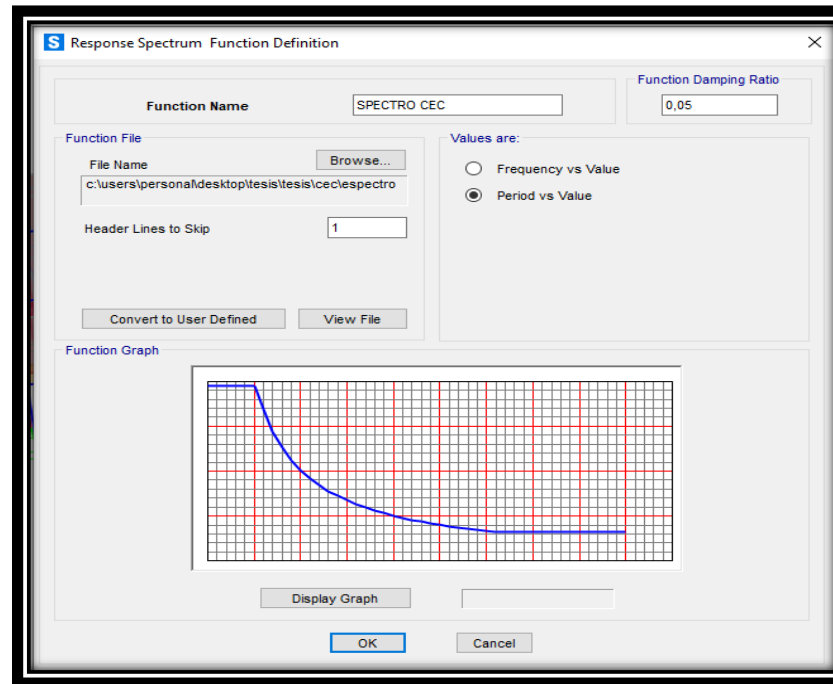


GRAFICO 35-Espectro de respuesta CEC 2001

Fuente: Diego Bolaños

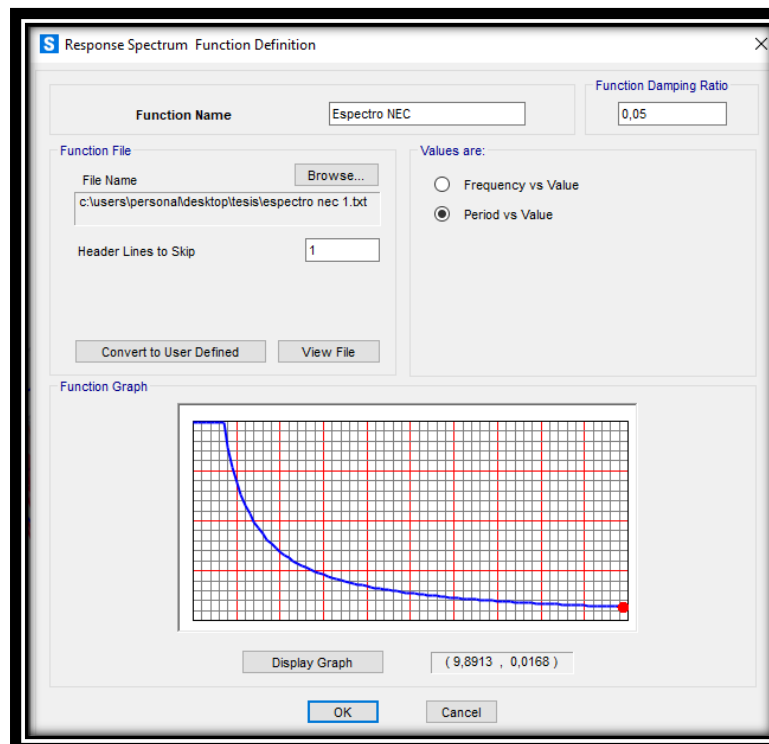


GRAFICO 36-Espectro de respuesta NEC 2015

Fuente: Diego Bolaños

4.2. COMPARACIÓN CORTANTE BASAL

a) CEC 2001

$$V = \frac{Z * I * C}{R \Phi_p * \Phi_E} * W$$

b) NEC 2015

$$V = \frac{I * S_a}{R \Phi_p * \Phi_E} * W$$

Tabla 44- Comparación Cortante Basal

CODIGO	FACTOR	VALOR
CEC 2001	z	0,4
	I	1,3
	C	3
	R	8
	Φ_p	0,9
	Φ_E	0,9
	w	1785,29
	V =	0,241 W
	V =	429,79
NEC 2015	Sa	0,4
	I	1,3
	Φ_p	0,9
	Φ_E	0,9
	R	5
	w	1785,29
	V =	0,382 W
	V =	682,20

Fuente: Diego Bolaños

Tabla 45-DATOS DE CORTANTE DEL PROGRAMA SAP - CEC 2001

LoadPat	Dir	PercentEcc	EccOverride	UserZ	C	K	WeightUsed	Base Shear
Text	Text	Unitless	Yes/No	Yes/No	Unitless	Unitless	Kgf	Kgf
SismoXX	X	0,05	No	No	0,241	1	1780240,62	429037,99
SismoYY	Y	0,05	No	No	0,241	1	1780240,62	429037,99

Fuente: Diego Bolaños en base a programa SAP

Tabla 46-DATOS DE CORTANTE DEL PROGRAMA SAP – NEC 2015

LoadPat	Dir	PercentEcc	EccOverride	UserZ	C	K	WeightUsed	Base Shear
Text	Text	Unitless	Yes/No	Yes/No	Unitless	Unitless	Kgf	Kgf
SismoXX	X	0,05	No	No	0,382	1	1780240,62	680051,92
SismoYY	Y	0,05	No	No	0,382	1	1780240,62	680051,92

Fuente: Diego Bolaños en base a programa SAP

4.2.1. CORRECCIÓN DE LA CORTANTE

Según la NEC 2015 (SE-DS) se realiza una corrección de por lo menos el 85% del cortante estático para una estructura irregular.

Tabla 47-Corrección de cortante

OutputCase	GlobalFX	GlobalFY
Text	Tonf	Tonf
SismoXX	680,0519	-1,539E-08
SismoYY	-3,922E-09	680,0519
Responce Spectrum X	316,6032	8,4372
Responce Spectrum Y	11,3201	301,6382
	x	y
coef de correccion	1,8258	1,9163
SismoXX	680,0519	-1,54E-08
SismoYY	-3,92E-09	680,0519
Responce Spectrum X	578,0441	15,4043
Responce Spectrum Y	21,6933	578,0442
El cortante espectral se corrige al 85% del estatico		
SismoXX	85% Sismo xx	Responce Spectrum X
680,0519	578,044115	578,0441
680,0519	578,044115	578,0442

Fuente: Diego Bolaños en base a programa SAP y NEC DS 2015

4.3. DERIVAS DE PISO

La deriva representa el desplazamiento lateral del piso con respecto a otro sucesivo producto de Fuerzas laterales que ejercen en la edificación.

Tabla 48-DERIVAS DE PISO

CEC 2001	$\Delta M = R * \Delta E \leq 0,02$
NEC 2015	$\Delta M = 0,75 * R * \Delta E \leq 0,02$

Fuente: CEC 2001 – NEC 2015

Tabla 49-DERIVAS CEC-2001

TABLE			CEC 2001				
Story	Altura(cm)	Load Cases	Desplazamiento (cm)	R	(Δ) DERIVA ELASTICA	$\Delta M = R * \Delta$	$\Delta M = \leq 0,02$
3	360	Sx	0,781	8	0,000911111	0,007288889	OK
2	360	Sx	0,453	8	0,000841667	0,006733333	OK
1	360	Sx	0,150	8	0,000416667	0,003333333	OK
3	360	Sy	0,103	8	0,000111111	0,000888889	OK
2	360	Sy	0,063	8	0,000108333	0,000866667	OK
1	360	Sy	0,024	8	0,000066667	0,000533333	OK

Fuente: Diego Bolaños en base CEC 2001

Tabla 50-DERIVAS NEC-2015

TABLE			NEC 2015				
Story	Altura(cm)	Load Cases	Desplazamiento (cm)	R	(Δ) DERIVA ELASTICA	$\Delta M = 0,75 * R * \Delta$	$\Delta M = \leq 0,02$
3	360	Sx	1,275	5	0,0014778	0,005541667	OK
2	360	Sx	0,743	5	0,0017833	0,0066875	OK
1	360	Sx	0,101	5	0,0002806	0,001052083	OK
3	360	Sy	0,165	5	0,000177778	0,000666667	OK
2	360	Sy	0,101	5	0,000172222	0,000645833	OK
1	360	Sy	0,039	5	0,000108333	0,00040625	OK

Fuente: Diego Bolaños en base NEC 2015

4.4. MODOS DE VIBRACIÓN

Se puede definir como la forma en que la estructura cumpla un ciclo de vibración en un tiempo determinado en base a la frecuencia y el grado de libertad de la estructura.

Los nueve primeros modos de vibración son los de principal consideración en el análisis sísmico de la edificación.

Tabla 51-MODOS DE VIBRACIÓN NEC 2015

StepNum	Period(Seg)	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
1	0,280202	0,72	0,0001095	9,897E-06	0,72	0,0001095	0,0002669	0,0002669
2	0,14284	0,00001904	0,17	0,03453	0,72	0,17	0,008117	0,008384
3	0,133706	0,00001191	0,55	0,009002	0,72	0,72	0,003477	0,01186
4	0,121341	0,0005102	0,00001028	0,002864	0,72	0,72	0,06835	0,08021
5	0,118964	0,0005644	0,0001859	0,00115	0,72	0,72	0,62	0,7
6	0,068843	0,19	0,00002273	0,00000109	0,91	0,72	0,00006558	0,7
7	0,044275	0,04874	0,03264	0,0005919	0,96	0,75	0,00329	0,71
8	0,043348	0,009138	0,14	0,003335	0,97	0,89	0,07411	0,78
9	0,037522	0,0009295	0,07689	0,0006374	0,97	0,97	0,17	0,95

Fuente: Diego Bolaños en base NEC 2015

Tabla 52- MODOS DE VIBRACIÓN CEC 2001

StepNum	Period(Seg)	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
1	0,276404	0,7144	9,25E-05	0,00001014	0,7144	0,00009253	0,0002975	0,0002975
2	0,14265	0,00002406	0,1612	0,036	0,7144	0,1613	0,0082	0,0085
3	0,13335	0,000009617	0,5547	0,0086	0,7144	0,716	0,0031	0,0116
4	0,121534	0,0003973	3,55E-05	0,001	0,7148	0,7161	0,035	0,0466
5	0,118716	0,0006583	0,000295	0,0005416	0,7155	0,7164	0,6572	0,7038
6	0,067955	0,189	4,48E-05	0,000101	0,9045	0,7164	0,00007617	0,7039
7	0,044577	0,0519	0,0324	0,0025	0,9563	0,7488	0,0039	0,7078
8	0,043095	0,0094	0,1378	0,0025	0,9658	0,8866	0,0765	0,7843
9	0,037327	0,0009529	0,0807	0,0006039	0,9667	0,9673	0,1668	0,9511

