

**ESTUDIAR EL NIVEL DE AFECTACIÓN ESTRUCTURAL
DE UNA VIVIENDA DEBIDO AL AUMENTO DE SU MASA
POR REFORMAS EN LA VIVIENDA.**

FAVIO ANDRES GALVIS CARREÑO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA**

2016

**ESTUDIAR EL NIVEL DE AFECTACIÓN ESTRUCTURAL DE UNA
VIVIENDA DEBIDO AL AUMENTO EN SU MASA POR REFORMAS
EN LA VIVIENDA**

FAVIO ANDRES GALVIS CARREÑO

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Civil**

Director

GUSTAVO CHIO CHO

Ingeniero Civil, PhD

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA**

2016

A DIOS por hacer este sueño realidad.

A mi Madre GRACIELA CARREÑO y a mi Padre JOSE DEL CARRMEN GALVIS

Quienes han dedicado su vida a la formación de sus hijos

A mi hermano DANIEL GALVIS por el apoyo ofrecido

Y a toda mi familia

FAVIO ANDRES GALVIS CARREÑO

AGRADECIMIENTOS.

A mi director de proyecto el profesor GUSTAVO CHIO CHO por el apoyo y orientación ofrecida, para poder culminar con mis estudios de pregrado.

Quiero agradecerle a la Universidad Industrial de Santander por la formación recibida.

CONTENIDO.

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	18
1 OBJETIVO GENERAL.....	19
1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	19
2 MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL.....	20
2.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE LA MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL.	20
2.2 CLASIFICACIÓN DE LA MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL.....	20
2.2.1 Mampostería no reforzada.....	20
2.2.2 Mampostería reforzada.	20
2.2.3 Mampostería parcialmente reforzada.	21
2.2.4 Mampostería de cavidad reforzada.	21
2.2.5 Mampostería reforzada externamente.....	22
2.2.6 Muros de diafragma.....	23
2.2.7 Mampostería de muros de mampostería confinada.....	23
2.3 EDIFICACIONES DE MAMPOSTERÍA CONFINADA.....	24

2.4	MATERIALES DE LA MAMPOSTERÍA Y SUS PROPIEDADES.	25
2.4.1	Unidades de mampostería o ladrillo.	25
2.4.2	Morteros de pega.	27
2.5	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA MAMPOSTERÍA.....	27
3	ANÁLISIS DE UNA VIVIENDA TIPO DE LA COMUNA 14 EN BUCARAMNGA. ...	29
3.1	AJUSTE DE LAS DIMENSIONES EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES SEGÚN NSR-10.	30
3.1.1	Placas aligeradas.	30
3.1.2	Vigas de confinamiento.	31
3.1.3	Columnas de confinamiento.	31
3.1.4	Divisiones internas en muros de mampostería.	31
3.2	MODELO DE LA VIVIENDA EN AL PROGRAMA SAP2000 VERSIÓN 15.....	32
3.2.1	Propiedades de los aceros y concretos para los elementos estructurales (Columnas Vigas, y placas aligeradas).	33
3.2.2	Propiedades de la mampostería.	33
3.2.3	Concreto.....	33
3.2.4	Acero de refuerzo.....	33
3.3	CONDICIONES DE CARGAS Y MASAS DE LOS PISOS.....	35
3.4	ESPECTRO DE DISEÑO NSR-10.....	35
4	MODELOS PARA EL ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	37

5	EVALUACIÓN DE LAS CARGAS PARA EL PARA EL MODELO.....	39
5.1	CÁLCULO DE PESO DE LA LOSA ALIGERADA POR METRO CUADRADO DEL ENTREPISO DEL PRIMER NIVEL (CARGA PERMANENTE).....	39
5.1.1	Carga muerta de la losa.....	39
5.1.2	Carga muerta sobreimpuesta.....	39
5.2	DISTRIBUCIÓN DE CARGA MUERTA DE LA LOSA SOBRE LAS VIGAS CARGUERAS.....	41
5.3	CARGA VIVA SOBRE LA LOSA ALIGERADA.....	46
5.4	CARGA VIVA DE LA LOSA SOBRE LAS VIGAS CARQUERAS PARA EL ENTREPISO DEL PISO UNO.....	46
5.5	CÁLCULO DE PESO DE LA LOSA ALIGERADA POR METRO CUADRADO DEL ENTREPISO DEL SEGUNDO NIVEL.....	50
5.5.1	Peso de la losa.....	51
6	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	56
6.1	DISEÑO A CORTANTE DE MURO EN DIRECCIÓN PARALELA A SU PLANO..	57
6.1.1	Resistencia nominal al cortante por tracción diagonal.....	57
6.2	VERIFICACIÓN POR APLASTAMIENTO DEL ALMA DEL MURO.....	58
6.3	DISEÑO A FLEXO COMPRESIÓN DEL MURO EN LA DIRECCIÓN PARALELA A SU PLANO.....	59

6.4	VERIFICACIÓN DEL CORTANTE PARA ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO (COLUMNAS).....	61
6.5	VERIFICACIÓN DEL CORTANTE PARA ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO (VIGAS).....	62
7	RESULTADOS DE LOS ÍNDICES DE SOBRESFUERZO EN LA DIRECCIÓN PARALELA A SU PLANO PARA EL MODELO UNO.....	65
7.1	ANÁLISIS PARA LOS ÍNDICES DE SOBRESFUERZO POR APLASTAMIENTO EN LA DIRECCIÓN PARALELA A SU PLANO.....	65
7.2	DISEÑO A CORTANTE DEL MURO EN DIRECCIÓN PARALELA A SU PLANO.	68
7.3	DISEÑO A FLEXO-COMPRESIÓN DEL MURO EN LA DIRECCIÓN PARALELA A SU PLANO.	70
7.4	VERIFICACIÓN A CORTANTE EN LAS COLUMNAS DE CONFINAMIENTO DEL MURO.	72
7.5	VERIFICACIÓN A CORTANTE EN VIGAS DE CONFINAMIENTO DEL MURO..	75
8	RESULTADOS DE LOS ÍNDICES DE SOBRESFUERZO EN LA DIRECCIÓN PARALELA A SU PLANO PARA EL MODELO DOS.....	78
8.1	ANÁLISIS PARA LOS ÍNDICES DE SOBRESFUERZO POR APLASTAMIENTO EN LA DIRECCIÓN PARALELA A SU PLANO.....	78
8.2	DISEÑO A CORTANTE DEL MURO EN DIRECCIÓN PARALELA A SU PLANO.	79

8.3	DISEÑO A FLEXO-COMPRESIÓN DEL MURO EN LA DIRECCIÓN PARALELA A SU PLANO.	80
8.4	VERIFICACIÓN A CORTANTE EN LAS COLUMNAS DE CONFIMAMIENTO DEL MURO.	82
8.5	VERIFICACIÓN A CORTANTE EN VIGAS DE CONFINAMIENTO DEL MURO.	83
9	RESULTADOS DE LOS ÍNDICES DE SOBRESFUERZO EN LA DIRECCIÓN PARALELA A SU PLANO PARA EL MODELO TRES.	85
9.1	ANÁLISIS PARA LOS ÍNDICES DE SOBRESFUERZO POR APLASTAMIENTO EN LA DIRECCIÓN PARALELA A SU PLANO.	85
9.2	DISEÑO A CORTANTE DEL MURO EN DIRECCIÓN PARALELA A SU PLANO.	86
9.3	DISEÑO A FLEXO-COMPRESIÓN DEL MURO EN LA DIRECCIÓN PARALELA A SU PLANO.	87
9.4	VERIFICACIÓN A CORTANTE EN LAS COLUMNAS DE CONFINAMIENTO DEL MURO.	89
9.5	VERIFICACIÓN A CORTANTE EN VIGAS DE CONFINAMIENTO DEL MURO. .	90
10	DERIVAS MÁXIMAS COMO PORCENTAJE DE LA ALTURA DEL PISO.	92
10.1	DESPLAZAMIENTO EN DIRECCIÓN [X].	92
10.2	DESPLAZAMIENTO EN DIRECCIÓN [Y].	93

11	CONTROL DE DERIVAS EN LA DIRECCION [X]	95
11.1	ANÁLISIS EN DIRECCIÓN [X] PARA EL MODELO UNO CON UN VALOR DE CARGA MUERTA INICIAL.	95
11.2	ANÁLISIS EN DIRECCIÓN X PARA EL MODELO DOS CON UN VALOR DE CARGA MUERTA INICIAL INCREMENTADA EN UN 50%.	96
11.3	ANÁLISIS EN DIRECCIÓN X PARA EL MODELO TRES CON UN VALOR DE CARGA MUERTA INICIAL ICUMENTADA EN UN 100%.	97
12	CONTROL DE DERIVAS EN LA DIRECCIÓN [Y]	99
12.1	ANÁLISIS EN DIRECCIÓN [Y] PARA EL MODELO UNO CON UN VALOR DE CARGA MUERTA INICIAL.	99
12.2	ANÁLISIS EN DIRECCIÓN Y PARA EL MODELO DOS CON UN VALOR DE CARGA MUERTA INICIAL INCREMENTADA EN UN 50%.	100
12.3	ANÁLISIS EN DIRECCIÓN Y PARA EL MODELO TRES CON UN VALOR DE CARGA MUERTA INICIAL INCREMENTADA EN UN 100%.	101
13	CONCLUSIONES.....	103
14.	RECOMENDACIONES.....	104
	BIBLIOGRAFÍA.....	106

LISTA DE FIGURAS.

	Pág.
Figura 1. Muro de mampostería reforzada.....	21
Figura 2. Muro de cavidad reforzada	22
Figura 3. Muro de mampostería reforzada externamente	22
Figura 4. Muros de diafragma dentro de pórticos.	23
Figura 5. Muros de mampostería confinada.....	23
<i>Figura 6. Unidades típicas de mampostería.....</i>	<i>25</i>
Figura 7. Fachada de la vivienda tipo.	29
Figura 8. Sección de las placas aligeradas.....	30
Figura 9. Planta muros divisorios del primer nivel.....	32
Figura 10. Planta muros divisorios del segundo nivel.	32
Figura 11. Propiedades de acero para refuerzo.....	34
Figura 12. Selección de Shell para los muros.....	34
<i>Figura 13. Creación y asignación de cargas para la estructura.</i>	<i>35</i>
Figura 14. Espectro de respuesta NSR-10.	36
Figura 15. Modelo realizado en el programa de análisis.....	37
Figura 16. Creación de los muros en el programa de análisis.	38
Figura 17. Distribución de carga muerta de la losa sobre las vigas cargueras.	41
Figura 18. Calculo del peso de la losa aligerada por metro cuadrado del segundo nivel.	50
Figura 19. Cortante del muro en la dirección paralela a su plano.	58
Figura 20. Aplastamiento del muro en la dirección paralela a su plano.	59
Figura 21. Flexo-compresión del muro en la dirección paralela a su plano.	60
Figura 22. Cortante en las columnas de confinamiento.	62
Figura 23. Cortante en las vigas de confinamiento.	63
Figura 24. Representación del desplazamiento en dirección X.	93
Figura 25. Representación del desplazamiento en dirección Y.	94

LISTA DE TABLAS.

	Pág.
Tabla 1. Propiedades mecánicas típicas de las unidades de mampostería.....	26
Tabla 2. Propiedades mecánicas de las unidades de mampostería.	26
Tabla 3. Propiedades mecánicas de las unidades.....	27
Tabla 4. Valores de carga muerta.....	40
Tabla 5. Valores de carga viva.....	46
Tabla 6. Calculo de los índices de sobreesfuerzo.....	56
Tabla 7. Calculo de los índices de sobreesfuerzo en los elementos de confinamiento.....	57
Tabla 8. Valores de aplastamiento para el modelo uno.	67
Tabla 9. Valores máximos de aplastamiento de los muros para el modelo uno. ...	67
Tabla 10. Valores del cortante para el modelo uno.....	69
Tabla 11. Valores máximos del cortante de los muros para el modelo uno.	69
Tabla 12. Valores de flexo-compresión para el modelo uno.	71
Tabla 13. Valores máximos de flexo-compresión de los muros para el modelo uno.	72
Tabla 14. Valores del cortante en las columnas del modelo uno.	74
Tabla 15. Valores máximos del cortante en las columnas para el modelo uno.....	75
Tabla 16. Valores del cortante en las vigas para el modelo uno.....	77
Tabla 17. Valores máximos del cortante en las vigas para el modelo uno.....	77
Tabla 18. Valores del aplastamiento en los muros para el modelo dos.	78
Tabla 19. Valores máximos de aplastamiento en los muros para el modelo dos...79	79
Tabla 20. Valores del cortante en los muros del modelo dos.....	79
Tabla 21. Valores máximos del cortante en los muros para el modelo dos.	80
Tabla 22. Valores de flexo-compresión en los muros del modelo dos.	81
Tabla 23. Valores máximos de flexo-compresión en los muros del modelo dos....	81
Tabla 24. Valores del cortante en las columnas del modelo dos.	82

Tabla 25. Valores máximos del cortante en las columnas para el modelo dos.....	83
Tabla 26. Valores del cortante en las vigas del modelo dos.	83
Tabla 27. Valores máximos del cortante en las vigas para el modelo dos.....	84
Tabla 28. Valores de aplastamiento en los muros para el modelo tres.....	85
Tabla 29. Valores máximos de aplastamiento en los muros para el modelo tres. .	86
Tabla 30. Valores del cortante en los muros del modelo tres.	87
Tabla 31. Valores máximos del cortante en los muros para el modelo tres.	87
Tabla 32. Valores de flexo-compresión en los muros del modelo tres.....	88
Tabla 33. Valores máximos de flexo-compresión en los muros para el modelo tres.	88
Tabla 34. Valores del cortante en las columnas del modelo tres.	89
Tabla 35. Valores máximos del cortante en las columnas para el modelo tres.....	90
Tabla 36. Valores del cortante en las vigas del modelo tres.	90
Tabla 37. Valores máximos del cortante en las vigas para el modelo tres.....	91
Tabla 38. Control de derivas.	92
Tabla 39. Deriva máxima.	92
Tabla 40. Desplazamiento en dirección X para el modelo uno.	95
Tabla 41. Desplazamiento en dirección X para el modelo dos.	96
Tabla 42. Desplazamiento en dirección X para el modelo tres.	97
Tabla 43. Desplazamiento en dirección Y para el modelo uno.	99
Tabla 44. Desplazamiento en dirección Y para el modelo dos.	100
Tabla 45. Desplazamiento en dirección Y para el modelo tres.	101

RESUMEN

TITULO: ESTUDIAR EL NIVEL DE AFECTACIÓN ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA DEBIDO AL AUMENTO EN SU MASA POR REFORMAS EN LA VIVIENDA.*

AUTOR: FAVIO ANDRÉS GALVIS CARREÑO**

PALABRAS CLAVES: Derivas máximas, Mampostería confinada, Índice de Flexibilidad, Índice de Resistencia.