Fuente: Diego Bolaños en base NEC 2015

4.5. CENTRO DE RIGIDEZ Y MASAS

- Cálculo del centro de rigidez

$$X_{CR} = \frac{\sum Ky_i \cdot Xi}{\sum Ky_i} \quad k_{lat} = \frac{3EI}{L^3(1 + \beta_c)}$$

$$Y_{CR} = \frac{\sum Kx_i \cdot Yi}{\sum Kx_i} \quad \beta_c = \frac{3EI}{GA_c L^2}$$

k_{lat} = Rigidez Muro

A_c = Área de corte (Área del alma /1.2)

L = Altura del muro

- Centro de masas

$$X_g = \frac{\sum Pi \cdot yi}{\sum Pi} \quad Y_g = \frac{\sum Pi \cdot xi}{\sum Pi}$$

Tabla 53-Cuadro de Masas-Rigidez-Excentricidad

Story	Centro Masas X	Centro Masas Y	Centro Rigidez X	Centro Rigidez Y	Excentricidad X	Excentricidad Y	e < 10% L
	m	m	m	m	m	m	
Story3	22,434	9,459	20,393	10,872	2,041	-1,413	ok
Story2	23,863	9,566	21,050	10,834	2,813	-1,268	ok
Story1	18,620	8,998	22,516	10,660	-3,897	-1,661	ok

Fuente: Diego Bolaños

Calculo Piso 1

GRAFICO 37-Rigidez en muros

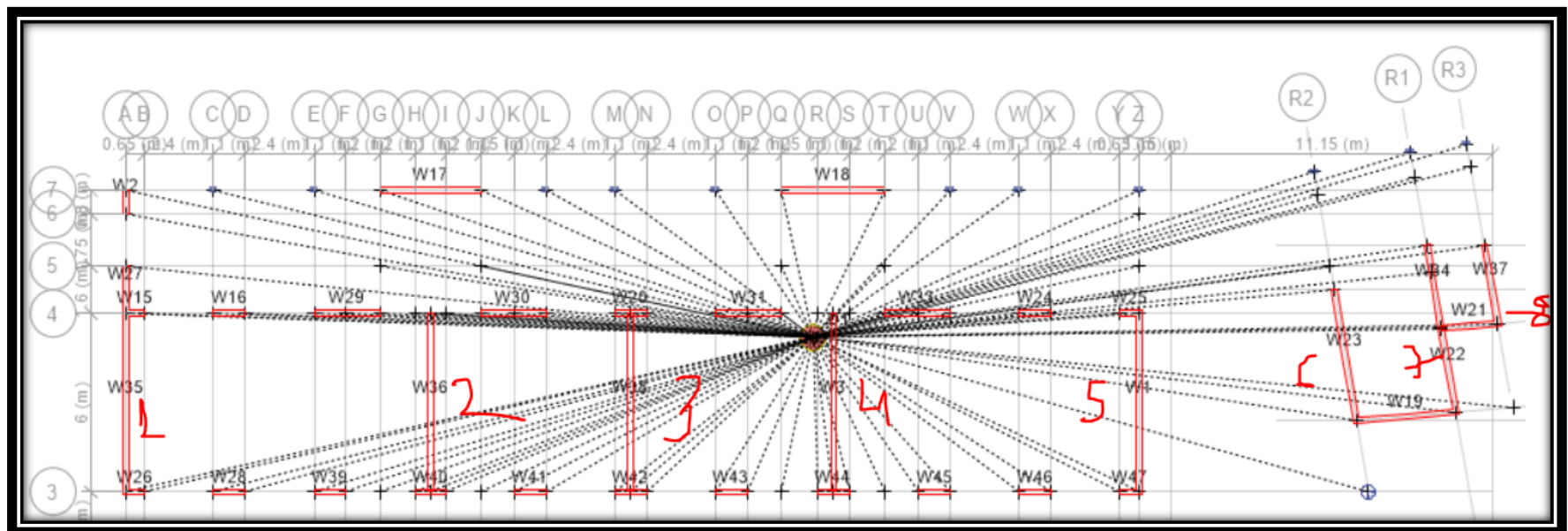


Tabla 54-Calculo Rigidez 1 piso en X

YY							Xcr	22,516447
Muro	x(m)	h(m)	L	e	I	bc	Klat	Ky*xi
0	0	3,6	0,8	0,2	0,0085	0,0355555556	1001,395432	0
1	0	3,6	7,6	0,2	7,3163	3,208888902	211243,0176	0
2	10,6	3,6	6	0,2	3,6	2,000000008	145828,2095	1545779,02
3	17,55	3,6	6	0,2	3,6	2,000000008	145828,2095	2559285,076
4	24,6	3,6	6	0,2	3,6	2,000000008	145828,2095	3587373,953
5	35,2	3,6	6	0,2	3,6	2,000000008	145828,2095	5133152,973
6	42,4	3,6	4,5	0,2	1,5188	1,125000005	86853,56598	3682591,198
7	45,7	3,6	5,35	0,2	2,5522	1,590138896	119742,2296	5472219,895
8	47,4	3,6	2,5	0,2	0,2604	0,347222224	23490,36883	1113443,483
Sumatoria							1025643,415	23093845,6

Fuente: Diego Bolaños

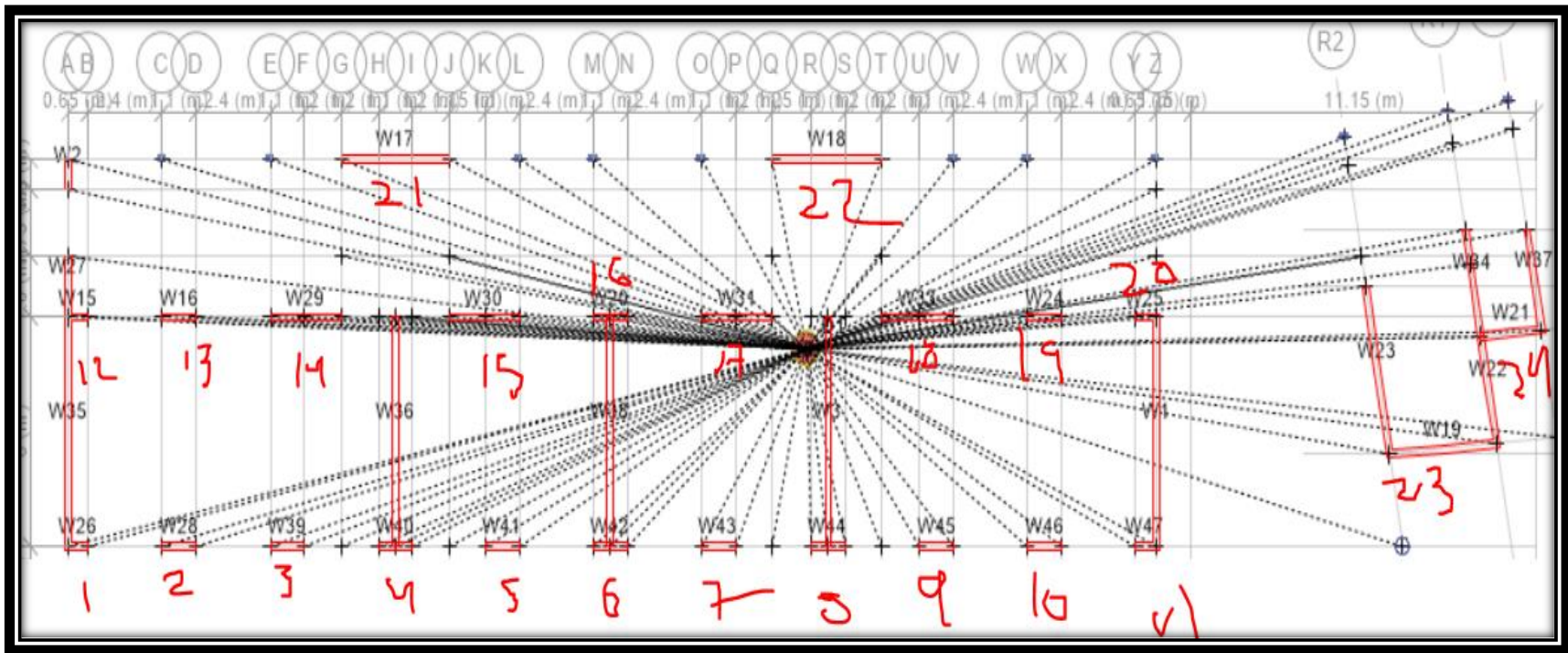


GRAFICO 38-Rigidez en muros

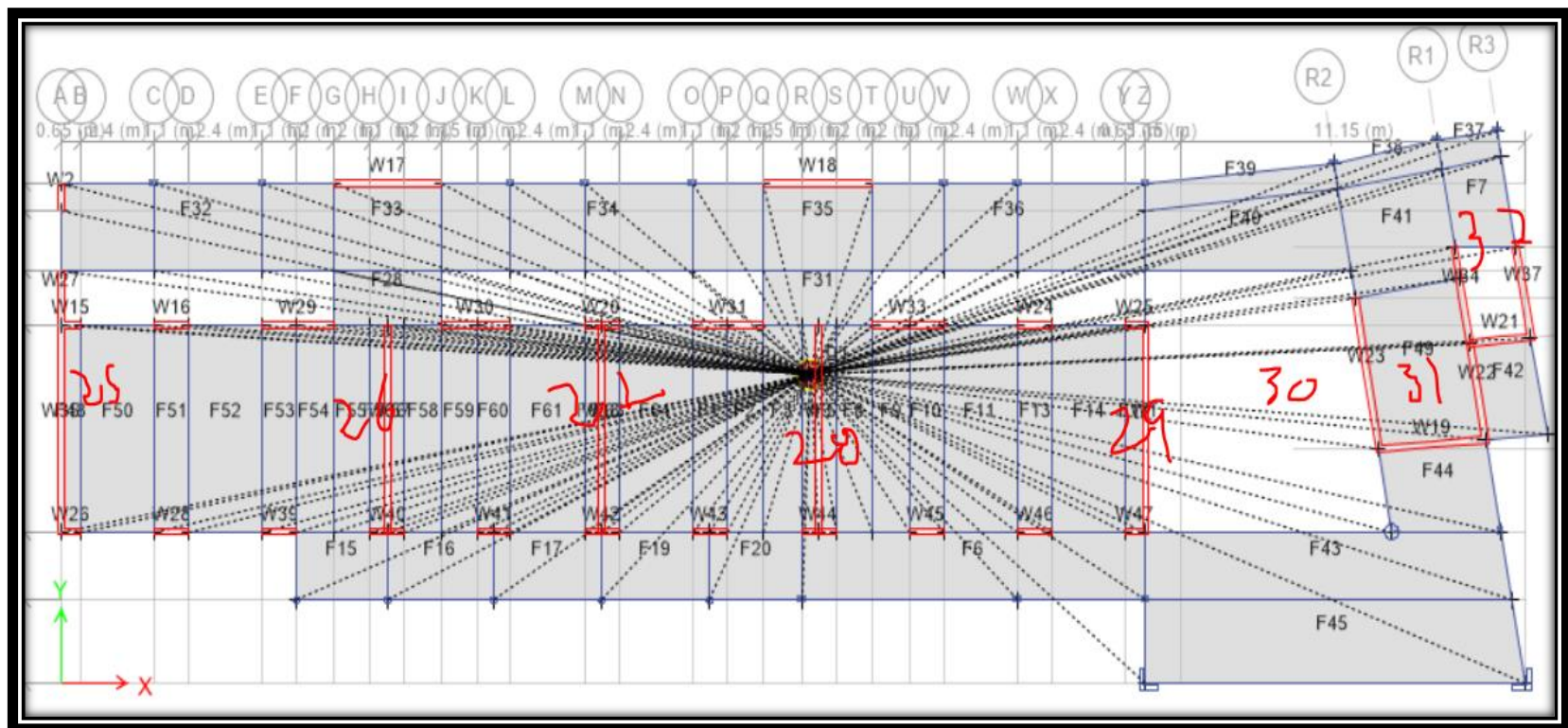


Tabla 55-Calculo Rigidez 1 piso en Y

XX							Ycr	10,65950932
Muro	Y(m)	h(m)	L	e	I	bc	Klat	Kx*yi
1	4,4	3,6	0,65	0,2	0,00458	0,023472222	543,4668494	2391,254137
2	4,4	3,6	1,1	0,2	0,02218	0,067222223	2525,993588	11114,37179
3	4,4	3,6	1,1	0,2	0,02218	0,067222223	2525,993588	11114,37179
4	4,4	3,6	1,1	0,2	0,02218	0,067222223	2525,993588	11114,37179
5	4,4	3,6	1,1	0,2	0,02218	0,067222223	2525,993588	11114,37179
6	4,4	3,6	1,1	0,2	0,02218	0,067222223	2525,993588	11114,37179
7	4,4	3,6	1,1	0,2	0,02218	0,067222223	2525,993588	11114,37179
8	4,4	3,6	1,1	0,2	0,02218	0,067222223	2525,993588	11114,37179
9	4,4	3,6	1,1	0,2	0,02218	0,067222223	2525,993588	11114,37179
10	4,4	3,6	1,1	0,2	0,02218	0,067222223	2525,993588	11114,37179
11	4,4	3,6	0,65	0,2	0,00458	0,023472222	543,4668494	2391,254137
12	10,4	3,6	0,65	0,2	0,00458	0,023472222	543,4668494	5652,055234
13	10,4	3,6	1,1	0,2	0,02218	0,067222223	2525,993588	26270,33331
14	10,4	3,6	2,3	0,2	0,20278	0,29388889	19045,64006	198074,6566
15	10,4	3,6	2,3	0,2	0,20278	0,29388889	19045,64006	198074,6566
16	10,4	3,6	1,1	0,2	0,02218	0,067222223	2525,993588	26270,33331
17	10,4	3,6	2,3	0,2	0,20278	0,29388889	19045,64006	198074,6566
18	10,4	3,6	2,3	0,2	0,20278	0,29388889	19045,64006	198074,6566
19	10,4	3,6	1,1	0,2	0,02218	0,067222223	2525,993588	26270,33331
20	10,4	3,6	0,65	0,2	0,00458	0,023472222	543,4668494	5652,055234
21	14,55	3,6	3,5	0,2	0,71458	0,680555558	51672,59907	751836,3165
22	14,55	3,6	3,55	0,2	0,74565	0,700138892	53297,85182	775483,744
23	6,85	3,6	3,65	0,2	0,81045	0,740138892	56598,34446	387698,6596
24	10	3,6	2,05	0,2	0,14359	0,233472223	14146,24767	141462,4767
25	8,2	3,6	0,2	0,8	0,00053	0,002222222	64,66882921	530,2843995
26	7,4	3,6	0,2	7,6	0,00507	0,002222222	614,3538775	4546,218694
27	7,4	3,6	0,2	6	0,004	0,002222222	485,0162191	3589,120021
28	7,4	3,6	0,2	6	0,004	0,002222222	485,0162191	3589,120021
29	7,4	3,6	0,2	6	0,004	0,002222222	485,0162191	3589,120021
30	6,65	3,6	0,2	6	0,004	0,002222222	485,0162191	3225,357857
31	7,075	3,6	0,2	4,5	0,003	0,002222222	363,7621643	2573,617313
32	5,65	3,6	0,2	5,35	0,00357	0,002222222	432,4727954	2443,471294
Sumatoria							287798,7163	3067793,098

Fuente: Diego Bolaños

Calculo Piso 2

GRAFICO 39-Rigidez en muros

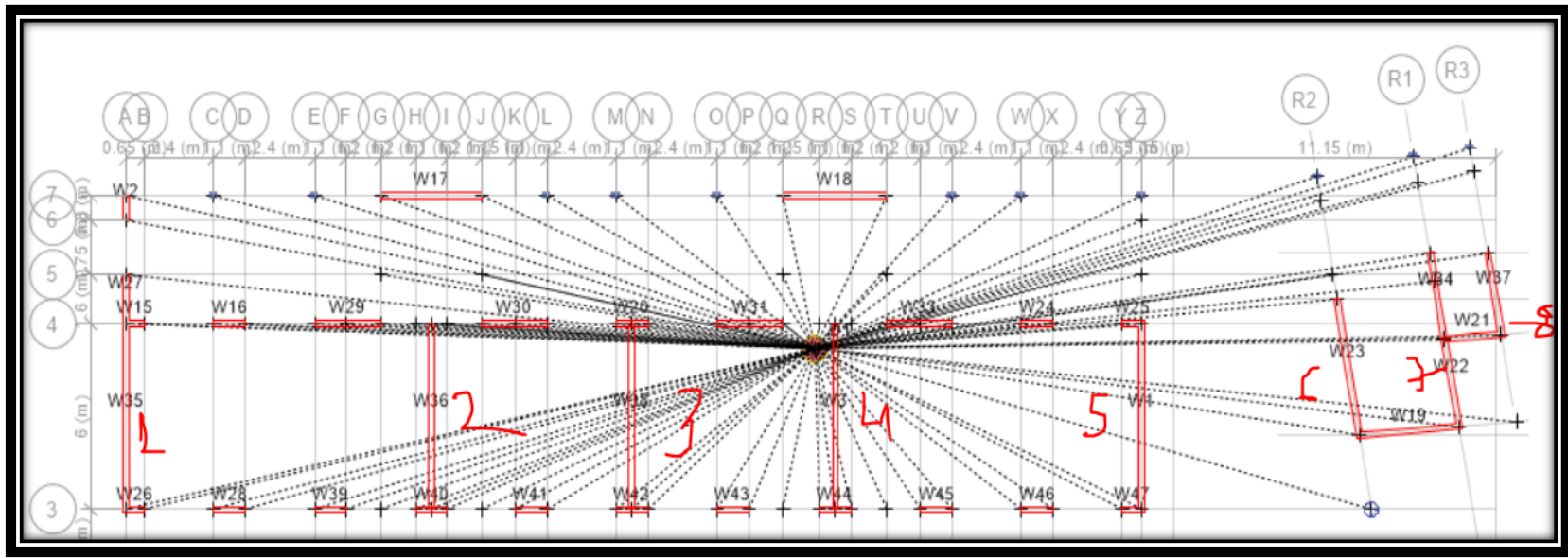


Tabla 56-Calculo Rigidez 2 piso en X

YY							Xcr	21,0502944
Muro	x(m)	h(m)	L	e	I	bc	Klat	Ky*xi
0	0	7,2	0,8	0,2	0,008533	0,008889	128,483	0
1	0	7,2	7,6	0,2	7,316267	0,802222	61666,81	0
2	10,6	7,2	6	0,2	3,6	0,5	36457,05	386444,756
3	17,55	7,2	6	0,2	3,6	0,5	36457,05	639821,27
4	24,6	7,2	6	0,2	3,6	0,5	36457,05	896843,489
5	35,2	7,2	6	0,2	3,6	0,5	36457,05	1283288,25
6	42,4	7,2	4,5	0,2	1,51875	0,28125	18006,23	763464,03
7	45,7	7,2	5,35	0,2	2,552173	0,397535	27740,72	1267751,11
8	47,4	7,2	2,5	0,2	0,260417	0,086806	3639,881	172530,38
Sumatoria							257010,3	5410143,28