DESCRIPCIÓN:

El siguiente artículo, presenta la creación y el análisis de modelos matemáticos realizados y posteriormente analizados en los ejes X y Y, con el software de análisis matricial sap2000 versión quince para estos análisis se tomó como base una vivienda típica en mampostería confinada, ubicada en la comuna catorce en el barrio (Morrórico) en el nororiente en la ciudad de Bucaramanga. La configuración estructural de la vivienda se tomó del libro visión estructural de las edificaciones de la ciudad de Bucaramanga. Y se ajustó a las especificaciones mínimas indicadas en la Norma Sismo Resistente Colombiana versión 2010 (NSR-10) para edificaciones de dos pisos. La metodología presentada es evaluar los Índices de Sobreesfuerzo e Índice de flexibilidad de la estructura cuando se varía la carga muerta. Se construyen tres modelos variando la carga muerta y se evalúan las fuerzas internas, luego se evalúan las cargas y se construyen los modelos. Se hicieron las combinaciones según el título B de la NSR- 10 y se obtuvieron las fuerzas, cada muro se evaluó por Compresión, cortante y flexo-compresión según el título D de la norma NSR 10, además se hizo un chequeo a las columnas y vigas. Finalmente se evaluaron los índices de sobreesfuerzo y índices de flexibilidad y se graficaron los resultados para después realizar las conclusiones.

* Trabajo de grado.

** Facultad de Ingenierías Física-Mecánicas. Escuela de Ingeniería civil. Director: Gustavo Chio Cho

ABSTRACT

TITLE: STUDY THE LEVEL OF STRUCTURAL AFFECTATION OF A HOUSE DUE TO THE INCREASE OF ITS HOUSING REFORMS.*

AUTHOR: FAVIO ANDRES GALVIS CARREÑO**

KEY WORDS: Maximum Drifts, Confined Masonry, Index Flexibility, Index Overexertion.

DESCRIPTION:

The following article, he presents the creation and the analysis of mathematical realized models and later analyzed in the axes X and Y, With the software of matrix analysis sap2000 version fifteen, For these analyses a typical housing took as a base in confined masonry Located in the commune fourteen in the neighborhood Morrорico in the north east in Bucaramanga city The structural configuration of the housing took of the book structural vision of the buildings of Bucaramanga city. And Resistant Earthquake adjusted to the minimal specifications indicated in the Norm Colombian version 2010 (NSR-10) for buildings of two floors. The presented methodology is to evaluate the Indexes of Overstrain and Index of flexibility of the structure when the dead load is changed. Three models are constructed changing the dead load and the internal forces are evaluated, then the loads are evaluated and the models are constructed. I make the combinations according to the title B of the NSR – 10 and the forces were obtained, every wall evaluated for Compression, butcher and flexo-compression according to the title D of the norm NSR 10, In addition a checkup was done to the columns and girders. Finally there were evaluated the indexes of overstrain and indexes of flexibility and graph the results later to realize the conclusions.

* Trabajo de Grado.

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Gustavo Chio Cho.

INTRODUCCIÓN.

La mayoría de las edificaciones que se han realizado en este sector se han desarrollado sin ninguna planificación o estudio previo, muchas de estas construcciones empezaron como lotes y posteriormente pasaron a ser casas de uno y dos pisos, este desarrollo de vivienda conlleva a que fueran pensados para ciertos valores de carga pero posteriormente han terminado soportando un valor diferente al valor inicial, este valor se afecta por diversas reformas arquitectónicas que sus propietarios hacen a las mismas afectando por consiguiente el índice de vulnerabilidad.

El presente trabajo busca realizar una primera aproximación al problema de cuantificar cuanto se verá afectado el comportamiento de la estructura por las reformas que le realizan los propietarios sin la debida supervisión técnica.

1 OBJETIVO GENERAL.

Evaluar el nivel de afectación en su comportamiento estructural de una vivienda típica del sector de Miraflores de la comuna catorce por un aumento de peso muerto debido a reformas arquitectónicas en la vivienda.

1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Evaluar los índices de flexibilidad según la Norma Sismo Resistente (NSR-10) al aumentar el peso muerto en una vivienda típica del sector de Miraflores de la comuna catorce de Bucaramanga debido a reformas arquitectónicas en la vivienda.
- Evaluar los índices de resistencia según la Norma Sismo Resistente (NSR-10) al aumentar el peso muerto en una vivienda típica del sector de Miraflores de la comuna catorce de Bucaramanga debido a reformas arquitectónicas en la vivienda.

2 MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL.

2.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE LA MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL.

La mampostería consiste en la unión de ladrillos de concreto o arcilla con un mortero (mampuesto) para formar un sistema monolítico tipo muro, este sistema puede resistir acciones dinámicas de sismo o viento y las acciones producidas por las cargas de gravedad.

2.2 CLASIFICACIÓN DE LA MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL.

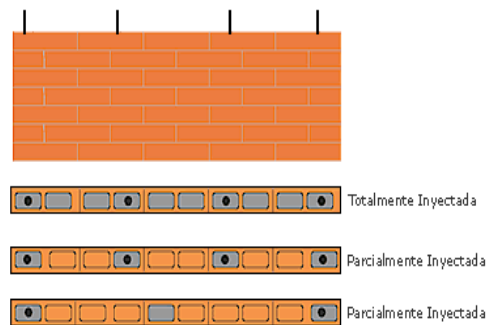
Los sistemas estructurales de mampostería, se clasifican en función del tipo de reforzamiento adicional, generalmente pueden ser varillas de acero, inyección de concreto a través de las cavidades de las unidades, en Colombia la Norma Sismo resistente (NSR-10) [1] Define y reconoce los siguientes tipos de mampostería.

2.2.1 Mampostería no reforzada. Es la construcción por medio de piezas de mampostería unidas con un mortero que no cumple cuantías mínimas de refuerzo establecidas para la mampostería parcialmente reforzada. Este sistema estructural se clasifica como uno de los sistemas con capacidad mínima de disipación de energía en el rango inelástico (DMI) para efectos de diseño.

2.2.2 Mampostería reforzada. Es la construcción por medio de piezas de mampostería unidas con un mortero, reforzadas internamente con alambre de cerro y barras, este sistema estructural se clasifica como un sistema con capacidad especial de disipación de energía

en el rango inelástico (DES) cuando todas sus celdas se inyectan con mortero de relleno, y como uno de los sistemas con capacidad moderada de disipación de energía en el rango inelástico (DMO) cuando solo se inyectan con mortero de relleno las celdas verticales que llevan refuerzo.

Figura 1. Muro de mampostería reforzada

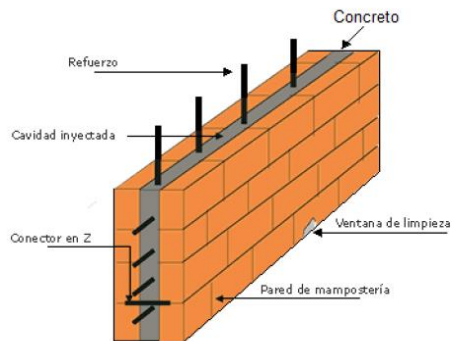


Fuente: tomada de J. Arango, edificios altos de mampostería en arcilla, terracota, Bogotá, 2001

2.2.3 Mampostería parcialmente reforzada. Es la construcción por medio de piezas de mampostería de perforación vertical unidas con un mortero, reforzada internamente con barras y alambre de acero, este sistema se clasifica como uno de los sistemas con capacidad moderada de disipación de energía en el rango inelástico (DMO) para efectos de diseño.

2.2.4 Mampostería de cavidad reforzada. Es la construcción realizada con dos paredes de piezas de mampostería de caras paralelas reforzadas, separadas por un espacio continuo compuesto. Este sistema estructural se clasifica, para efectos de diseño sísmo resistente, como uno de los sistemas con capacidad especial de disipación de energía DES.

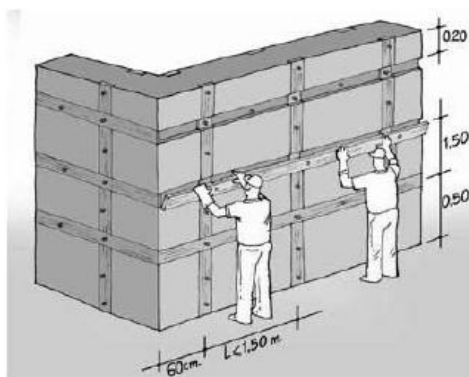
Figura 2. Muro de cavidad reforzada



Fuente: Tomada de J. Arango, edificios altos de mampostería en arcilla, terracota, Bogotá, 2001

2.2.5 Mampostería reforzada externamente. En esta construcción el refuerzo se coloca dentro de capa una de revoque fijando al muro de mampostería mediante conectores y clavos. Este sistema estructural se clasifica para efectos de diseño sísmico resistente, como uno de los sistemas con capacidad mínima de disipación de energía (DMI).

Figura 3. Muro de mampostería reforzada externamente



Fuente: Tomada de D. Ruiz, Propuesta de normativa para la rehabilitación sísmica de edificaciones patrimoniales, Journal of Cultural Heritage Studies, vol. 25 No 2, Bogotá, 2012

2.2.6 Muros de diafragma. Estos muros son puestos dentro de una estructura de pórticos, los cuales restringen su desplazamiento libre bajo cargas laterales.

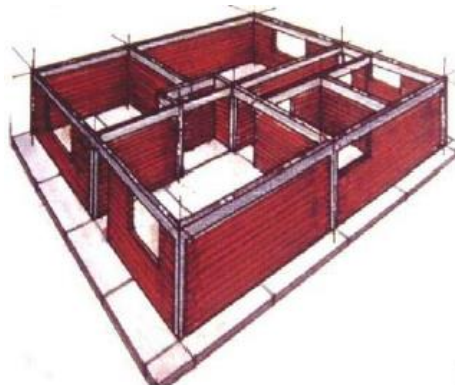
Figura 4. Muros de diafragma dentro de pórticos.



Fuente: Tomada de J. Arango, edificios altos de mampostería en arcilla, terracota, Bogotá, 2001

2.2.7 Mampostería de muros de mampostería: La mampostería confinada Es la construcción por medio de piezas de mampostería unidas con un mortero, que se refuerzan principalmente con elementos de concreto reforzado (viga y columna) alrededor del muro confinado, este sistema estructural se clasifica como uno de los sistemas de con capacidad moderada de disipación de energía en el rango inelástico (DMO) para efectos de diseño sismo resistente.

Figura 5. Muros de mampostería confinada.



Fuente: Tomada de J. Jaramillo, Ingeniería Estructural Y: Mampostería Estructural, Curso Virtual, Universidad Nacional de Colombia, 2013.

Este documento está basado en este último sistema estructural, los conceptos abordados en este capítulo están enfocados en la mampostería confinada.

2.3 EDIFICACIONES DE MAMPOSTERÍA CONFINADA.

Este tipo de mampostería es el más común en Colombia, lo cual fue motivo de estudio en este trabajo de investigación. El sistema de mampostería confinada está conformado por muros construido con ladrillos de arcilla macizos o perforados pegados con mortero, confinados por sistemas de concreto reforzado tradicional como columnas y vigas que pueden resistir acciones dinámicas o acciones producidas por las cargas de la gravedad.

En un sistema que cuenta con amplia experiencia constructiva en Colombia y cuenta con un soporte experimental y analítico, es importante saber que la mampostería confinada tiene un comportamiento mecánico diferente a la mampostería no reforzada, la primera es un sistema adecuado para edificación de vivienda de poca altura y aun en zonas de alta sismicidad. Este sistema es usado en otros países de Latinoamérica con éxito, [6] a pesar de lo anterior hay que mencionar que aún hay casos de relevancia para la práctica de la ingeniería estructural para los que no se cuenta con información suficiente en el comportamiento de muros y sistemas estructurales de mampostería.

Algunas características de este tipo de mampostería son:

- Se realiza con piezas de mampostería unidas por medio de mortero de pega. Los elementos de confinamiento son de concreto reforzado, y la integridad de estos debe conformar características que permitan un buen comportamiento estructural del sistema.

- La mano de obra utilizada para este tipo de mampostería es menos especializada que la utilizada en mampostería reforzada.
- Como sistema de entrepiso se utiliza con más frecuencia en lozas aligeradas o lozas macizas de concreto construidas in-situ. [7]

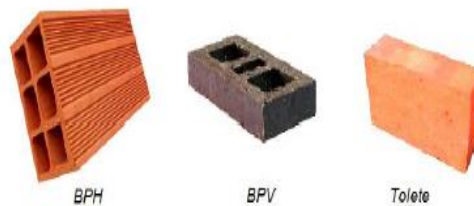
2.4 MATERIALES DE LA MAMPOSTERÍA Y SUS PROPIEDADES.

La mampostería confinada tiene funciones estructurales (muros confinados) como arquitectónicas y junto a los elementos de confinamiento de hormigón forman el sistema resistente de la edificación, los muros son comúnmente en tolete hueco o macizo. La mampostería simple es un conjunto de piezas de arcilla, concreto o cal unida horizontal y vertical por medio de mortero los cuales incluyen en varias ocasiones calizas.

A continuación se presentan las principales propiedades de los materiales con valores típicos procedentes de normativas colombianas vigentes [1]

2.4.1 Unidades de mampostería o ladrillo. En general se encuentran piezas de concreto o arcilla, la figura muestra las unidades más comunes, bloque de perforación horizontal (BPH) tolete macizo y bloque de perforación vertical.