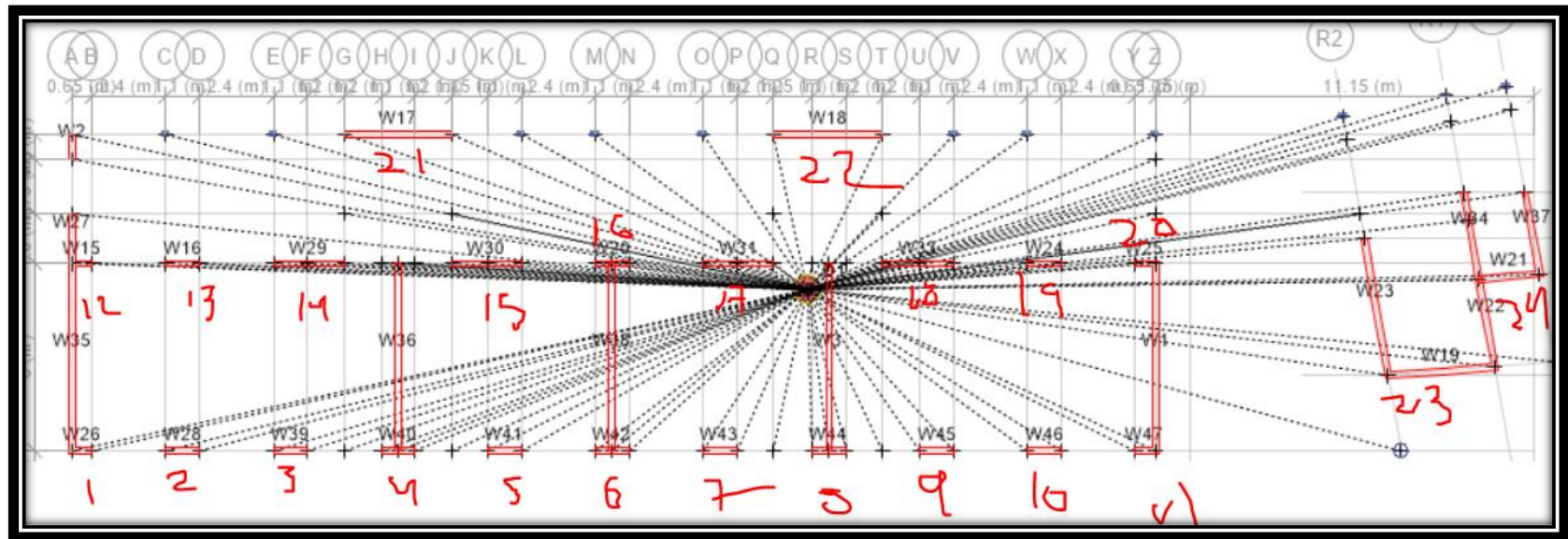


GRAFICO 40-Rigidez en muros

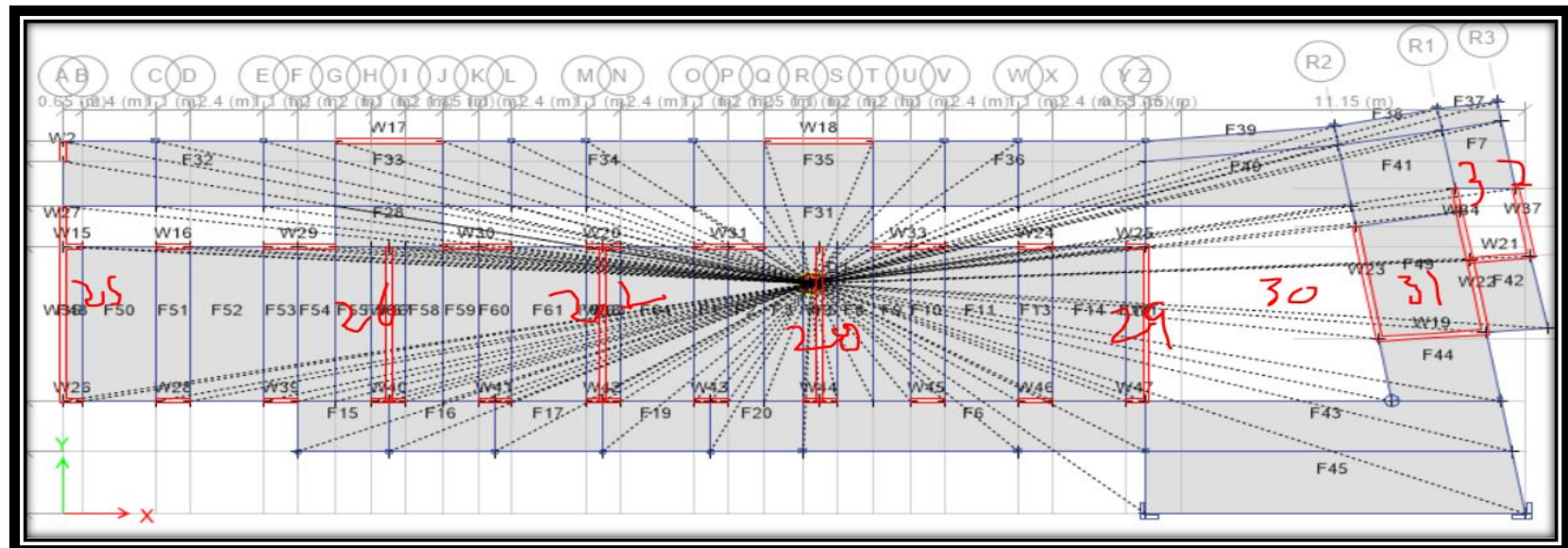


Tabla 57-Calculo Rigidez 2 piso en Y

XX							Ycr	10,8342977
Muro	Y(m)	h(m)	L	e	I	bc	Klat	Kx*yi
1	4,4	7,2	0,65	0,2	0,004577	0,005868	69,12229	304,138074
2	4,4	7,2	1,1	0,2	0,022183	0,016806	331,4051	1458,1825
3	4,4	7,2	1,1	0,2	0,022183	0,016806	331,4051	1458,1825
4	4,4	7,2	1,1	0,2	0,022183	0,016806	331,4051	1458,1825
5	4,4	7,2	1,1	0,2	0,022183	0,016806	331,4051	1458,1825
6	4,4	7,2	1,1	0,2	0,022183	0,016806	331,4051	1458,1825
7	4,4	7,2	1,1	0,2	0,022183	0,016806	331,4051	1458,1825
8	4,4	7,2	1,1	0,2	0,022183	0,016806	331,4051	1458,1825
9	4,4	7,2	1,1	0,2	0,022183	0,016806	331,4051	1458,1825
10	4,4	7,2	1,1	0,2	0,022183	0,016806	331,4051	1458,1825
11	4,4	7,2	0,65	0,2	0,004577	0,005868	69,12229	304,138074
12	10,4	7,2	0,65	0,2	0,004577	0,005868	69,12229	718,871812
13	10,4	7,2	1,1	0,2	0,022183	0,016806	331,4051	3446,61319
14	10,4	7,2	2,3	0,2	0,202783	0,073472	2869,537	29843,1799
15	10,4	7,2	2,3	0,2	0,202783	0,073472	2869,537	29843,1799
16	10,4	7,2	1,1	0,2	0,022183	0,016806	331,4051	3446,61319
17	10,4	7,2	2,3	0,2	0,202783	0,073472	2869,537	29843,1799
18	10,4	7,2	2,3	0,2	0,202783	0,073472	2869,537	29843,1799
19	10,4	7,2	1,1	0,2	0,022183	0,016806	331,4051	3446,61319
20	10,4	7,2	0,65	0,2	0,004577	0,005868	69,12229	718,871812
21	14,55	7,2	3,5	0,2	0,714583	0,170139	9276,535	134973,582
22	14,55	7,2	3,55	0,2	0,745648	0,175035	9639,476	140254,374
23	6,85	7,2	3,65	0,2	0,810452	0,185035	10388,83	71163,4755
24	10	7,2	2,05	0,2	0,143585	0,058368	2060,838	20608,3832
25	8,2	7,2	0,2	0,8	0,000533	0,000556	8,097069	66,3959645
26	7,4	7,2	0,2	7,6	0,005067	0,000556	76,92215	569,22394
27	7,4	7,2	0,2	6	0,004	0,000556	60,72802	449,387321
28	7,4	7,2	0,2	6	0,004	0,000556	60,72802	449,387321
29	7,4	7,2	0,2	6	0,004	0,000556	60,72802	449,387321
30	6,65	7,2	0,2	6	0,004	0,000556	60,72802	403,841309
31	7,075	7,2	0,2	4,5	0,003	0,000556	45,54601	322,238037
32	5,65	7,2	0,2	5,35	0,003567	0,000556	54,14915	305,942686

Sumatoria 47524,8 514897,84

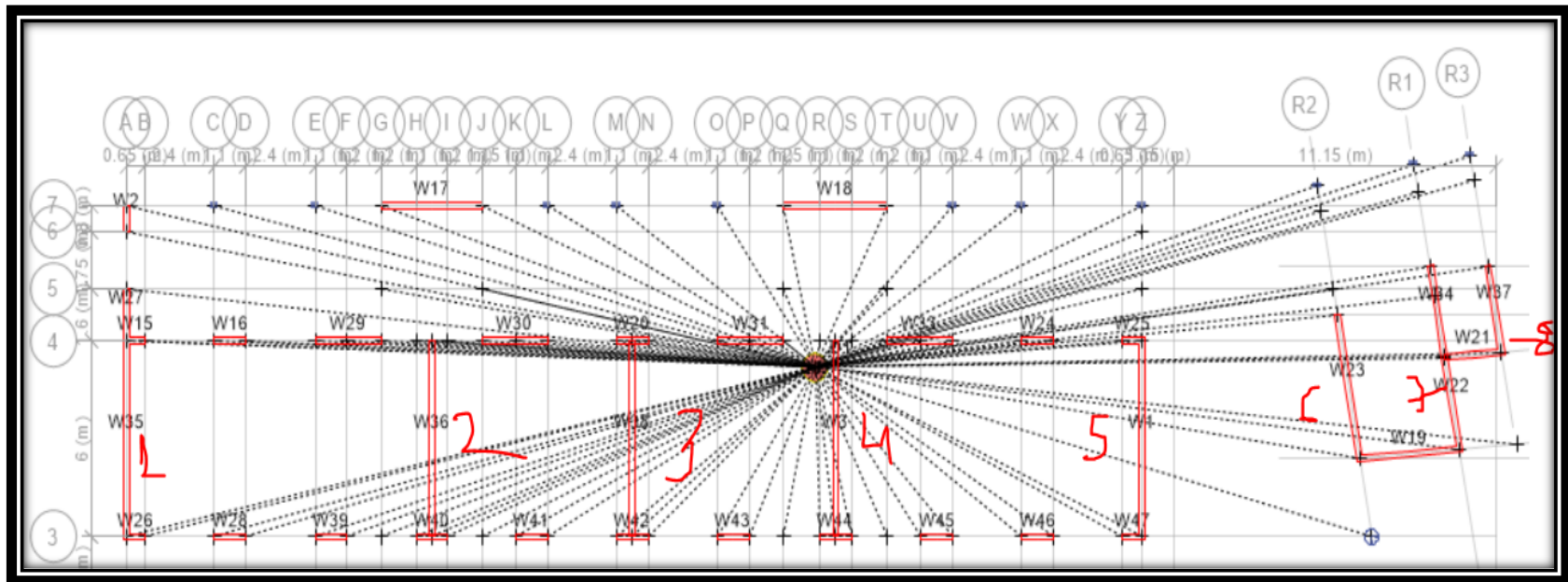


Tabla 58--Calculo Rigidez 3

piso en X

YY							Xcr	20,3929014	
Muro	x(m)	h(m)	L	e	I	bc	Klat	Ky*xi	
0	0	10,8	0,8	0,2	0,008533	0,0039506	38,25629	0	
1	0	10,8	7,6	0,2	7,316267	0,3565432	24274,62	0	
2	10,6	10,8	6	0,2	3,6	0,2222222	13257,11	140525,366	
3	17,55	10,8	6	0,2	3,6	0,2222222	13257,11	232662,28	
4	24,6	10,8	6	0,2	3,6	0,2222222	13257,11	326124,905	
5	35,2	10,8	6	0,2	3,6	0,2222222	13257,11	466650,271	
6	42,4	10,8	4,5	0,2	1,51875	0,125	6076,175	257629,837	
7	45,7	10,8	5,35	0,2	2,552173	0,1766821	9762,195	446132,317	
8	47,4	10,8	2,5	0,2	0,260417	0,0385802	1128,562	53493,8177	
Sumatoria							94308,25	1923218,79	