Figura 6. Unidades típicas de mampostería.



Las propiedades mecánicas de la mampostería dependen de la resistencia del mortero y del tipo de elemento con que se construye. En la tabla 1 se presentan las propiedades más relevantes de los tipos de piezas utilizadas comúnmente en el país, siendo: la tasa inicial de absorción de la pieza TIA, la resistencia a la compresión de la unidad f'_p y el módulo de ruptura σ_r .

Tabla 1. Propiedades mecánicas típicas de las unidades de mampostería.

PIEZA	TIA	ABSORCIÓN (%)	f'_p (kg/cm ²)	σ_r (kg/cm ²)
Tolete macizo	36 - 41	10 - 15	190 - 220	40 - 60
Bloque	18 - 27	9 - 16	30 - 50	20
Silical	14 - 20	13 - 15	170	35

Fuente: Tomada de C. Leal y J. Martínez, Estudio Experimental en Muros y Fachadas de Mampostería, Tesis presentada como requisito para el título de Magister en Ingeniería Civil, Universidad de los Andes, Bogotá D.C. Colombia 1997.

En la tabla 2 se muestran los valores mínimos de resistencia a la compresión para uso en sistema de mampostería confinada aceptados por la Norma Sismo resistente (NSR-10) y denominado como f'_{cu} .

Tabla 2. Propiedades mecánicas de las unidades de mampostería.

Tipo de unidad	Resistencia mínima a la compresión f'_{cu} [Mpa]
Tolete de arcilla	15
Bloque de perforación horizontal de arcilla	3
Bloque de perforación horizontal de concreto o arcilla	5

Fuente: Adaptado de Comisión Asesora Permanente para el Régimen de construcciones Sismo Resistentes. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Bogotá D.C.

2.4.2 Morteros de pega. El mortero más empleado es el de pasta de cemento y arena (sin otro tipo de material). Según la resistencia a la compresión f'_{cp} los morteros comúnmente empleados pueden clasificarse acorde a la tabla 3.

Tabla 3. Propiedades mecánicas de las unidades.

Mortero Tipo	Resistencia mínima a la compresión f'_{cp} [Mpa]	Retención mínima de agua (%)
H	22.5	75
M	17.5	75
S	12.5	75
N	7.5	75

Fuente: Adaptado de Comisión Asesora Permanente para el Régimen de construcciones Sismo Resistentes. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Bogotá D.C.

2.5 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA MAMPOSTERÍA.

La resistencia de la mampostería se afecta por varios parámetros, depende principalmente de la resistencia del mortero y de las unidades individuales, y de la calidad del proceso constructivo. Se obtiene experimentalmente a partir de ensayos a compresión simple en muretes, puede tener un mejor o peor comportamiento dependiendo de la relación entre las resistencias de los componentes. La relación entre la resistencia a la compresión de la mampostería f'_m y las características de la mampostería confinada, se establece teóricamente mediante las siguientes ecuaciones de La Norma Sismo Resistente NSR-10 [1]

$$Rm = \left[\frac{2h}{75+3h} \right] f'cu + \left[\frac{50kp}{75+3h} \right] f'cp \leq 0,8f'cu \dots\dots\dots(1)$$

Dónde:

f'cu = resistencia especificada a la compresión de la unidad de mampostería medida sobre área neta, MPa.

f'cp = resistencia especificada a la compresión del mortero de pega, MPa

Rm =parámetro definido por medio de la ecuación

kp = factor de correlación por la absorción de la unidad, adimensional

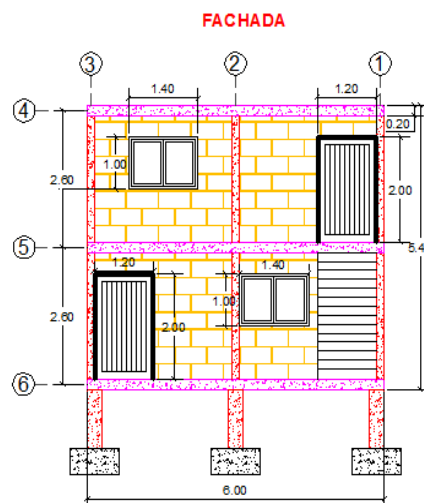
f'm = resistencia nominal a la compresión de la mampostería, MPa

$$f'm = 0,75Rm \dots\dots\dots (2)$$

3 ANÁLISIS DE UNA VIVIENDA TIPO DE LA COMUNA 14 EN BUCARAMANGA.

Para realizar el siguiente estudio se tomaron como base los planos de una vivienda típica en la zona nororiental de la ciudad de Bucaramanga, construida en un lote de 6 [m] de frente y 8 [m] de fondo; su construcción es de mampostería confinada con ladrillo H-15, es una casa de dos niveles, constituida de dos placas aligeradas con casetones de madera seca, y su altura de entrepiso es igual a 2.40[m] en cada uno de sus niveles, manteniendo su proporción en altura es decir que no se tienen voladizos. En las figura [7] se puede observar el plano de fachada de la vivienda tipo, los planos sugeridos se encuentran en el libro Visión Estructural de las Edificaciones de la ciudad de Bucaramanga, [7] estudio correspondiente a las características estructurales de las viviendas en las diferentes zonas en las que se encuentra dividida la ciudad de Bucaramanga.

Figura 7. Fachada de la vivienda tipo.

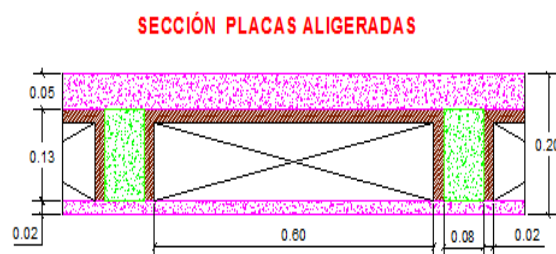


3.1 AJUSTE DE LAS DIMENSIONES EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES SEGÚN NSR-10.

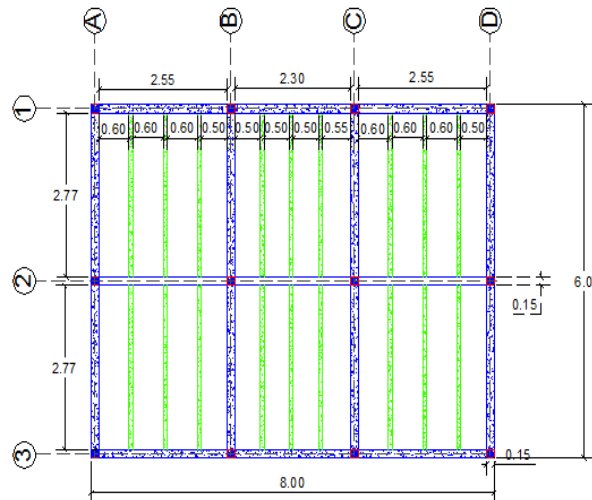
Con los planos correspondientes al tipo de vivienda de la zona nororiental de Bucaramanga barrio morrorico, se adecuan las dimensiones, los recubrimientos mínimos, y los refuerzos correspondientes a los elementos estructurales, para cumplir con las especificaciones mínimas indicadas en el reglamento de construcción sismo resistente colombiano (NSR-10) [1]. A continuación se mostraran las dimensiones finales del tipo de vivienda a analizar.

3.1.1 Placas aligeradas. Están conformadas por una placa aligerada armada en una dirección con un espesor de 0.20 [m] (E.5.1.3 NSR-10), con una torta superior de 0.05[m] (E.5.1.5.1.3 NSR-10), casetones de madera seca correspondientes a los elementos aligerantés (tabla B.3.2.1 NSR-10) de 0.13 [m] y una torta inferior de 0.02[m] (E.5.1.5.1.1 NSR-10) y viguetas de 0.08[m] de espesor, 0.13[m] de alto y la separación entre sus ejes no excede los 0.6[m] (E.5.1.5.1.4 NSR-10) [1] ver imagen [8]

Figura 8. Sección de las placas aligeradas.



VISTA EN PLANTA PLACA DE ENTRE PISO



3.1.2 Vigas de confinamiento. Las vigas de confinamiento de la estructura a analizar están construidas en concreto reforzado, tienen una altura de 0.20 [m], con un ancho de 0.15 [m], con una área transversal de 0.03 [m²] (E.4.4.2 NSR-10), reforzadas con cuatro barras de acero N°3 (E.4.4.4 NSR-10), con un recubrimiento mínimo de 0.04 [m] (C.7.7.1 NSR-10).

3.1.3 Columnas de confinamiento. Las columnas de confinamiento de la estructura están construidas en concreto reforzado, tiene una altura de 0.15 [m], un ancho de 0.15 [m], con una área transversal de 0.0225 [m²] (E.4.3.2 NSR-10), reforzados con cuatro barras de acero N° 3 (E.4.3.4 NSR-10) con un recubrimiento de 0.04 [m] (C.7.7.1 NSR-10).

3.1.4 Divisiones internas en muros de mampostería. Las divisiones de la vivienda están hechas en muros de mampostería, conformados por bloques de arcilla H-15 (ver figura 10y 11).

Figura 9. Planta muros divisorios del primer nivel.

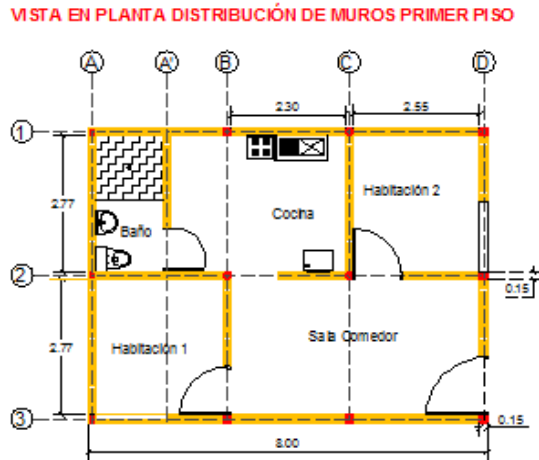
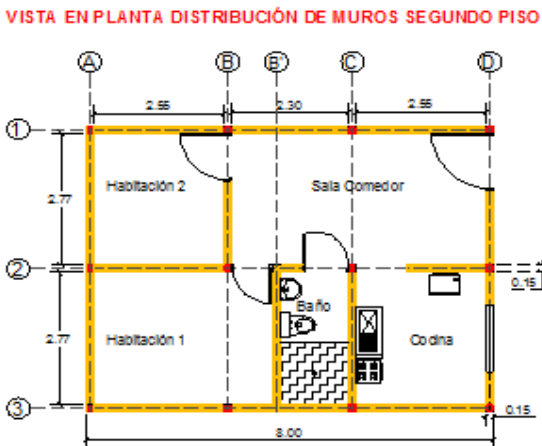


Figura 10. Planta muros divisorios del segundo nivel.



3.2 MODELO DE LA VIVIENDA EN AL PROGRAMA SAP2000 VERSIÓN 15.

Después de ajustar las dimensiones de los elementos estructurales de la vivienda tipo a la Norma Sismo Resistente Colombiano de 2010 (NSR-10), se continúa a cargar el programa Sap2000 V15, asignando al modelo las dimensiones reasignadas.

3.2.1 Propiedades de los aceros y concretos para los elementos estructurales (Columnas Vigas, y placas aligeradas). Se selecciona un concreto con resistencia a la compresión $f'c$ a los 28 días de 21 Mpa, peso específico $Wc=2400$ Kg/m³, módulo de elasticidad $E_c=3900\sqrt{f'c}=16314,87$ Mpa, un módulo de poisson = 0.2, módulo de elasticidad de 200000 Mpa, un acero longitudinal corrugado con límite de fluencia $f_y=420$ Mpa, y un peso específico de 7800Kg/m³.

3.2.2 Propiedades de la mampostería. Debido a que el programa Sap2000, está diseñado para trabajar con concretos y no con elementos de mampostería estructural, se asumió un material de concreto pero con las propiedades de la mampostería, se tomaron barras de acero con áreas tendiendo a cero y posteriormente se calculó un espesor equivalente a la sección transversal del ladrillo, todo con el fin de simular de forma más precisa las condiciones reales de los muros de ladrillo H-15.

3.2.3 Mampostería. Resistencia a la compresión $f'm=4.889$ Mpa (D.3.7.2 NSR-10), resistencia mínima a la compresión $f'cp=7.5$ Mpa (tabla D.3.4.1), módulo de elasticidad $E_m=1249.99$ Mpa (D.5.2.3 NSR-10), un módulo de poisson de 0.2 (CR8.5.1 NSR-10) y un peso específico de 1026.69 Kg/m³, resistencia última a la compresión $f'cu=7.5$ Mpa (tabla D.10.3.1 NSR-10).una vez calculadas las características del concreto a usar en la mampostería, se cargan en el sap2000.

3.2.4 Acero de refuerzo. Se realiza con propiedades que tiendan a cero para que el programa no altere los procedimientos de cálculo y así este acero no aporte resistencia considerable a la tracción.

Figura 11. Propiedades de acero para refuerzo.

Material Name Acero De Refuerzo 420	Material Type Rebar	Symmetry Type Isotropic
Modulus of Elasticity E 2.000E+08	Weight and Mass Weight per Unit Volume 76.52 Mass per Unit Volume 7.8029	Units KN, m, C
Poisson's Ratio U 0.3	Other Properties for Rebar Materials Minimum Yield Stress, Fy 420000. Minimum Tensile Stress, Fu 630000. Expected Yield Stress, Fye 462000. Expected Tensile Stress, Fue 693000.	
Coeff of Thermal Expansion A 1.170E-05	Advanced Material Property Data Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties... Thermal Properties...	
Shear Modulus G 76923077		

Condiciones especiales de los muros. Para que la mampostería trabaje en el rango lineal, se crea una sección área para los muros de arcilla.

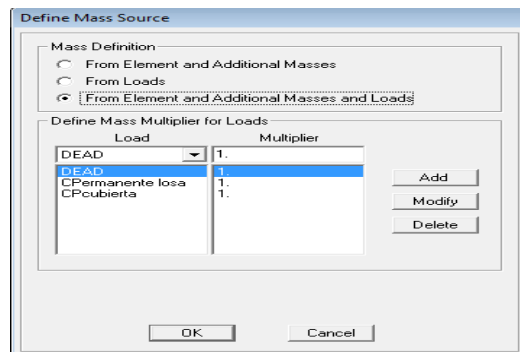
Figura 12. Selección de Shell para los muros.