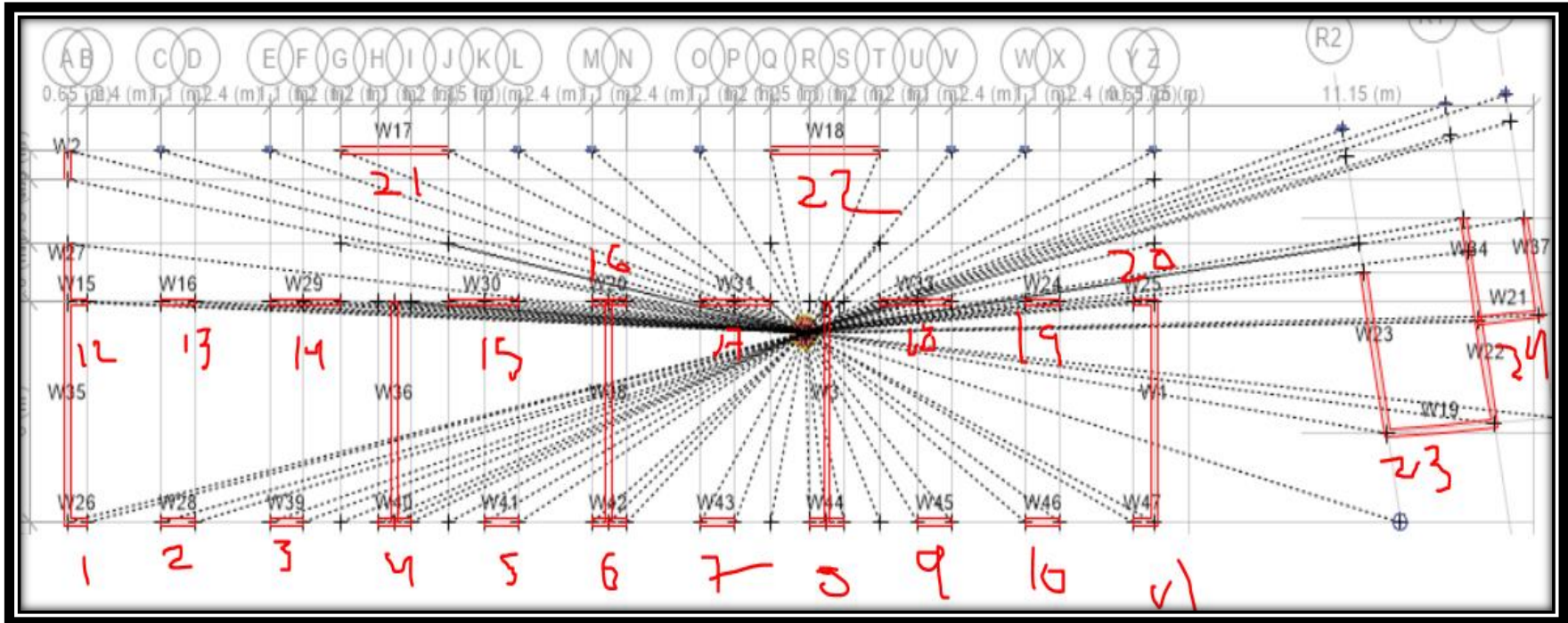


GRAFICO 41-Rigidez en muros

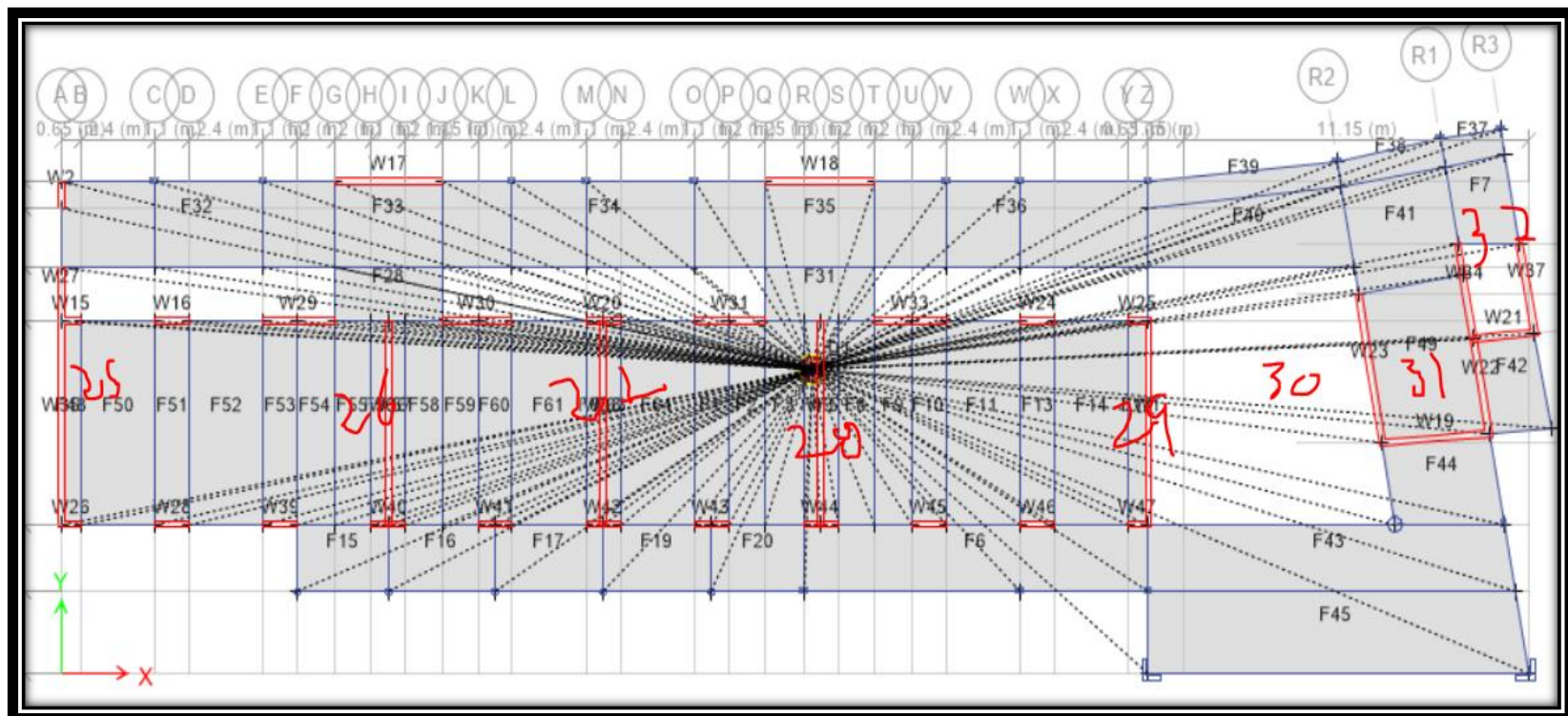


Tabla 59--Calculo Rigidez 3 piso en y

XX							Ycr	10,871578
Muro	Y(m)	h(m)	L	e	I	bc	Klat	Kx*yi
1	4,4	10,8	0,65	0,2	0,00458	0,002608	20,5473	90,407998
2	4,4	10,8	1,1	0,2	0,02218	0,007469	99,1041	436,05801
3	4,4	10,8	1,1	0,2	0,02218	0,007469	99,1041	436,05801
4	4,4	10,8	1,1	0,2	0,02218	0,007469	99,1041	436,05801
5	4,4	10,8	1,1	0,2	0,02218	0,007469	99,1041	436,05801
6	4,4	10,8	1,1	0,2	0,02218	0,007469	99,1041	436,05801
7	4,4	10,8	1,1	0,2	0,02218	0,007469	99,1041	436,05801
8	4,4	10,8	1,1	0,2	0,02218	0,007469	99,1041	436,05801
9	4,4	10,8	1,1	0,2	0,02218	0,007469	99,1041	436,05801
10	4,4	10,8	1,1	0,2	0,02218	0,007469	99,1041	436,05801
11	4,4	10,8	0,65	0,2	0,00458	0,002608	20,5473	90,407998
12	10,4	10,8	0,65	0,2	0,00458	0,002608	20,5473	213,69163
13	10,4	10,8	1,1	0,2	0,02218	0,007469	99,1041	1030,6826
14	10,4	10,8	2,3	0,2	0,20278	0,032654	883,84	9191,9397
15	10,4	10,8	2,3	0,2	0,20278	0,032654	883,84	9191,9397
16	10,4	10,8	1,1	0,2	0,02218	0,007469	99,1041	1030,6826
17	10,4	10,8	2,3	0,2	0,20278	0,032654	883,84	9191,9397
18	10,4	10,8	2,3	0,2	0,20278	0,032654	883,84	9191,9397
19	10,4	10,8	1,1	0,2	0,02218	0,007469	99,1041	1030,6826
20	10,4	10,8	0,65	0,2	0,00458	0,002608	20,5473	213,69163
21	14,55	10,8	3,5	0,2	0,71458	0,075617	2990,14	43506,549
22	14,55	10,8	3,55	0,2	0,74565	0,077793	3113,83	45306,227
23	6,85	10,8	3,65	0,2	0,81045	0,082238	3370,55	23088,292
24	10	10,8	2,05	0,2	0,14359	0,025941	629,918	6299,1845
25	8,2	10,8	0,2	0,8	0,00053	0,000247	2,39987	19,678949
26	7,4	10,8	0,2	7,6	0,00507	0,000247	22,7988	168,71099
27	7,4	10,8	0,2	6	0,004	0,000247	17,999	133,19288
28	7,4	10,8	0,2	6	0,004	0,000247	17,999	133,19288
29	7,4	10,8	0,2	6	0,004	0,000247	17,999	133,19288
30	6,65	10,8	0,2	6	0,004	0,000247	17,999	119,69361
31	7,075	10,8	0,2	4,5	0,003	0,000247	13,4993	95,507398
32	5,65	10,8	0,2	5,35	0,00357	0,000247	16,0491	90,677656
Sumatoria							15038	163486,63

4.6. PARTICIPACIÓN DE MASAS

En el presente trabajo de titulación cumple con más del 90% de participación de las masas de todas las estructuras que conforman la edificación.