Section Name Muros
Section Notes Modify/Show...
Display Color <input checked="" type="checkbox"/>
Type <input checked="" type="radio"/> Shell - Thin <input type="radio"/> Shell - Thick <input type="radio"/> Plate - Thin <input type="radio"/> Plate Thick <input type="radio"/> Membrane <input type="radio"/> Shell - Layered/Nonlinear

3.3 CONDICIONES DE CARGAS Y MASAS DE LOS PISOS.

Se le asigna un constrain para cada piso, asumiendo un diafragma rígido. Se define la masa de la casa usando la opción From Element and Additional masses and load; no se debe tener en cuenta el peso propio ya que este el programa lo define por defecto con base en la opción antes mencionada.

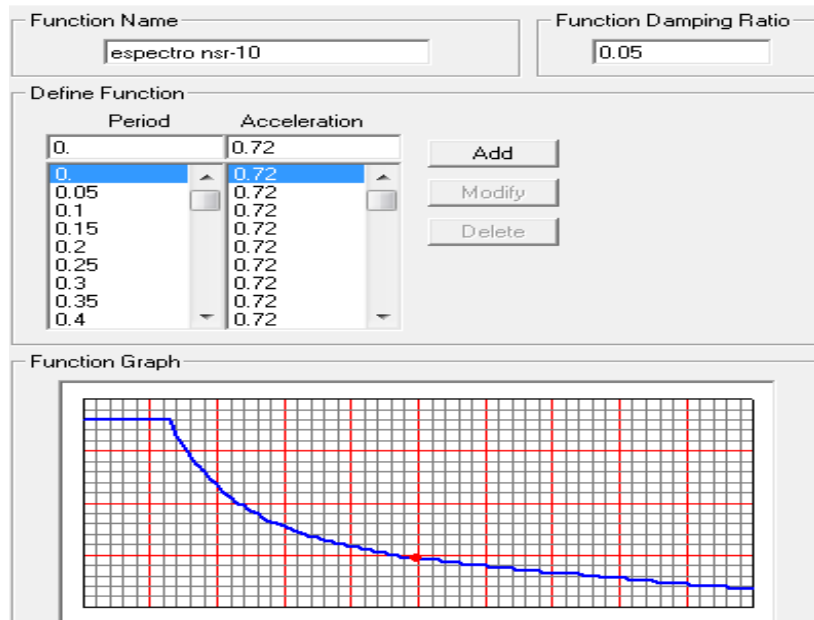
Figura 13. Creación y asignación de cargas para la estructura.



3.4 ESPECTRO DE DISEÑO NSR-10.

Se presenta el espectro de demanda elástica teniendo en cuenta todas las consideraciones que para esta región están plasmadas en el capítulo A.2.6 de la norma sismo resistente colombiana de 2010, se carga el de diseño correspondiente a la zona sísmica de Bucaramanga. (Ver figura 15).

Figura 14. Espectro de respuesta NSR-10.



4 MODELOS PARA EL ANÁLISIS DE RESULTADOS.

A continuación se muestra una imagen del modelo realizado en Sap 2000 para obtener los resultados consignados en el presente trabajo. En los tres modelos estudiados se mantuvo su configuración arquitectónica y lo que se varió en estos modelos fueron las cargas muertas que se le aplicaron. En el anexo 1 se muestra las propiedades de los materiales y como fue cargado el programa con sus respectivas cargas muertas para los tres modelos.

Figura 15. Modelo realizado en el programa de análisis.

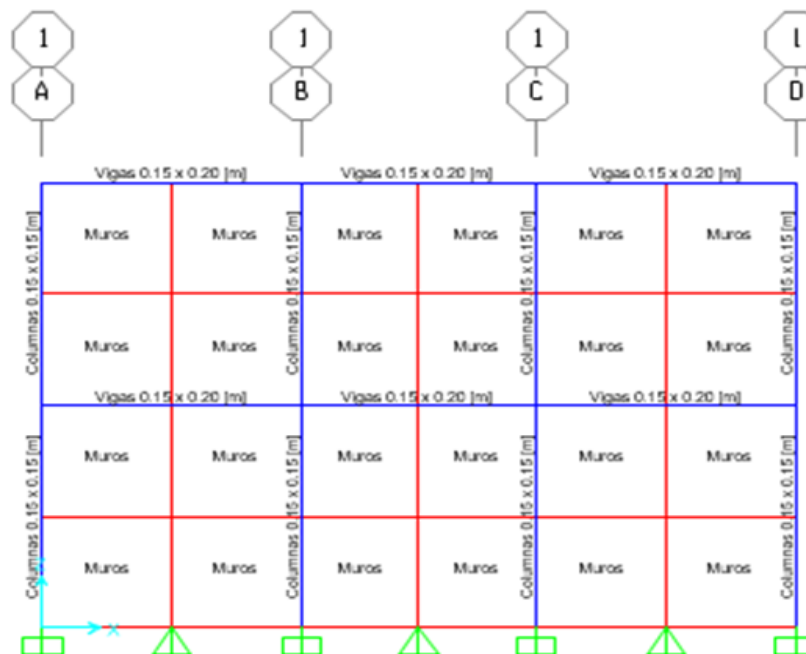
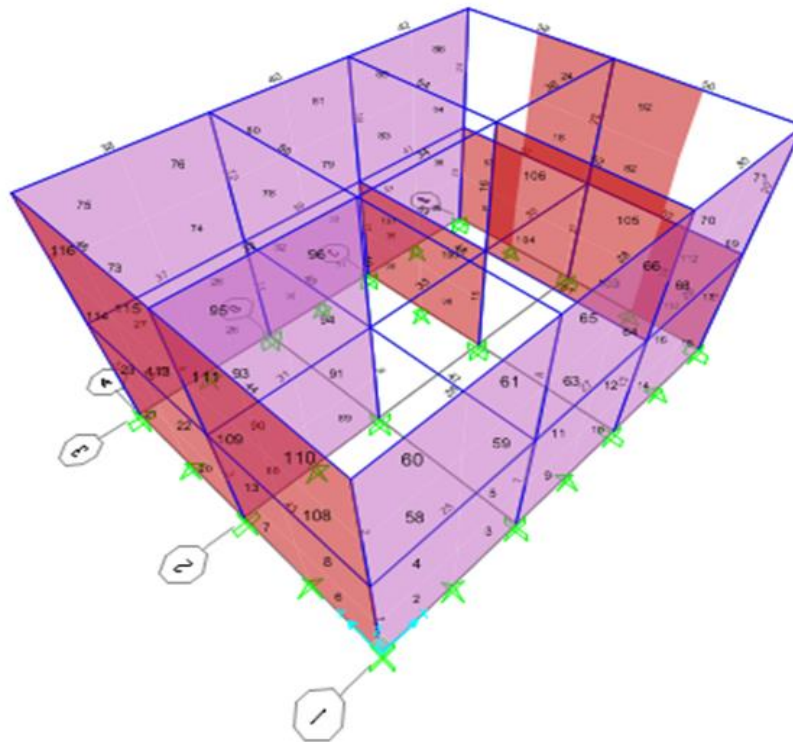


Figura 16. Creación de los muros en el programa de análisis.



5 EVALUACIÓN DE LAS CARGAS PARA EL PARA EL MODELO.

5.1 CÁLCULO DE PESO DE LA LOSA ALIGERADA POR METRO CUADRADO DEL ENTREPISO DEL PRIMER NIVEL (CARGA PERMANENTE).

Carga permanente (cp) = carga losa + carga sobreimpuesta

5.1.1 Carga muerta de la losa.

$$\text{Viqueta tipo por } m^2 = \frac{0.13m * 0.08m * 24Kn/m^3}{0.68m} = 0.367 \frac{Kn}{m^2}$$

$$\text{torta superior por } m^2 = 0.05m * \frac{24Kn}{m^3} = 1.2 \frac{Kn}{m^2}$$

$$\text{torta inferior por } m^2 = 0.02m * \frac{24kn}{m^3} = 0.48 \frac{Kn}{m^2}$$

$$\text{caseton por } m^2 = \frac{\frac{0.5Kn}{m^3} * 0.13m * 0.6m}{0.68m} = 0.057 \frac{Kn}{m^2}$$

$$\text{Peso de la losa por metro cuadrado} = 0.367 \frac{Kn}{m^2} + 1.2 \frac{Kn}{m^2} + 0.48 \frac{Kn}{m^2} + 0.5 \frac{Kn}{m^2} + 0.057 \frac{Kn}{m^2}$$

$$\text{peso de la losa por } m^2 = 2.104 \frac{Kn}{m^2}$$

5.1.2 Carga muerta sobreimpuesta. Se tomaron los valores de afinado de piso y particiones del título B de la NSR-10.

Tabla 4. Valores de carga muerta.

Tabla B.3.4.3-1
Valores mínimos alternativos de carga muerta de elementos no estructurales cuando no se efectúe un análisis más detallado

Ocupación		Fachada y particiones (kN/m ²) m ² de área en planta	Afinado de piso y cubierta (kN/m ²) m ² de área en planta	Fachada y particiones (kgf/m ²) m ² de área en planta	Afinado de piso y cubierta (kgf/m ²) m ² de área en planta
Reunión	Edificaciones con un salón de reunión para menos de 100 personas y sin escenarios.	1.0	1.8	100	180
Oficinas	Particiones móviles de altura total	1.0	1.8	100	180
	Particiones fijas de mampostería	2.0	1.8	200	180
Educativos	Salones de clase	2.0	1.5	200	150
Fábricas	Industrias livianas	0.8	1.6	80	160
Institucional	Internados con atención a los residentes	2.0	1.6	200	160
	Prisiones, cárceles, reformatorios y centros de detención	2.5	1.8	250	180
	Guarderías.	2.0	1.6	200	160
Comercio	Exhibición y venta de mercancías.	1.5	1.4	150	140
Residencial	Fachada y particiones de mampostería.	3.0	1.6	300	160
	Fachada y particiones livianas.	2.0	1.4	200	140
Almacenamiento	Almacenamiento de materiales livianos.	1.5	1.5	150	150
Garajes	Garajes para vehículos con capacidad de hasta 2000 kg	0.2	1.0	20	100

$$Fachada y particiones = \frac{1.0Kn}{m^2}$$

$$Afinados y pisos = \frac{1.6Kn}{m^2}$$

$$Carga sobreimpuesta = \frac{4.6Kn}{m^2}$$

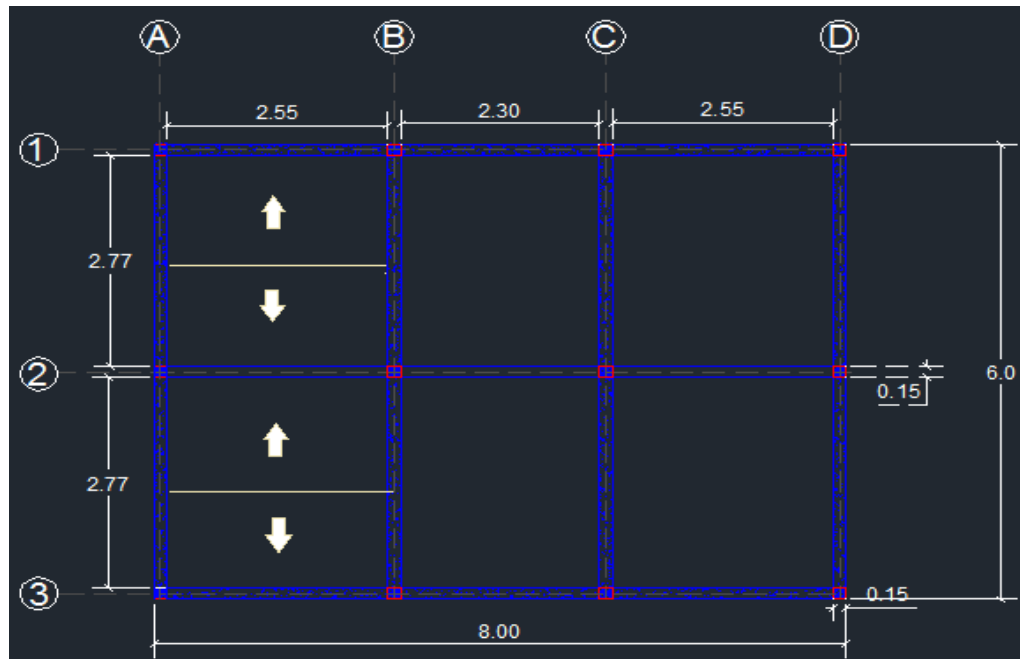
Carga permanente= Carga losa +Carga sobreimpuesta

$$Carga permanente= 2.6 \frac{Kn}{m^2} + 2.104 \frac{Kn}{m^2}$$

$$carga permanente por m^2 = \frac{4.704Kn}{m^2}$$

5.2 DISTRIBUCIÓN DE CARGA MUERTA DE LA LOSA SOBRE LAS VIGAS CARGUERAS.

Figura 17. Distribución de carga muerta de la losa sobre las vigas cargueras.



✓ VIGA "UNO" ENTRE EJES A-B

$$\text{Area aferente} = \frac{7.063\text{m}^2}{2} = 3.531\text{m}^2$$

$$\text{longitud vigas entre ejes} = 2.55\text{m}$$

$$\text{Carga muerta por m}^2 = 4.704 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Carga puntual sobre la viga} = 3.531\text{m}^2 * 4.704 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2} = 16.609\text{Kn}$$

$$\text{Carga distribuida en la viga} = \frac{16.609\text{Kn}}{2.55\text{m}} = 6.513 \frac{\text{Kn}}{\text{m}}$$

✓ **VIGA “UNO” ENTRE EJES B-C**

$$\text{Area aferente} = \frac{6.371\text{m}^2}{2} = 3.185\text{m}^2$$

$$\text{longitud vigas entre ejes} = 2.30\text{m}$$

$$\text{Carga muerta por m}^2 = 4.704 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Carga puntual sobre la viga} = 3.185\text{m}^2 * 4.704 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2} = 14.982\text{Kn}$$

$$\text{Carga distribuida en la viga} = \frac{14.982\text{Kn}}{2.30\text{m}} = 6.514 \frac{\text{Kn}}{\text{m}}$$

✓ **VIGA “UNO” ENTRE EJES C-D**

$$\text{Area aferente} = \frac{7.063\text{m}^2}{2} = 3.531\text{m}^2$$

$$\text{longitud vigas entre ejes} = 2.55\text{m}$$

$$\text{Carga muerta por m}^2 = 4.704 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Carga puntual sobre la viga} = 3.531\text{m}^2 * 4.704 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2} = 16.609\text{Kn}$$

$$\text{Carga distribuida en la viga} = \frac{16.609\text{Kn}}{2.55\text{m}} = 6.513 \frac{\text{Kn}}{\text{m}}$$

✓ **VIGA “DOS” ENTRE EJES A-B**

$$\text{Area aferente} = \frac{7.063}{2} * 2 = 7.063\text{m}^2$$

$$\text{longitud vigas entre ejes} = 2.55\text{m}$$

$$\text{Carga muerta por m}^2 = 4.704 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Carga puntual sobre la viga} = 7.063\text{m}^2 * 4.704 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2} = 33.224\text{Kn}$$

$$\text{Carga distribuida en la viga} = \frac{33.224\text{Kn}}{2.55\text{m}} = 13.029 \frac{\text{Kn}}{\text{m}}$$

✓ **VIGA “DOS” ENTRE EJES B-C**

$$\text{Area aferente} = \frac{6.371\text{m}^2}{2} * 2 = 6.371\text{m}^2$$

$$\text{longitud vigas entre ejes} = 2.30\text{m}$$

$$\text{Carga muerta por m}^2 = 4.704 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Carga puntual sobre la viga} = 6.371\text{m}^2 * 4.704 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2} = 29.969\text{Kn}$$

$$\text{Carga distribuida en la viga} = \frac{42.711\text{Kn}}{2.30\text{m}} = 13.030 \frac{\text{Kn}}{\text{m}}$$

✓ **VIGA “DOS” ENTRE EJES C-D**

$$\text{Area aferente} = \frac{7.063}{2} * 2 = 7.063\text{m}^2$$

$$\text{longitud vigas entre ejes} = 2.55\text{m}$$

$$\text{Carga muerta por m}^2 = 4.704 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Carga puntual sobre la viga} = 7.063\text{m}^2 * 4.704 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2} = 33.224\text{Kn}$$

$$\text{Carga distribuida en la viga} = \frac{33.224\text{Kn}}{2.55\text{m}} = 13.029 \frac{\text{Kn}}{\text{m}}$$

✓ **VIGA “TRES” ENTRE EJES A-B**

$$\text{Area aferente} = \frac{7.063\text{m}^2}{2} = 3.531\text{m}^2$$

$$\text{longitud vigas entre ejes} = 2.55\text{m}$$

$$\text{Carga muerta por m}^2 = 4.704 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Carga puntual sobre la viga} = 3.531\text{m}^2 * 4.704 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2} = 16.609\text{Kn}$$

$$\text{Carga distribuida en la viga} = \frac{16.609\text{Kn}}{2.55\text{m}} = 6.513 \frac{\text{Kn}}{\text{m}}$$

✓ **VIGA “TRES” ENTRE EJES B-C**

$$\text{Area aferente} = \frac{6.371\text{m}^2}{2} = 3.185\text{m}^2$$

$$\text{longitud vigas entre ejes} = 2.30\text{m}$$

$$\text{Carga muerta por m}^2 = 4.704 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Carga puntual sobre la viga} = 3.185\text{m}^2 * 4.704 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2} = 14.982\text{Kn}$$

$$\text{Carga distribuida en la viga} = \frac{14.982\text{Kn}}{2.30\text{m}} = 6.514 \frac{\text{Kn}}{\text{m}}$$

✓ **VIGA “TRES” ENTRE EJES C-D**

$$\text{Area aferente} = \frac{7.063\text{m}^2}{2} = 3.531\text{m}^2$$

$$\text{longitud vigas entre ejes} = 2.55\text{m}$$

$$\text{Carga muerta por m}^2 = 4.704 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Carga puntual sobre la viga} = 3.531\text{m}^2 * 4.704 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2} = 16.609\text{Kn}$$

$$\text{Carga distribuida en la viga} = \frac{16.609\text{Kn}}{2.55\text{m}} = 6.513 \frac{\text{Kn}}{\text{m}}$$

5.3 CARGA VIVA SOBRE LA LOSA ALIGERADA.

Valores de carga viva para una edificación de ocupación residencial.

Tabla 5. Valores de carga viva.

<i>Residencial</i>	Balcones	5.0
	Cuartos privados y sus corredores	1.8
	Escaleras	3.0

Fuente: Autor

$$\text{Carga viva general} = 1.8 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Carga viva en escaleras} = 3.0 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2}$$

5.4 CARGA VIVA DE LA LOSA SOBRE LAS VIGAS CARQUERAS PARA EL ENTREPISO DEL PISO UNO.

✓ VIGA “UNO” ENTRE EJES A-B

$$\text{Area aferente} = \frac{7.063\text{m}^2}{2} = 3.531\text{m}^2$$

$$\text{longitud vigas entre ejes} = 2.55\text{m}$$

$$\text{Carga puntual sobre la viga} = 3.531\text{m}^2 * 1.8 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2} = 6.355\text{Kn}$$

$$\text{Carga distribuida en la viga} = \frac{6.355Kn}{2.55m} = 2.492 \frac{Kn}{m}$$

✓ **VIGA “UNO” ENTRE EJES B-C**

$$\text{Area aferente} = \frac{6.371m^2}{2} = 3.185m^2$$

$$\text{longitud vigas entre ejes} = 2.30m$$

$$\text{Carga puntual sobre la viga} = 3.185m^2 * 1.8 \frac{Kn}{m^2} = 5.733Kn$$

$$\text{Carga distribuida en la viga} = \frac{5.733Kn}{2.30m} = 2.492 \frac{Kn}{m}$$

✓ **VIGA “UNO” ENTRE EJES C-D**

$$\text{Area aferente} = \frac{7.063m^2}{2} = 3.531m^2$$

$$\text{longitud vigas entre ejes} = 2.55m$$

$$\text{Carga puntual sobre la viga} = 3.531m^2 * 1.8 \frac{Kn}{m^2} = 6.355Kn$$

$$\text{Carga distribuida en la viga} = \frac{6.355Kn}{2.55m} = 2.492 \frac{Kn}{m}$$

✓ **VIGA “DOS” ENTRE EJES A-B**

$$\text{Area aferente} = \frac{7.063}{2} * 2 = 7.063\text{m}^2$$

$$\text{longitud vigas entre ejes} = 2.55\text{m}$$

$$\text{Carga puntual sobre la viga} = 7.063\text{m}^2 * 1.8 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2} = 12.7134\text{Kn}$$

$$\text{Carga distribuida en la viga} = \frac{12.713\text{Kn}}{2.55\text{m}} = 4.985 \frac{\text{Kn}}{\text{m}}$$

✓ **VIGA “DOS” ENTRE EJES B-C**

$$\text{Area aferente} = \frac{6.371\text{m}^2}{2} * 2 = 6.371\text{m}^2$$

$$\text{longitud vigas entre ejes} = 2.30\text{m}$$

$$\text{Carga puntual sobre la viga} = 6.371\text{m}^2 * 1.8 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2} = 11.467\text{Kn}$$

$$\text{Carga distribuida en la viga} = \frac{11.467\text{Kn}}{2.30\text{m}} = 4.986 \frac{\text{Kn}}{\text{m}}$$

✓ **VIGA “DOS” ENTRE EJES C-D**

$$\text{Area aferente} = \frac{7.063}{2} * 2 = 7.063\text{m}^2$$

$$\text{longitud vigas entre ejes} = 2.55\text{m}$$

$$\text{Carga puntual sobre la viga} = 7.063\text{m}^2 * 1.8 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2} = 12.713\text{Kn}$$

$$\text{Carga distribuida en la viga} = \frac{12.713Kn}{2.55m} = 4.985 \frac{Kn}{m}$$

✓ **VIGA "TRES" ENTRE EJES A-B**

$$\text{Area aferente} = \frac{7.063m^2}{2} = 3.531m^2$$

$$\text{longitud vigas entre ejes} = 2.55m$$

$$\text{Carga puntual sobre la viga} = 3.531m^2 * 1.8 \frac{Kn}{m^2} = 6.355Kn$$

$$\text{Carga distribuida en la viga} = \frac{6.355Kn}{2.55m} = 2.492 \frac{Kn}{m}$$

✓ **VIGA "TRES" ENTRE EJES B-C**

$$\text{Area aferente} = \frac{6.371m^2}{2} = 3.185m^2$$

$$\text{longitud vigas entre ejes} = 2.30m$$

$$\text{Carga puntual sobre la viga} = 3.185m^2 * 1.8 \frac{Kn}{m^2} = 5.733Kn$$

$$\text{Carga distribuida en la viga} = \frac{5.733Kn}{2.30m} = 2.492 \frac{Kn}{m}$$

✓ VIGA “TRES” ENTRE EJES C-D

$$\text{Area aferente} = \frac{7.063\text{m}^2}{2} = 3.531\text{m}^2$$

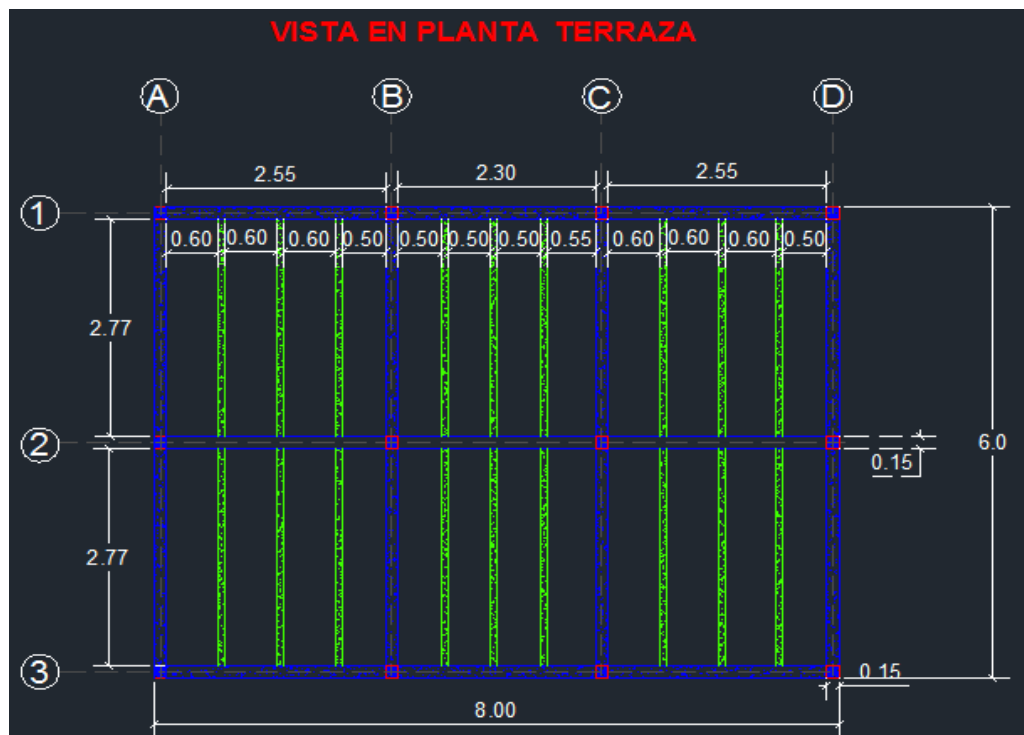
$$\text{longitud vigas entre ejes} = 2.55\text{m}$$

$$\text{Carga puntual sobre la viga} = 3.531\text{m}^2 * 1.8 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2} = 6.355\text{Kn}$$

$$\text{Carga distribuida en la viga} = \frac{6.355\text{Kn}}{2.55\text{m}} = 2.492 \frac{\text{Kn}}{\text{m}}$$

5.5 CÁLCULO DE PESO DE LA LOSA ALIGERADA POR METRO CUADRADO DEL ENTREPISO DEL SEGUNDO NIVEL.

Figura 18. Calculo del peso de la losa aligerada por metro cuadrado del segundo nivel.