Tabla 60- PARTICIPACIÓN MASAS NEC 2015

OutputCase	ItemType	Item	Static %
MODAL	Acceleration	UX	100
MODAL	Acceleration	UY	100
MODAL	Acceleration	UZ	28,338

Fuente: Diego Bolaños en base NEC 2015

Tabla 61-PARTICIPACIÓN MASAS CEC 2001

OutputCase	ItemType	Item	Static
MODAL	Acceleration	UX	100
MODAL	Acceleration	UY	100
MODAL	Acceleration	UZ	28,33800

Fuente: Diego Bolaños en base CEC 2001

CAPITULO 5

3 PROCESAMIENTO DE DATOS

5.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Una vez definidos todos los parámetros del modelo estructural como son materiales, secciones, cargas es fundamental la revisión de los datos en relación con las normas ecuatorianas.

5.1.1. FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA R (DUCTILIDAD).

En el factor para la reducción de fuerza es mucho mayor en la CEC 2001 con respecto a la NEC 2015 esto debido a los parámetros utilizados en dichos códigos y en base al material utilizado en el diseño.

Tabla 62-FACTOR R

CODIGO	FACTOR	VALOR
CEC 2001	R	8
NEC 2015	R	5

GRAFICO 42- FACTOR R



5.1.2. CORTANTE BASAL

En el cortante basal tenemos una diferencia notable en el coeficiente basal, esto debido a la diferencia del factor R entre las dos normas, esto repercute en un 59% de diferencia entre las dos normas.

Tabla 63- Cortante Basal

CODIGO	FACTOR	VALOR	CODIGO	FACTOR	VALOR
CEC 2001	z	0,4			
	I	1,3	1,19	Sa	NEC 2015
	C	3	1,3	I	
	R	8	0,9	Φ_p	
	Φ_p	0,9	0,9	Φ_E	
	Φ_E	0,9	5	R	
	w	1875,39	1785,39	W	
	V	0,241 W	0,382 W	V	
	V	429,79	682,20	V	

GRAFICO 43-CORTANTE BASAL



5.1.3. DERIVAS

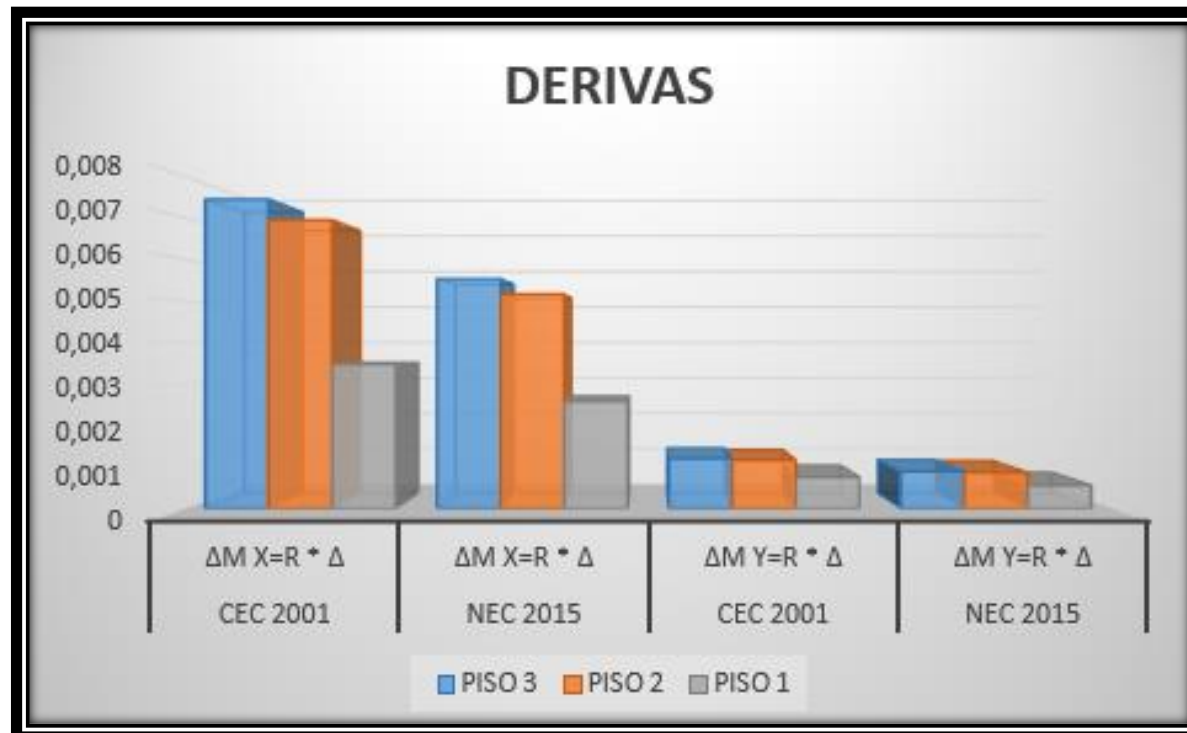
En la comparación de desplazamientos, los de la NEC 2015 son mayores, debido al aumento de la cortante basal, pero en el cálculo de las derivas la NEC 2015 aplica un factor de reducción de 0.75, esto hace que la deriva sea menor en la NEC 2015.

Tabla 64- DERIVAS

TABLE			CEC 2001				
Story	Altura(cm)	Load Cases	Desplazamiento (cm)	R	(Δ) DERIVA ELASTICA	$\Delta M=R \cdot \Delta$	$\Delta M= \leq 0,02$
3	360	Sx	0,781	8	0,000911111	0,007288889	OK
2	360	Sx	0,453	8	0,000841667	0,006733333	OK
1	360	Sx	0,150	8	0,000416667	0,003333333	OK
3	360	Sy	0,103	8	0,000111111	0,000888889	OK
2	360	Sy	0,063	8	0,000108333	0,000866667	OK
1	360	Sy	0,024	8	0,000066667	0,000533333	OK

TABLE			NEC 2015				
Story	Altura(cm)	Load Cases	Desplazamiento (cm)	R	(Δ) DERIVA ELASTICA	$\Delta M=0,75 \cdot R \cdot \Delta$	$\Delta M= \leq 0,02$
3	360	Sx	1,275	5	0,0014778	0,005541667	OK
2	360	Sx	0,743	5	0,0017833	0,0066875	OK
1	360	Sx	0,101	5	0,0002806	0,001052083	OK
3	360	Sy	0,165	5	0,000177778	0,000666667	OK
2	360	Sy	0,101	5	0,000172222	0,000645833	OK
1	360	Sy	0,039	5	0,000108333	0,00040625	OK

GRAFICO 44- DERIVAS



5.1.4. ESPECTRO DE DISEÑO

El espectro análisis para la NEC 2015 cubre un mayor rango de análisis que la CEC 2015, varía considerablemente el espectro a causa del factor R que se toma para cada norma.

GRAFICO 45-Espectro Diseño CEC 2001

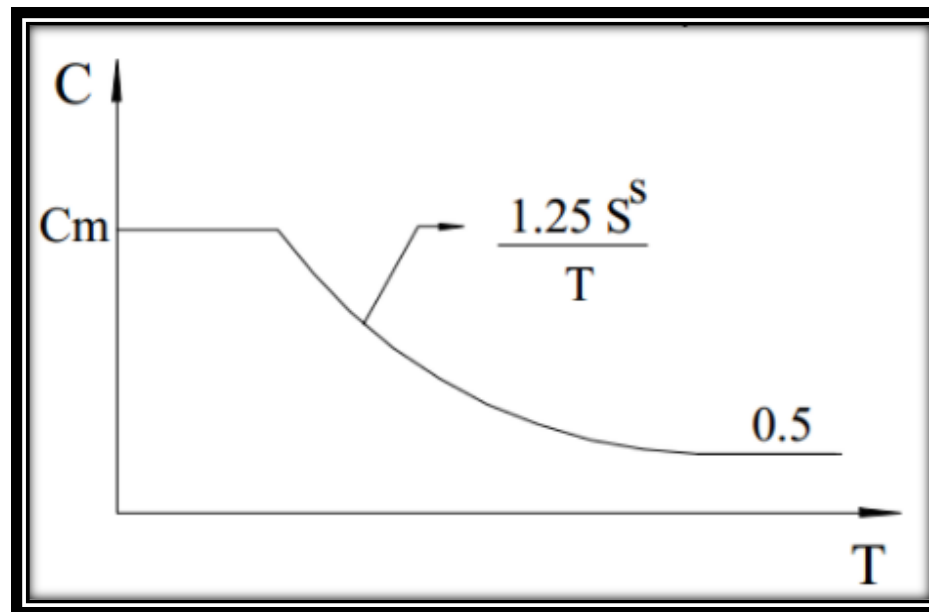
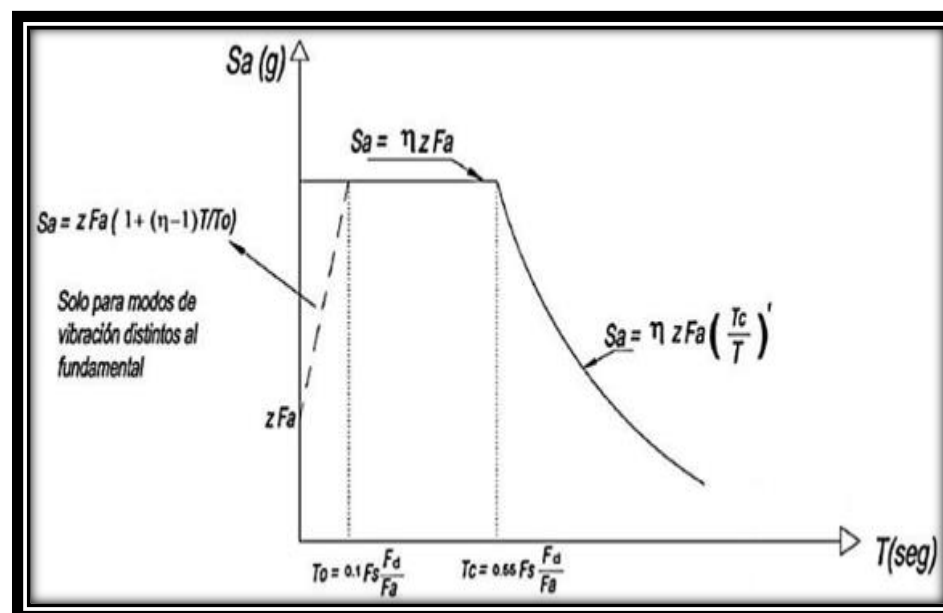
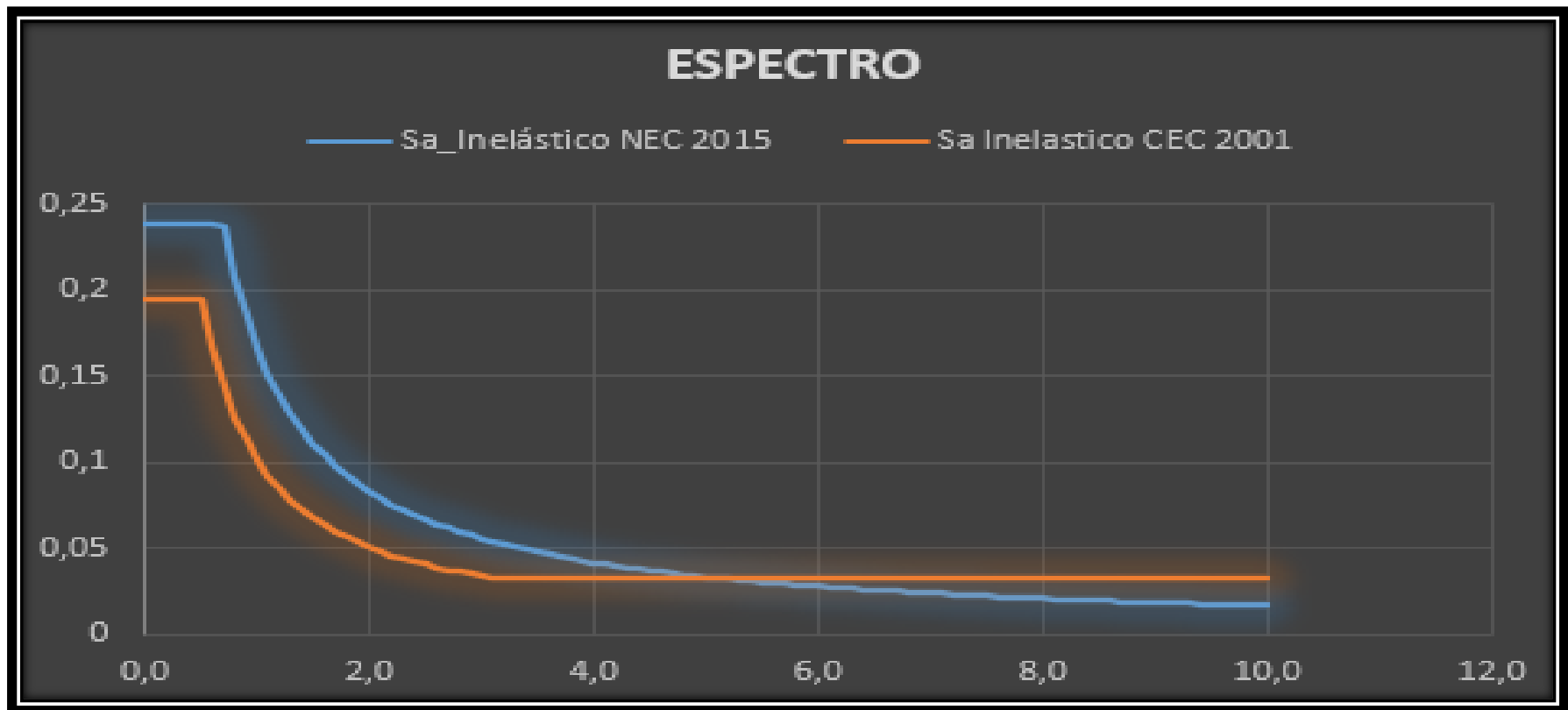