5.5.1 Peso de la losa.

$$\text{Viqueta tipo por m}^2 = \frac{0.13\text{m} * 0.08\text{m} * 24\text{Kn/m}^3}{0.68\text{m}} = 0.367 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2}$$

$$\text{torta superior por m}^2 = 0.05\text{m} * \frac{24\text{Kn}}{\text{m}^3} = 1.2 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2}$$

$$\text{torta inferior por m}^2 = 0.02\text{m} * \frac{24\text{kn}}{\text{m}^3} = 0.48 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2}$$

La densidad del casetón de madera es muy variable, por tal razón se toma un valor cualitativo de 0,5 kn/m³

$$\text{caseton por m}^2 = \frac{\frac{0.5\text{Kn}}{\text{m}^3} * 0.13\text{m} * 0.6\text{m}}{0.68\text{m}} = 0.057 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2}$$

$$\text{PESO DE LA LOSA POR M}^2 = 2.104 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2}$$

✓ VIGA “UNO” ENTRE EJES A-B

$$\text{Area aferente} = \frac{7.063\text{m}^2}{2} = 3.531\text{m}^2$$

$$\text{longitud vigas entre ejes} = 2.55\text{m}$$

$$\text{Carga muerta por m}^2 = 2.104 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Carga puntual sobre la viga} = 3.531\text{m}^2 * 2.104 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2} = 7.429\text{Kn}$$

$$\text{Carga distribuida en la viga} = \frac{7.429Kn}{2.55m} = 2.913 \frac{Kn}{m}$$

✓ **VIGA “UNO” ENTRE EJES B-C**

$$\text{Area aferente} = \frac{6.371m^2}{2} = 3.185m^2$$

$$\text{longitud vigas entre ejes} = 2.30m$$

$$\text{Carga muerta por } m^2 = 2.104 \frac{Kn}{m^2}$$

$$\text{Carga puntual sobre la viga} = 3.185m^2 * 2.104 \frac{Kn}{m^2} = 6.701Kn$$

$$\text{Carga distribuida en la viga} = \frac{6.701Kn}{2.30m} = 2.913 \frac{Kn}{m}$$

✓ **VIGA “UNO” ENTRE EJES C-D**

$$\text{Area aferente} = \frac{7.063m^2}{2} = 3.531m^2$$

$$\text{longitud vigas entre ejes} = 2.55m$$

$$\text{Carga muerta por } m^2 = 2.104 \frac{Kn}{m^2}$$

$$\text{Carga puntual sobre la viga} = 3.531m^2 * 2.104 \frac{Kn}{m^2} = 7.429Kn$$

$$\text{Carga distribuida en la viga} = \frac{7.429Kn}{2.55m} = 2.913 \frac{Kn}{m}$$

✓ **VIGA “DOS” ENTRE EJES A-B**

$$\text{Area aferente} = \frac{7.063}{2} * 2 = 7.063m^2$$

longitud vigas entre ejes = 2.55m

$$\text{Carga merta por m}^2 = 2.104 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Carga puntual sobre la viga} = 7.063\text{m}^2 * 2.104 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2} = 14.860\text{Kn}$$

$$\text{Carga distribuida en la viga} = \frac{14.860\text{Kn}}{2.55\text{m}} = 5.827 \frac{\text{Kn}}{\text{m}}$$

✓ **VIGA “DOS” ENTRE EJES B-C**

$$\text{Area aferente} = \frac{6.371\text{m}^2}{2} * 2 = 6.371\text{m}^2$$

longitud vigas entre ejes = 2.30m

$$\text{Carga muerta por m}^2 = 2.104 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Carga puntual sobre la viga} = 6.371\text{m}^2 * 2.104 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2} = 13.404\text{Kn}$$

$$\text{Carga distribuida en la viga} = \frac{13.404\text{Kn}}{2.30\text{m}} = 5.827 \frac{\text{Kn}}{\text{m}}$$

✓ **VIGA “DOS” ENTRE EJES C-D**

$$\text{Area aferente} = \frac{7.063}{2} * 2 = 7.063\text{m}^2$$

longitud vigas entre ejes = 2.55m

$$\text{Carga muerta por m}^2 = 2.104 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Carga puntual sobre la viga} = 7.063\text{m}^2 * 2.104 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2} = 14.860\text{Kn}$$

$$\text{Carga distribuida en la viga} = \frac{14.860\text{Kn}}{2.55\text{m}} = 5.827 \frac{\text{Kn}}{\text{m}}$$

✓ **VIGA “TRES” ENTRE EJES A-B**

$$\text{Area aferente} = \frac{7.063\text{m}^2}{2} = 3.531\text{m}^2$$

$$\text{longitud vigas entre ejes} = 2.55\text{m}$$

$$\text{Carga muerta por m}^2 = 2.104 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Carga puntual sobre la viga} = 3.531\text{m}^2 * 2.104 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2} = 7.429\text{Kn}$$

$$\text{Carga distribuida en la viga} = \frac{7.429\text{Kn}}{2.55\text{m}} = 2.913 \frac{\text{Kn}}{\text{m}}$$

✓ **VIGA “TRES” ENTRE EJES B-C**

$$\text{Area aferente} = \frac{6.371\text{m}^2}{2} = 3.185\text{m}^2$$

$$\text{longitud vigas entre ejes} = 2.30\text{m}$$

$$\text{Carga muerta por m}^2 = 2.104 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Carga puntual sobre la viga} = 3.185\text{m}^2 * 2.104 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2} = 6.701\text{Kn}$$

$$Carga\ distribuida\ en\ la\ viga = \frac{6.701Kn}{2.30m} = 2.913 \frac{Kn}{m}$$

✓ **VIGA “TRES” ENTRE EJES C-D**

$$Area\ aferente = \frac{7.063m^2}{2} = 3.531m^2$$

$$longitud\ vigas\ entre\ ejes = 2.55m$$

$$Carga\ muerta\ por\ m^2 = 2.104 \frac{Kn}{m^2}$$

$$Carga\ puntual\ sobre\ la\ viga = 3.531m^2 * 2.104 \frac{Kn}{m^2} = 7.429Kn$$

$$Carga\ distribuida\ en\ la\ viga = \frac{7.429Kn}{2.55m} = 2.913 \frac{Kn}{m}$$

Para la evaluación de carga de los otros dos modelos se le incremento el valor de carga muerta en un 50% Y 100% en las vigas 1,2 y 3, Y comprendidas entre los ejes A, B, C YD. Ver figura 19.

6 RESULTADOS Y ANÁLISIS.

Después de haber aplicados todos los casos de carga en el rango lineal, en el programa SAP 2000 V15 en las direcciones “x” y “y”, se obtuvieron los resultados del programa, siendo estos exportados a Excel, donde se ordenan y se tabulan para elaborar las gráficas y responder los interrogantes planteados en la investigación.

La siguiente tabla nos muestra los resultados obtenidos para el muro 1 de la edificación, donde se presentan las fuerzas de diseño para las 10 combinaciones de carga sugeridas por la NSR-10 para el caso de análisis con carga muerta normal, las fuerzas resistentes de compresión, cortante y flexo compresión, además se le realizó un chequeo a las columnas y vigas, y el índice de sobreesfuerzo para cada caso y su verificación de ser menor que uno. En el anexo 2 se muestran los resultados para todos los muros y todos los casos analizados, y con estos resultados se realizaron las gráficas de los índices de sobreesfuerzo para los tres casos de análisis. Ver Anexo 2

Tabla 6. Calculo de los índices de sobreesfuerzo.

Combinación	APASTAMIENTO				Cortante en la Direccion Paralela				Diseño a Flexo-Compresion			
	Pud	ϕPnd	$Pud < \phi Pnd$	$Pud / \phi Pnd$	Vu	ϕVn	$Vu < \phi Vn$	$Vu / \phi Vn$	Puc	ϕPnc	$Puc < \phi Pnc$	$Puc / \phi Pnc$
1	28,3163975	98,6321562	CUMPLE	0,28709093	20,97	28,4330193	CUMPLE	0,7375228	17,816566	273,105	CUMPLE	0,06523706
2	25,6724535	98,6321562	CUMPLE	0,26028482	19,012	29,5998526	CUMPLE	0,6423005	19,9932398	273,105	CUMPLE	0,07320715
3	8,94592912	98,6321562	CUMPLE	0,09069992	6,625	27,8596859	CUMPLE	0,2377988	13,01347	273,105	CUMPLE	0,04765006
4	10,300309	98,6321562	CUMPLE	0,10443155	7,628	28,5351859	CUMPLE	0,26731909	11,0743233	273,105	CUMPLE	0,04054969
5	0,13233223	98,6321562	CUMPLE	0,00134167	0,098	31,7491859	CUMPLE	0,00308669	20,9772979	273,105	CUMPLE	0,07681038
6	35,8404303	98,6321562	CUMPLE	0,3633747	26,542	30,6846859	CUMPLE	0,86499174	23,5092003	273,105	CUMPLE	0,08608118
7	19,1166066	98,6321562	CUMPLE	0,19381718	14,157	32,4246859	CUMPLE	0,43661178	26,9704166	273,105	CUMPLE	0,09875475
8	38,4857247	98,6321562	CUMPLE	0,3901945	28,501	31,8515193	CUMPLE	0,89480818	28,3335265	273,105	CUMPLE	0,10374591
9	5,88203279	98,6321562	CUMPLE	0,05963606	4,356	30,8348526	CUMPLE	0,14126871	18,020464	273,105	CUMPLE	0,06598365
10	4,3791167	98,6321562	CUMPLE	0,04439847	3,243	29,6733526	CUMPLE	0,10928998	14,5296462	273,105	CUMPLE	0,05320168
			Valor Máxim	0,3901945			Valor Máxim	0,89480818			Valor Máxim	0,10374591

Tabla 7. Calculo de los índices de sobreesfuerzo en los elementos de confinamiento.

Combinación	COLUMNA				VIGA			
	Vuc	ϕV_{nc}	Vuc < ϕV_{nc}	Vuc / ϕV_{nc}	Vuc	ϕV_{nc}	Vuc < ϕV_{nc}	Vuc / ϕV_{nc}
1	10,485	21,066264	CUMPLE	0,49771521	9,51416667	29,048352	CUMPLE	0,32752862
2	9,506	21,066264	CUMPLE	0,4512428	8,62581481	29,048352	CUMPLE	0,29694679
3	3,3125	21,066264	CUMPLE	0,15724193	3,00578704	29,048352	CUMPLE	0,1034753
4	3,814	21,066264	CUMPLE	0,18104776	3,46085185	29,048352	CUMPLE	0,11914107
5	0,049	21,066264	CUMPLE	0,00232599	0,04446296	29,048352	CUMPLE	0,00153065
6	13,271	21,066264	CUMPLE	0,62996457	12,0422037	29,048352	CUMPLE	0,41455721
7	7,0785	21,066264	CUMPLE	0,33601117	6,42308333	29,048352	CUMPLE	0,22111696
8	14,2505	21,066264	CUMPLE	0,67646071	12,9310093	29,048352	CUMPLE	0,44515466
9	2,178	21,066264	CUMPLE	0,10338805	1,97633333	29,048352	CUMPLE	0,06803599
10	1,6215	21,066264	CUMPLE	0,07697141	1,47136111	29,048352	CUMPLE	0,05065214
			Valor Máximo	0,67646071			Valor Máxim	0,44515466

6.1 DISEÑO A CORTANTE DEL MURO EN LA DIRECCIÓN PARALELA A SU PLANO.

Se realizó la siguiente verificación para la fuerza cortante del muro en la dirección paralela a su plano:

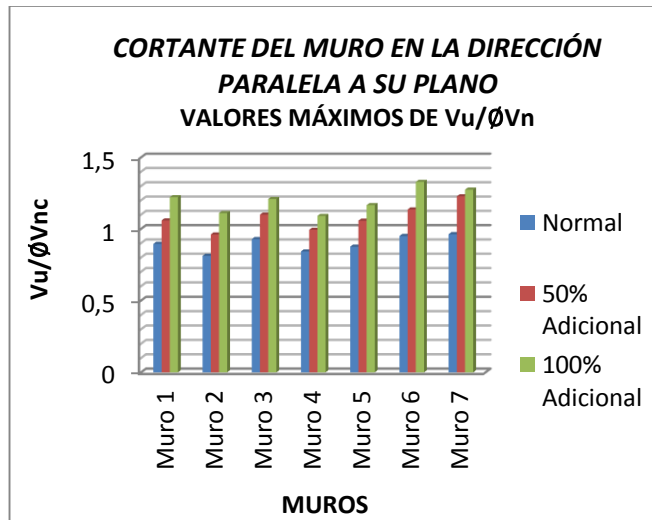
$$V_u \leq \phi V_n \dots\dots\dots(3)$$

6.1.1 Resistencia nominal al cortante por tracción diagonal.

$$V_n = \left[\frac{1}{12} \sqrt{f'} + \frac{P_u}{3A_e} \right] A_m v \dots\dots\dots(4)$$

La siguiente gráfica contiene el índice de sobreesfuerzo por cortante del muro en la dirección paralela a su plano, de todos los muros de la edificación estudiada y para los tres casos de análisis de la presente investigación.

Figura 19. Cortante del muro en la dirección paralela a su plano.



Representación del cortante del muro en la dirección paralela a su plano.

En esta gráfica se ilustra los valores máximos del índice de sobreesfuerzo del cortante en la dirección paralela a su plano, las barras azules corresponden al caso de análisis con carga muerta normal y todas ellas están dentro del rango permitido por la norma, el índice es menor a uno. Mientras que las barras rojas y verdes nos muestran que cuando se le aumenta la carga muerta en un porcentaje de 50% y 100% adicional al valor inicial de carga muerta, este índice de sobreesfuerzo sobrepasa el rango permitido, es mayor a uno.

6.2 VERIFICACIÓN POR APLASTAMIENTO DEL ALMA DEL MURO.

Se realizó la siguiente verificación de la fuerza de aplastamiento del ama del muro:

$$P_{ud} \leq \phi P_n \dots \dots \dots (5)$$

Donde P_{ud} es a fuerza axial que actúa sobre la diagonal del muro

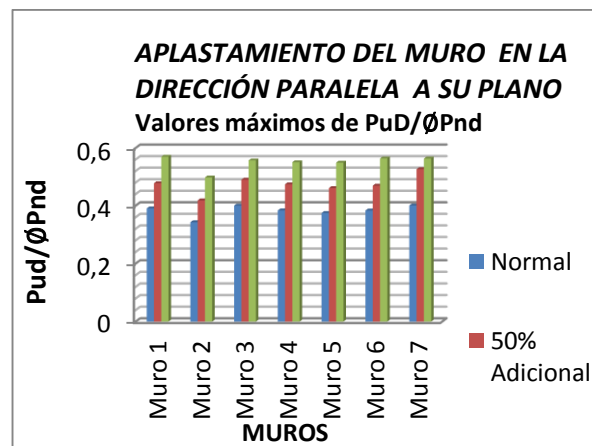
$$P_{ud} = \frac{h'}{L_w} V_u \dots \dots \dots (6)$$

Y P_{nd} es la resistencia nominal a la compresión de la mampostería sola sin contribución de los elementos de confinamiento.

$$P_{nd} = 0,80(0,80f'_m * A_{mvd})Re \dots \dots \dots (7)$$

A continuación se muestran los resultados del índice de sobreesfuerzo de la fuerza de aplastamiento del muro obtenidos en la dirección paralela de los modelos realizados.

Figura 20. Aplastamiento del muro en la dirección paralela a su plano.



Esta grafica nos indica que el aplastamiento del muro en la dirección paralela a su plano cumple con el rango establecido con la norma, para los tres casos de análisis.

6.3 DISEÑO A FLEJO COMPRESIÓN DEL MURO EN LA DIRECCIÓN PARALELA A SU PLANO.

Resistencia a flexo-compresión despreciando la contribución de la mampostería En cada una de las columnas de confinamiento del muro se debe cumplir las condiciones siguientes

$$Puc \leq \phi Pnc \dots\dots\dots (8)$$

Donde

Puc es la fuerza máxima solicitada de compresión sobre cada una de las columnas de confinamiento.

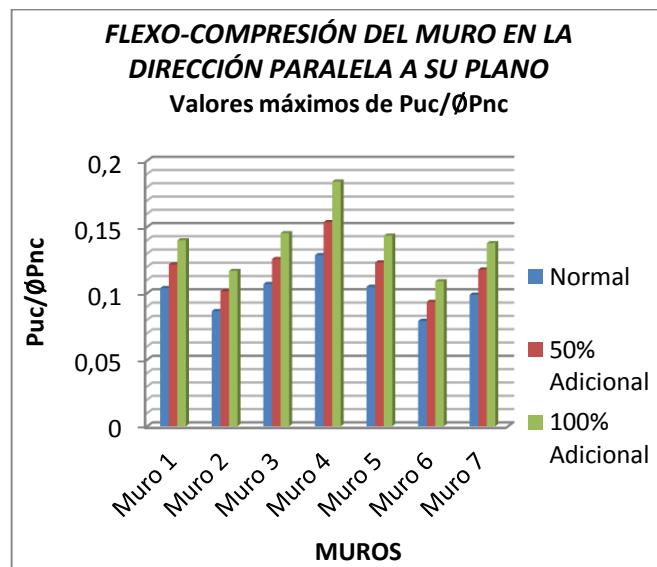
$$Puc = \frac{Aci}{Act} Pu + \Delta Pu \dots\dots\dots(9)$$

Y Pnc es la fuerza axial resistente nominal en compresión sobre la columna de confinamiento

$$Pnc = 0.80[0.85 * f'c(Aci - Ast) + Fy * Ast] \dots\dots\dots (10)$$

La siguiente gráfica representa los resultados del índice de sobreesfuerzo para un análisis de flexo-compresión del muro en la dirección paralela a su plano y despreciando la contribución de la mampostería.

Figura 21. Flexo-compresión del muro en la dirección paralela a su plano.



Representación del análisis de flexo-compresión del muro en su dirección paralela a su plano despreciando la contribución de la mampostería.

Esta grafica nos permite observar el análisis de flexo-compresión del muro en la dirección paralela a su plano, donde nos muestra que al aumentar la carga muerta hasta un 100% todavía se cumple con los requisitos de establecidos por la NSR-10.

6.4 VERIFICACIÓN DEL CORTANTE PARA ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO (COLUMNAS).

Para este caso se debe cumplir la siguiente ecuación:

$$V_{uc} \leq \phi V_{nc} \dots\dots\dots(11)$$

Fuerza cortante actual sobre la columna de confinamiento

$$V_{uc} = \frac{L_c}{2L_w} V_u \dots\dots\dots (12)$$

Donde **V_{uc}** es la fuerza cortante mayorada solicitada de diseño que actúa sobre las columnas de confinamiento y **V_u** es la fuerza cortante mayorada solicitada de diseño.

Y donde **V_{nc}** corresponde a la siguiente ecuación:

$$V_n = V_c + V_s \dots\dots\dots (13)$$

Donde **V_c** es la resistencia que aporta la compresión y está dada por la siguiente formula.

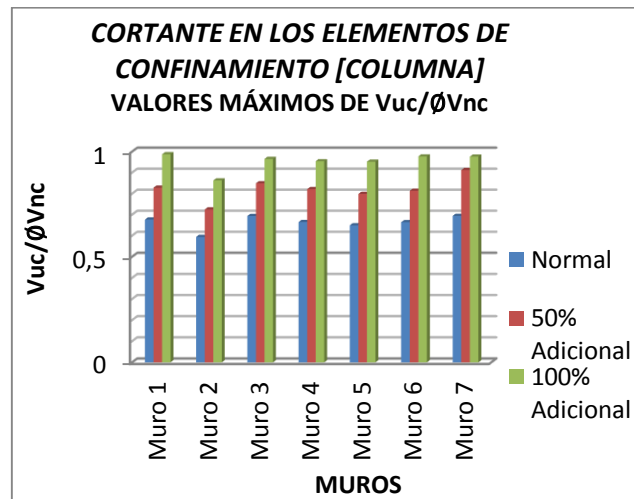
$$V_c = 0.17 * \lambda * \sqrt{21} + b_w * d \dots\dots\dots(14)$$

Y **V_s** corresponde a la resistencia que aporta la tracción.

$$V_s = \frac{A_v * F_{yt} * d}{s} \dots\dots\dots(15)$$

La siguiente grafica muestra los resultados del índice de sobrefuerzo de la fuerza cortante de los elementos de confinamiento [columna]. Con estos resultados podemos comprobar que los elementos cumplan los requisitos que se plantean en el titulo D.

Figura 22. Cortante en las columnas de confinamiento.



Representación del cortante en los elemento de confinamiento [columnas].

En esta grafica se realizó un chequeo del cortante que actúa sobre las columnas de confinamiento y se pudo determinar que al aumentarle su carga muerta hasta un 100% aun nos cumple con el índice admisible.

6.5 VERIFICACIÓN DEL CORTANTE PARA ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO (VIGAS).

En este caso se debe cumplir con la siguiente ecuación.

$$V_{uc} \leq \phi V_{nc}$$

Fuerza cortante actuante sobre la viga de confinamiento.

$$V_{nc} = \frac{hp}{2Lw} V_u$$

Donde **V_{uc}** es la fuerza cortante mayorada solicitada de diseño que actúa sobre las viga de confinamiento y **V_u** es la fuerza cortante mayorada solicitada de diseño.

Y donde **V_{nc}** está dada por la siguiente ecuación:

$$V_n = V_c + V_s$$

Donde **V_c** es la resistencia que aporta la compresión y está dada por la siguiente formula.

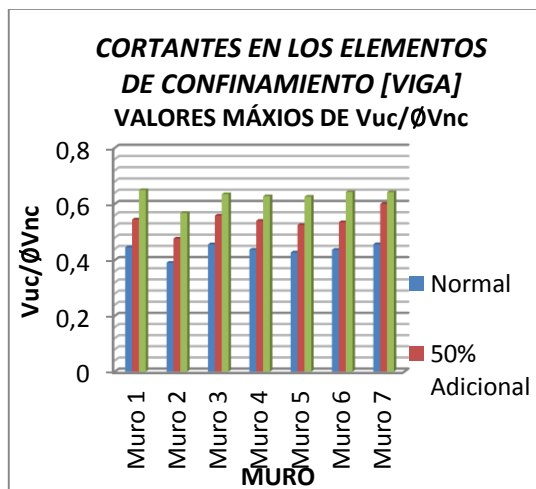
$$V_c = 0.17 * \lambda * \sqrt{21} + bw * d$$

Y **V_s** corresponde a la resistencia que aporta la tracción.

$$V_s = \frac{A_v * F_{yt} * d}{s}$$

El siguiente gráfico muestra los resultados de la fuerza cortante de los elementos de confinamiento [vigas].

Figura 23. Cortante en las vigas de confinamiento.



En esta grafica se realizó un chequeo del cortante que actúa sobre las vigas de confinamiento y se pudo determinar que al aumentarle su carga muerta hasta un 100% aun nos cumple con el índice admisible.

7 RESULTADOS DE LOS ÍNDICES DE SOBRESFUERZO EN LA DIRECCIÓN PARALELA A SU PLANO PARA EL MODELO UNO.

Se analizaron los índices de sobre-esfuerzo de aplastamiento, cortante y flexo-compresión en la dirección paralela a su plano y se realizó un chequeo a las columnetas y vigas.

7.1 ANÁLISIS PARA LOS ÍNDICES DE SOBRESFUERZO POR APLASTAMIENTO EN LA DIRECCIÓN PARALELA A SU PLANO.

Para este análisis se debe cumplir la siguiente condición.

$$Pud \leq \phi Pnd$$

Donde Pud es la fuerza axial que actúa sobre la diagonal del muro y se obtiene por medio la siguiente ecuación.

$$Pud = \frac{h'}{Lw} Vu$$

Dónde:

Pud = Fuerza que actúa sobre la biela diagonal del muro (N).

h' =Longitud diagonal del muro entre elementos de confinamiento (mm).

Lw =Longitud horizontal total del muro (mm).

Vu = Fuerza cortante mayorada solicitada de diseño del muro (N).

La resistencia nominal a la compresión de la mampostería sola P_{nd} sin contribución de los elementos de confinamiento está dada por la siguiente ecuación.

$$P_{nd} = 0,80(0,80f'm * Amd)Re$$

Dónde:

P_{nd} = Fuerza resistente nominal a la compresión de la mampostería sola (N).

Amd = Área efectiva para verificación por aplastamiento de la mampostería (mm²).

ϕ = Coeficiente de reducción de resistencia.

$f'm$ = Resistencia a la compresión de la mampostería.

Re = coeficiente utilizado para tener en cuenta los efectos de esbeltez en elementos de compresión. (Adimensional)

$$Re = 1 - \left[\frac{h'}{42t} \right]^2 \text{ para } \frac{h'}{t} \leq 30 \dots\dots\dots (16)$$

$$Re = \left[\frac{21t}{h'} \right]^2 \text{ para } \frac{h'}{t} > 30 \dots\dots\dots (17)$$

Dónde:

h' =longitud de la diagonal del muro entre elementos de confinamiento para evaluar efectos de pandeo (mm).

t =espesor efectivo para evaluar efectos de pandeo (mm).

A continuación se muestra los valores de aplastamiento calculados para el primer muro de carga muerta inicial (sin incremento) que se analizó.

Tabla 8. Valores de aplastamiento para el modelo uno.

Aplastamiento en la dirección paralela a su plano				
Combinación	Pud	ØPnd	Pud<ØPnd	Pud/ØPnd
1	28,3163975	98,6321562	CUMPLE	0,28709093
2	25,6724535	98,6321562	CUMPLE	0,26028482
3	8,94592912	98,6321562	CUMPLE	0,09069992
4	10,300309	98,6321562	CUMPLE	0,10443155
5	0,13233223	98,6321562	CUMPLE	0,00134167
6	35,8404303	98,6321562	CUMPLE	0,3633747
7	19,1166066	98,6321562	CUMPLE	0,19381718
8	38,4857247	98,6321562	CUMPLE	0,3901945
9	5,88203279	98,6321562	CUMPLE	0,05963606
10	4,3791167	98,6321562	CUMPLE	0,04439847
			Valor Máximo	0,3901945

Es esta tabla se puede observar que el índice de aplastamiento está cumpliendo con los requisitos de la norma NSR-10.

La siguiente tabla nos muestra los resultados del índice de sobre esfuerzo de aplastamiento de todos los muros analizados en la dirección paralela a su plano para un valor de carga inicial (sin incremento), donde se presentan solamente los valores máximos de estos índices de sobre esfuerzo.

Tabla 9. Valores máximos de aplastamiento de los muros para el modelo uno.

Aplastamiento en la dirección paralela a su plano	
MURO	Valores Máximos
1	0,390194498
2	0,342414462
3	0,399818958
4	0,383280768
5	0,374340835
6	0,382938504
7	0,400215984

Esta tabla nos presenta los valores máximos del índice de sobreesfuerzo para los muros analizados en la dirección paralela a su plano.

7.2 DISEÑO A CORTANTE DEL MURO EN LA DIRECCIÓN PARALELA A SU PLANO.

Para este análisis se debe cumplir con la siguiente ecuación.

$$Vu \leq \phi Vn$$

Dónde:

Vu = Fuerza cortante mayorada solicitada de diseño del muro. (N)

Y la resistencia nominal a cortante por tracción diagonal se obtiene por medio de la siguiente ecuación.

$$Vn = \left[\frac{1}{12} \sqrt{f'm} + \frac{Pu}{3Ae} \right] Amv \leq \frac{1}{6} \sqrt{f'm} Amv$$
$$Vn = \left[\frac{1}{12} \sqrt{f'm} + \frac{Pu}{3Ae} \right] Amv$$

Dónde:

Vn = Fuerza cortante resistente nominal del muro (N).

Pu = Fuerza axial de diseño solicitada en compresión sobre el muro (N).

$f'm$ =Resistencia a la compresión de la mampostería (Mpa).

Ae = Área efectiva de la sección de mampostería (mm²).

Amv =Área efectiva para determinar esfuerzos cortantes (mm²).

A continuación se muestran los índices de sobreesfuerzo del cortante de los muros analizados en la dirección paralela a su plano. Para la carga muerta inicial.

Tabla 10. Valores del cortante para el modelo uno.

		Cortante en la Dirección Paralela a su plano		
Combinación	Vu	ϕV_n	Vu < ϕV_n	Vu / ϕV_n
1	20,97	28,4330193	CUMPLE	0,737522801
2	19,012	29,5998526	CUMPLE	0,642300496
3	6,625	27,8596859	CUMPLE	0,237798804
4	7,628	28,5351859	CUMPLE	0,267319092
5	0,098	31,7491859	CUMPLE	0,003086693
6	26,542	30,6846859	CUMPLE	0,864991744
7	14,157	32,4246859	CUMPLE	0,436611785
8	28,501	31,8515193	CUMPLE	0,894808181
9	4,356	30,8348526	CUMPLE	0,141268715
10	3,243	29,6733526	CUMPLE	0,109289976
			Valor Máximo	0,894808181

Esta tabla nos muestra los índices de sobreesfuerzos del cortante en la dirección paralela a su plano, calculados para un muro analizado con carga muerta inicial.

En la siguiente tabla se presentan los resultados de un análisis de los índices de sobreesfuerzos del cortante, calculados para todos los muros en la dirección paralela a su plano.

Tabla 11. Valores máximos del cortante de los muros para el modelo uno.

Cortante en la Dirección Paralela a su plano	
MURO	Valores Máximos
1	0,894808181
2	0,811009243
3	0,928087737
4	0,841781941
5	0,875118403
6	0,949821668
7	0,96286232

7.3 DISEÑO A FLEXO-COMPRESIÓN DEL MURO EN LA DIRECCIÓN PARALELA A SU PLANO.

En este caso se debe calcular las fuerzas axiales solicitadas máximas, de compresión P_{uc} y de tracción P_{ut} sobre cada una de las columnas de confinamiento.