GRAFICO 46-Espectro Diseño NEC 2015





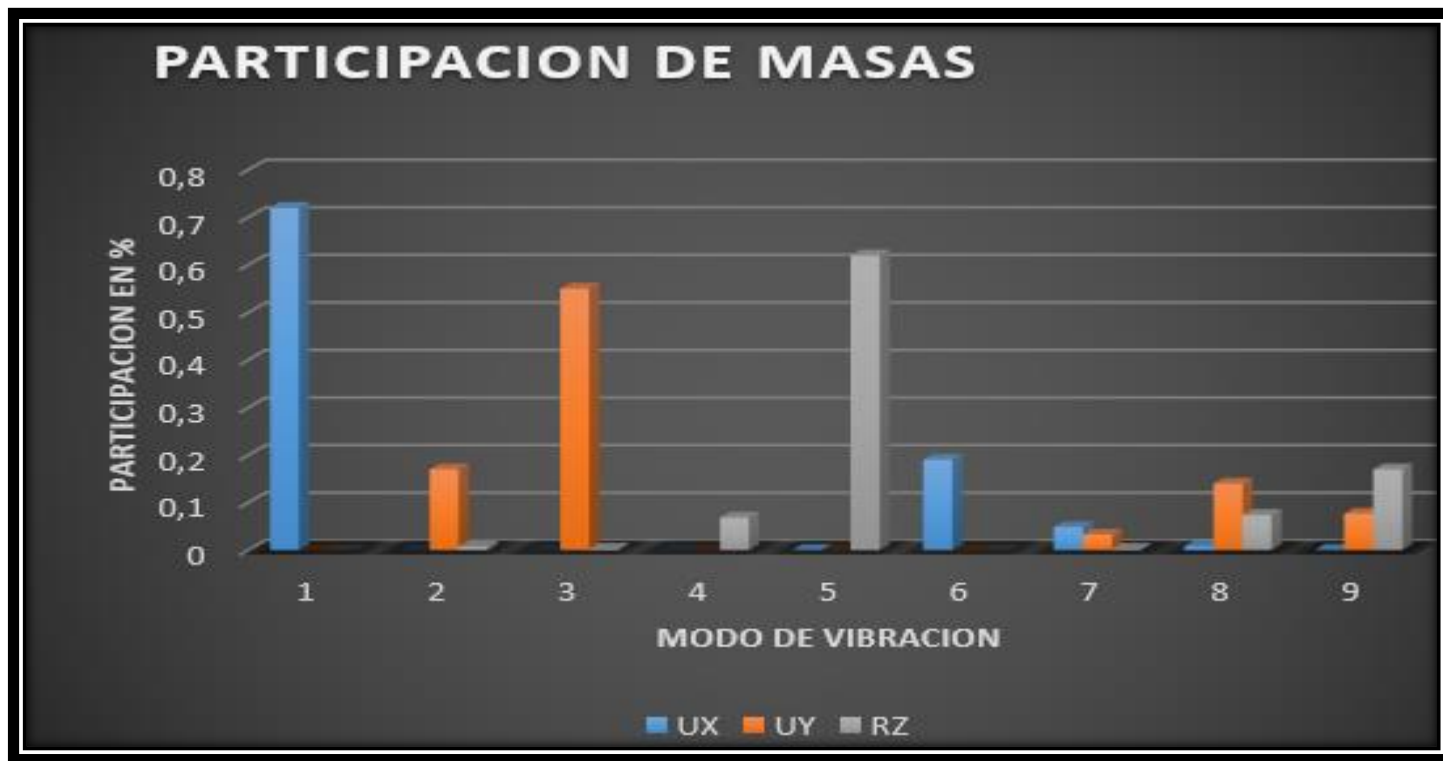
5.1.5. PARTICIPACIÓN DE LAS MASAS

La participación de masas en los diferentes modos de vibración, son muy similares para las dos normas CEC 2001 y NEC 2015

Tabla 65-Modos de Vibración

NEC 2015					CEC 2001				
StepNum	Period(Seg)	UX	UY	RZ	StepNum	Period(Seg)	UX	UY	RZ
1	0,280202	0,72	0,0001095	0,0002669	1	0,280202	0,7158	0,0001095	0,0002669
2	0,14284	0,00001904	0,17	0,008117	2	0,14284	0,00001904	0,1715	0,008117
3	0,133706	0,00001191	0,55	0,003477	3	0,133706	0,00001191	0,5458	0,003477
4	0,121341	0,0005102	0,00001028	0,06835	4	0,121341	0,0005102	0,00001028	0,06835
5	0,118964	0,0005644	0,0001859	0,62	5	0,118964	0,0005644	0,0001859	0,62
6	0,068843	0,19	0,00002273	6,558E-05	6	0,068843	0,1921	0,00002273	0,00006558
7	0,044275	0,04874	0,03264	0,00329	7	0,044275	0,0487	0,0326	0,00329
8	0,043348	0,009138	0,14	0,07411	8	0,043348	0,0091	0,1409	0,07411
9	0,037522	0,0009295	0,07689	0,17	9	0,037522	0,0009295	0,0769	0,17

Tabla 66- Modos de vibración



CAPITULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

Respecto a la relación de los factores de Factor de Reducción de resistencia R (Ductilidad), es ampliamente menor en la NEC 2015 en razón de la CEC 2001. En el análisis de la estructura en base a la NEC 2015 tenemos un $R= 5$, en tanto a la CEC 2001 tenemos un $R= 8$, esta diferencia en base a el análisis de las tablas de cada código con respecto al tipo de estructura y a los materiales que conforman la edificación.

La diferencia del factor R involucra un incremento en el coeficiente del cortante basal (V) en el momento de aplicarla en la NEC 2015, ya que es un valor de reducción el cual disminuye la rigidez de la estructura haciéndola mayormente dúctil. La diferencia entre la NEC 2015 es de un incremento del 59% con respecto a la cortante calculada con el CEC 2001. Por lo tanto, en cuanto mayor sea el Factor R, menor será el valor de la cortante basal calculada en las normas.

Al realizar el análisis de las derivas calculadas, estas toman valores permitidos por las normas en análisis, las cuales permiten un valor de hasta el 0.02%. En base a la NEC 2015 una deriva en S_x de 0.0055% y para S_y una deriva de 0.00066%. En base a la CEC 2001 una deriva en S_x de 0.0072% y para S_y una deriva de 0.00088%. Por lo tanto, nuestra estructura cumple con los parámetros de regularización y se puede definir como una estructura muy estable.

Para la estructura analizada se puede manifestar que en un sistema de muros estructurales es mucho más fácil realizar el control de derivas con respecto a un sistema aporticado, esto debido al incremento de la rigidez que aportan los muros estructurales. Este tipo de sistema no es muy común en nuestro medio.

En el cálculo de centro de rigidez y el centro de masas se obtuvo que la excentricidad de la estructura en análisis cumple con lo establecido en las normas, las cuales detallan una excentricidad máxima del 10% con respecto a la longitud de análisis. La estructura cumple con una excentricidad máxima de 3.89%.

El sistema de muros aporta un incremento en la estabilidad de la estructura, pero a su vez implica un incremento en el costo de construcción por la incorporación de estos elementos estructurales, toda estructura es concebida con el fin de disipar la energía dentro del rango inelástico y la estructura analizada cumple ampliamente los mencionados rangos de seguridad y rigidez.

La carga que ejerce la mampostería en el comportamiento de la estructura, disminuye en cuanto se incrementa la rigidez de la estructura, por lo tanto, se disminuyen los problemas de columnas cortas, pisos blandos y demás patologías que pueden ser mayormente visibles y hasta críticas en un sistema de pórticos.

Al analizar las vigas de acople son de tipo vigas banda, esto influye en un incremento en la sección del elemento con respecto a una viga normal, este incremento en los materiales (Hormigón y Acero) puede ser justificable en el ahorro de la altura de los entresijos para el paso de las instalaciones del edificio (Agua potable, aguas lluvias, eléctricas, climatización, comunicación etc.)

Al adoptar un sistema con muros estructurales se consideraría un incremento en el peso final de la estructura, ya que los muros son muchos más pesados que un sistema aporticado debido al incremento del hormigón y el acero estructural, pero esto puede ser justificable en cuanto a la mejora del comportamiento estructural del edificio con la incorporación de los muros.

Al realizar el análisis de participación de masas, estas toman valores en base a la NEC 2015 de un 72%. En base a la CEC 2001 de un 71.5 %. Esto para los 3 primeros modos de vibración los cuales son los de mayor importancia. Por lo tanto, nuestra estructura cumple con los parámetros de regularización y se puede definir como una estructura muy estable.

A criterio personal en base al análisis lineal realizado a la estructura, se puede considerar que la estructura es muy segura, extremadamente rígida y podríamos decir que hasta sobre dimensionada con respecto a todos los parámetros de restricciones en

las normas de construcción vigente como es la NEC 2015 y la norma antigua CEC 2001, el elemento cumple muy por encima de todos estos puntos de análisis.

6.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar una configuración estructural que facilite rigidez, seguridad, la capacidad de disipar energía y la ductilidad, esto debe imponerse para cualquier tipo de estructura.

Se recomienda tomar muy minuciosamente los parámetros de reducción de resistencia y las combinaciones de carga, todos estos factores en base a las normas vigentes que rigen el sector de la construcción en nuestro país.

Se sugiere un análisis más detallado sobre el uso del factor de reducción de respuesta R para la actual norma vigente, puesto que este factor se determina mediante el comportamiento cualitativo de la estructura y no se enfoca en las características del suelo sobre el que esta implantado o en base al período que tiene la misma.

Bibliografía

- *Eco Umberto. (1998). Como se hace una Tesis. Barcelona: Gedisa.*
- *Aguiar Falconí, R. (2014). Sismos en Quito. Quito: Universidad de Fuerzas Armadas ESPE.*
- *Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2015). NEC - SE- DS. Diseño Sismico. Ecuador: MIDUVI.*
- *Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2015). NEC - SE- HM. Estructuras de Hormigon Armado. Ecuador: MIDUVI.*
- *Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2015). NEC - SE- CG.Cargas Gravitacionales. Ecuador: MIDUVI.*
- *Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2015). NEC - SE- RE.Rehabilitacion. Ecuador: MIDUVI.*
- *Comité ACI 318 (2008) Requisitos de reglamento para concretos estructural (ACI 318S-08) y comentario (versión en español y en sistema métrico). USA: American Concrete Institute.*
- *CEC. Código de Practica ecuatoriana. (2001). CPNE INEN 5 Parte 1: 2001. Ecuador: INEN.*
- *Marco Vinicio Canchig Cola . (2016). Análisis comparativo del diseño estructural de un proyecto de vivienda en hormigón armado aplicando las Normas del Código Ecuatoriano de Construcción (CEC 2002) y la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC 2015). Ecuador: UIDE.*
- *Ministerio de Urbanismo y Vivienda. (2019). NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC). Quito: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI).*
- *Aguiar, R. (2013). Microzonificación Sísmica de Quito. Quito, Ecuador: Centro de Investigaciones Científicas, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.*

- *ASMT C-805-02. (2002). American Society for Testing and Materials. Método de prueba estándar para Número Rebote de hormigón, Estados Unidos: American Concrete Institute, 38800.*
- *ASTM. (2018). ESCLEROMETRÍA. En ASTM. USA.*
- *NEC-SE-DS. (2015). NEC-SE-DS. En NEC, NEC-SE-DS (pág. 31). QUITO.*
- *NEC-SE-HM. (2015). Estructura de Hormigón Armado. Norma Ecuatoriana de la Construcción. Quito, Ecuador: Dirección de Comunicación Social-MIDUVI.*
- *Ottazzi. (2011). Concreto Armado I. Lima: PUCP.*
- *Popovic. (1973). Modelo de Mander.*
- *QUIZHPILEMA ALEXANDRA. (2018). "EVALUACIÓN SÍSMICA DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA PUCE". Quito: Repositorio digital PUCE.*
- *AMERICAN CONCRETE INSTITUTE ACI - 318. (2014). Requisitos de reglamento para hormigón estructural EE UU.*
- *Aguiar, F, R. (2008). Análisis Sísmico de edificios. Quito, Ecuador: Editorial Centro de investigaciones científicas Escuela Politécnica del Ejército.*
- *CEC, 2. (2001). Código Ecuatoriano de la Construcción. Quito*
- *Código de Practica Ecuatoriana. (2001). CPNE 5 Parte 1: 2001. Ecuador: INEN.*

- *CEC. Código de Practica Ecuatoriana (2001) Requisitos Generales de Diseño: Peligro sísmico, espectros de diseño y requisitos mínimos de cálculo para diseño sismo - resistente - Ecuador. CPE INEN 5 Parte 2. Cap. 12.*
- CEC. Código de Practica Ecuatoriana (2001) Requisitos Generales de Diseño Hormigón Ecuador. INEN
- GEOGRAPHIC, N. (2012), PLACAS TECTONICAS. NATIONAL GEOGRAPHIC,1.
- Moncada, j. (2006). Ensayos no destructivos. Bogota: Tesis.
(Cevallos, 2014)
- Marcelo Guerra. (2015). Diseño sismo resistente para edificios utilizando NEC 2015. Ecuador
- Maldonado, Cueva, Terán. (2014). Análisis Comparativo de diseño para una vivienda de 6 pisos. Ecuador: EPN.
- Bazán E. (2004). Diseño sísmico de edificio. México DF: Limusa.
- Chang, Suarez Sebastián. (2015). DESARROLLO DE UNA GUÍA DE APLICACIÓN DEL CAPÍTULO DE PELIGRO SÍSMICO Y REQUISITOS DE DISEÑO SISMORRESISTENTE DE LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC). Ecuador: ESPE.

ANEXOS



Ensayo Esclerométrico Columnas



Ensayo Esclerométrico Losa



Ensayo Esclerométrico



Ensayo Esclerométrico Vigas



Ensayo Esclerométrico Columnas



Ensayo Esclerométrico Muros



Ensayo Esclerométrico Muros



Ensayo Esclerométrico



Ensayo Esclerométrico Columnas



Ensayo Esclerométrico Columnas

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK
CASHA CENTRAL

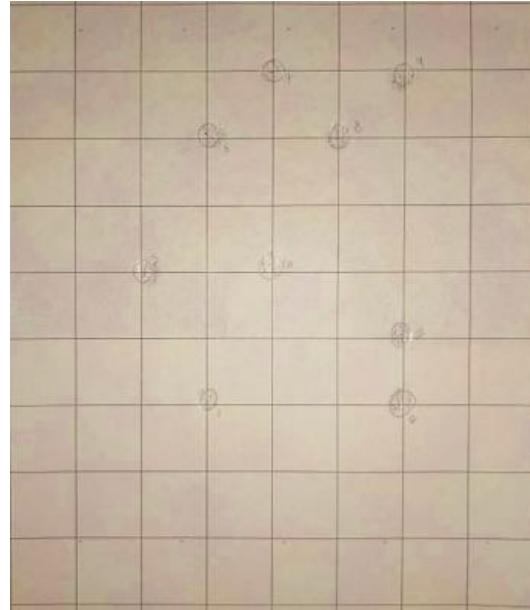
- Realizar como mínimo 10 lecturas.

- Registrar el número de rebote con por lo menos 2 cifras significativas.

Lecturas del área de prueba	Posición del área de prueba		Comentarios
	Elemento 1	Diferencia	
1	300		
2	120		
3	320		
4	500		
5	200		
6	300		
7	180		
8	280		
9	320		
10	300		
Promedio de lecturas Ro			

- Finalmente se calcula el valor promedio (este valor es el número de rebote) de las mediciones realizadas, se eliminan las mediciones que tengan una diferencia de 6 unidades con respecto al valor promedio.
- Si se desvían más del 20% de las mediciones del valor promedio se repite el ensayo.

Registro numero de rebotes en ensayo



Cuadrícula de ensayo

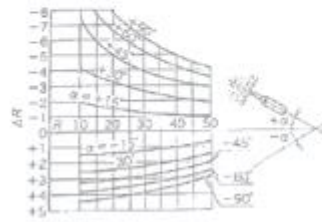
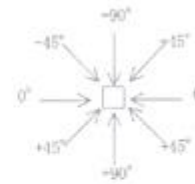
(5) Correction for Impact Direction

When using the α Hammer on inclined or horizontal surfaces, the rebound value must be corrected as per the following formula.

The correction values are following graph (JIS) or table (DIN).

$$R = R_0 + \Delta R$$

R_0 Rebound Value tested
 ΔR Correction Value



(JIS A 1155)

ΔR Correction value for inclination angle

R	DIN 1038 correction value for inclination angle			
	-90°	+45°	-45°	+90°
20	-5	-4	-2	-1
30	-5	-3	-2	-1
40	-4	-3	-2	-1
50	-3	-2	-1	-1
60	-2	-2	-1	-1

Factor de corrección Esclerómetro

(9) Sample Chart for test report

Nominal value of Anvil R_a	Readings on the Anvil					Average value R_{ao}
80	80	81	81	80	81	80,6

Position of test area	Readings of the test area				Average of readings R_o	Correction factor for impact angle ΔR	Correction factor for moisture condition ΔR_w	Basic rebound number R	Correction factor for concrete age α_n	Compressive strength (estimation) F_c (N/mm ²)	Remarks
	29	28	29	29							
Bridge column 1.	28	36	29	28	28,5	-90°	Dry	32,4	28days	23,2	
	38	36	28	29							
					$\Delta R=3,9$	$\Delta R_w=0$		$\alpha_n=1$			

$$R = R_o \times \frac{R_a}{R_{ao}} + \Delta R + \Delta R_w$$

Formula for determination of strength
 $F_c = 0,098 \times (-184 + 13R) \times \alpha_n$

Factor de corrección Esclerómetro

(8) Factors of Age

If the age of concrete is not 28days, compressive strength should be corrected as per following table.

Quotation from DIN 4240

Ages n (days)	10	20	28	50	100	150	200	300	500	1000	3000
α_n	1.55	1.12	1.00	0.87	0.78	0.74	0.72	0.70	0.67	0.65	0.63

α_n = correcting factor of ages

$$F_c \text{ (N/mm}^2\text{)} = F \times \alpha_n$$

Factor de corrección Esclerómetro