Para este análisis se debe cumplir con la siguiente ecuación.

$$P_{uc} \leq \phi P_{nc}$$

Donde el cálculo de p_{uc} se debe realizar por medio de la siguiente ecuación

$$P_{uc} = \frac{Pu}{2} + \Delta Pu$$

Dónde:

Pu =fuerza axial de diseño solicitada en compresión sobre el muro (N).

$$Y \quad \Delta Pu = \frac{Mu}{lw}$$

Dónde:

Mu = Momento mayorado solicitado de diseño del muro (N).

Lw = Longitud horizontal total del muro (mm).

Para e cálculo de p_{nc} se debe realizar por medio de la siguiente ecuación

$$P_{nc} = 0.80[0.85 * f'c(Aci - Ast) + Fy * Ast]$$

Dónde:

$f'c$ =resistencia a la compresión del concreto de los elementos de confinamiento.
(Mpa)

Aci =Área de la columna de sección de confinamiento (mm²).

A_{st} = Área total de acero de refuerzo longitudinal del elemento de confinamiento (mm²).

F_y =Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (Mpa).

En la siguiente tabla se presenta los resultados del análisis a flexo-compresión del muro en la dirección paralela a su plano, además se puede observar el cálculo que se realizó para un muro con todos los casos de carga que se emplearon respecto al título B de la norma NSR.10.

Tabla 12. Valores de flexo-compresión para el modelo uno.

Diseño a Flexo- Compresion en la dirección paralela a su plano				
Combinación	Puc	ϕP_{nc}	Puc< ϕP_{nc}	Puc/ ϕP_{nc}
1	17,81656596	273,105	CUMPLE	0,065237055
2	19,99323978	273,105	CUMPLE	0,073207154
3	13,01347004	273,105	CUMPLE	0,047650061
4	11,07432335	273,105	CUMPLE	0,040549691
5	20,97729789	273,105	CUMPLE	0,076810377
6	23,50920031	273,105	CUMPLE	0,086081179
7	26,97041656	273,105	CUMPLE	0,098754752
8	28,33352648	273,105	CUMPLE	0,103745909
9	18,020464	273,105	CUMPLE	0,065983647
10	14,52964618	273,105	CUMPLE	0,053201685
			Valor Máximo	0,103745909

Esta tabla nos muestra los índices de sobreesfuerzo de un análisis de flexo-compresión del muro realizado en la dirección paralela a su plano, calculado para un muro con un valor de carga muerta inicial, donde se toma el valor máximo para después ser graficado.

La siguiente tabla nos presenta los resultados de todos los valores máximos analizados a flexo-compresión en la dirección paralela al plano de todos los muros analizados para un valor de carga muerta inicial.

Tabla 13. Valores máximos de flexo-compresión de los muros para el modelo uno.

Flexo- Compresion en la dirección paralela a su plano	
MURO	Valores Máximos
1	0,103745909
2	0,086457013
3	0,106806556
4	0,128665294
5	0,104782225
6	0,079096566
7	0,098797637

7.4 VERIFICACIÓN A CORTANTE EN LAS COLUMNAS DE CONFINAMIENTO DEL MURO.

En este análisis se debe cumplir la siguiente ecuación.

$$V_{uc} \leq \phi V_{nc}$$

La fuerza cortante actuante sobre la columna **V_{uc}** sobre la columna de confinamiento es

$$V_{uc} = \frac{L_c}{2L_w} V_u$$

Dónde:

V_{uc}= Fuerza cortante mayorada de diseño que actúa sobre las columnas de confinamiento cerca de la intersección con la viga de confinamiento (N).

L_c = Distancia horizontal entre columnas de confinamiento (mm).

L_w = Longitud horizontal total del muro (mm)

V_u = Fuerza cortante mayorada solicitada de diseño del muro (N)

Y donde V_n corresponde a la siguiente ecuación

$$V_n = V_c + V_s$$

Donde V_c corresponde a la resistencia que aporta la compresión y está dada por la siguiente ecuación

$$V_c = 0.17 * \lambda * \sqrt{f'c} + bw * d$$

Donde

λ =Factor de modificación que tiene en cuenta las propiedades mecánicas reducidas del concreto de peso liviano.

$f'c$ =Raíz cuadrada de la resistencia especificada a la compresión del concreto (Mpa)

bw =Ancho del alma o diámetro de la sección circular (mm)

d = Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción (mm).

Y V_s corresponde a la resistencia por tracción y se define por la siguiente ecuación

$$V_s = \frac{A_v * F_{yt} * d}{s}$$

Dónde:

A_v = Área del refuerzo con un espaciamiento s , (mm²)

F_{yt} = Resistencia especificada a la fluencia f_y del refuerzo transversal (Mpa).

s = Espaciamiento medido centro a centro de unidades tales como refuerzo longitudinal (mm).

A continuación se muestra los resultados del cortante en los elementos de confinamiento (COLUMNAS) calculados para un muro, donde se comprobó que estos elementos cumplen con los requisitos que nos permite la NSR-10.

Tabla 14. Valores del cortante en las columnas del modelo uno.

Verificación a cortante en las columnas de confinamiento				
Combinación	Vuc	ϕV_{nc}	Vuc < ϕV_{nc}	Vuc/ ϕV_{nc}
1	10,485	21,06626402	CUMPLE	0,497715209
2	9,506	21,06626402	CUMPLE	0,451242802
3	3,3125	21,06626402	CUMPLE	0,157241929
4	3,814	21,06626402	CUMPLE	0,181047764
5	0,049	21,06626402	CUMPLE	0,002325994
6	13,271	21,06626402	CUMPLE	0,629964572
7	7,0785	21,06626402	CUMPLE	0,336011169
8	14,2505	21,06626402	CUMPLE	0,676460714
9	2,178	21,06626402	CUMPLE	0,103388052
10	1,6215	21,06626402	CUMPLE	0,076971408
			Valor Máximo	0,676460714

La siguiente tabla nos presenta los resultados del cortante de todas las columnas analizadas para un valor de carga muerta inicial, y además se observa que los valores están cumpliendo con lo permitido con la norma.

Tabla 15. Valores máximos del cortante en las columnas para el modelo uno.

Verificación del cortante en las columnas de confinamiento	
MURO	Valores Máximos
1	0,676460714
2	0,593626852
3	0,693146159
4	0,664474725
5	0,648976011
6	0,663881359
7	0,693834464

7.5 VERIFICACIÓN A CORTANTE EN LOS VIGAS DE CONFINAMIENTO DEL MURO.

En esta verificación se debe cumplir con la siguiente fórmula:

$$V_{uc} \leq \phi V_{nc}$$

Donde la fuerza cortante que actúa sobre la viga de confinamiento está definida por:

$$V_{nc} = \frac{hp}{2Lw} V_u$$

Dónde:

V_{nc} = Fuerza cortante resistente nominal para una sección de concreto reforzado (N)

hp = Altura del piso localizada por encima del elemento bajo estudio (mm)

Lw = Longitud horizontal total del muro (mm)

V_u = Fuerza cortante mayorada solicitada de diseño del muro (N)

Y donde V_{nc} corresponde a la siguiente ecuación

$$V_n = V_c + V_s$$

Donde V_c corresponde a la resistencia aportada por la compresión y se define como:

$$V_c = 0.17 * \lambda * \sqrt{f'c} + bw * d$$

λ =Factor de modificación que tiene en cuenta las propiedades mecánicas reducidas del concreto de peso liviano.

$f'c$ =Raíz cuadrada de la resistencia especificada a la compresión del concreto (Mpa)

bw =Ancho del alma o diámetro de la sección circular (mm).

d = Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción (mm).

Y V_s corresponde a la resistencia que aporta la tracción y se define con la siguiente ecuación:

$$V_s = \frac{A_v * F_{yt} * d}{s}$$

Dónde:

A_v = Área del refuerzo con un espaciamiento s , (mm²)

F_{yt} = Resistencia especificada a la fluencia f_y del refuerzo transversal (Mpa).

s = Espaciamiento medido centro a centro de unidades tales como refuerzo longitudinal (mm).

En la siguiente tabla se presentan los resultados del chequeo del cortante de las vigas de confinamiento de un muro que fue analizado en la dirección paralela a su plano, y además se comprobó que cumpliera con los requisitos de la NSR-10.

Tabla 16. Valores del cortante en las vigas para el modelo uno.

Verificación a cortante en las vigas de confinamiento				
Combinación	Vuc	ϕV_{nc}	Vuc $<\phi V_{nc}$	Vuc/ ϕV_{nc}
1	9,51416667	29,048352	CUMPLE	0,32752862
2	8,62581481	29,048352	CUMPLE	0,296946787
3	3,00578704	29,048352	CUMPLE	0,103475303
4	3,46085185	29,048352	CUMPLE	0,119141074
5	0,04446296	29,048352	CUMPLE	0,001530654
6	12,0422037	29,048352	CUMPLE	0,414557208
7	6,42308333	29,048352	CUMPLE	0,221116961
8	12,9310093	29,048352	CUMPLE	0,44515466
9	1,97633333	29,048352	CUMPLE	0,068035988
10	1,47136111	29,048352	CUMPLE	0,050652137
			Valor Máximo	0,44515466

La siguiente tabla nos presenta los resultados del cortante de todas las vigas analizadas para un valor de carga muerta inicial, y además se observa que los valores están cuando con lo permitido con la norma

Tabla 17. Valores máximos del cortante en las vigas para el modelo uno.

Verificación del cortante en las vigas de confinamiento	
MURO	Valores Máximos
1	0,44515466
2	0,390644651
3	0,456134756
4	0,437267108
5	0,427067957
6	0,436876635
7	0,456587704

8 RESULTADOS DE LOS ÍNDICES DE SOBRESFUERZO EN LA DIRECCIÓN PARALELA A SU PLANO PARA EL MODELO DOS.

Se analizaron los índices de sobre-esfuerzo de aplastamiento, cortante y flexo-compresión en la dirección paralela a su plano y se realizó un chequeo a las columnetas y vigas.

8.1 ANÁLISIS PARA LOS ÍNDICES DE SOBRESFUERZO POR APLASTAMIENTO EN LA DIRECCIÓN PARALELA A SU PLANO.

A continuación se muestran los valores de aplastamiento calculados para el primer muro con carga muerta inicial incrementada en un 50%.

Tabla 18. Valores del aplastamiento en los muros para el modelo dos.

Combinación	Aplastamiento en la dirección paralela a su plano			
	Pud	ϕ Pnd	Pud< ϕ Pnd	Pud/ ϕ Pnd
1	34,6804978	98,6321562	CUMPLE	0,35161451
2	31,1493876	98,6321562	CUMPLE	0,31581371
3	11,4129801	98,6321562	CUMPLE	0,11571257
4	12,0624883	98,6321562	CUMPLE	0,12229772
5	0,35648684	98,6321562	CUMPLE	0,00361431
6	43,5670124	98,6321562	CUMPLE	0,44171205
7	23,8319552	98,6321562	CUMPLE	0,2416246
8	47,0994729	98,6321562	CUMPLE	0,47752655
9	6,99470383	98,6321562	CUMPLE	0,07091707
10	5,71999332	98,6321562	CUMPLE	0,05799319
			Valor Máximo	0,47752655

La siguiente tabla nos muestra los resultados del índice de sobreesfuerzo de aplastamiento de todos los muros analizados en la dirección paralela a su plano

para un valor de carga inicial (incrementada en un 50%), donde se presentan los valores máximos de estos índices de sobreesfuerzo.

Tabla 19. Valores máximos de aplastamiento en los muros para el modelo dos.

Aplastamiento en la dirección paralela a su plano	
MURO	Valores Máximos
1	0,477526546
2	0,417822037
3	0,489670068
4	0,473542594
5	0,460427043
6	0,469024711
7	0,52601849

8.2 DISEÑO A CORTANTE DEL MURO EN LA DIRECCIÓN PARALELA A SU PLANO.

A continuación se muestran los índices de sobreesfuerzo del cortante de los muros analizados en la dirección paralela a su plano. Para un valor de carga muerta inicial incrementada en un 50%.

Tabla 20. Valores del cortante en los muros del modelo dos.

Combinación	Cortante en la Dirección Paralela a su plano			
	Vu	ϕV_n	Vu < ϕV_n	Vu / ϕV_n
1	25,683	28,8830193	CUMPLE	0,88920759
2	23,068	30,2613526	CUMPLE	0,76229243
3	8,452	28,2126859	CUMPLE	0,29958154
4	8,933	29,0165193	CUMPLE	0,30785912
5	0,264	32,8076859	CUMPLE	0,00804689
6	32,264	31,5626859	NO CUMPLE	1,02221972
7	17,649	33,6115193	CUMPLE	0,52508784
8	34,88	32,9413526	NO CUMPLE	1,05885148
9	5,18	31,6035193	CUMPLE	0,1639058
10	4,236	30,5740193	CUMPLE	0,13854901
			Valor Máximo	1,05885148

En la siguiente tabla se presentan los resultados de un análisis de los índices de sobreesfuerzos del cortante, calculados para todos los muros en la dirección paralela a su plano con un incremento de carga muerta de un 50%.

Tabla 21. Valores máximos del cortante en los muros para el modelo dos.

Cortante en la Dirección Paralela a su plano	
MURO	Valores Máximos
1	1,058851482
2	0,960486601
3	1,099524395
4	0,993512752
5	1,056996617
6	1,135763407
7	1,22762416

8.3 DISEÑO A FLEXO-COMPRESIÓN DEL MURO EN LA DIRECCIÓN PARALELA A SU PLANO.

La siguiente tabla muestra los índices de sobreesfuerzo de un análisis de flexo-compresión del muro realizado en la dirección paralela a su plano, calculado para un muro con un valor de carga muerta inicial incrementado en un 50% donde se toma el valor máximo para después ser graficado.

Tabla 22. Valores de flexo-compresión en los muros del modelo dos.

Diseño a Flexo-Compresión en la dirección Paralela a su Plano				
Combinación	Puc	ϕ Pnc	Puc< ϕ Pnc	Puc/ ϕ Pnc
1	20,75622654	273,105	CUMPLE	0,076000903
2	23,23984572	273,105	CUMPLE	0,085094911
3	15,04298431	273,105	CUMPLE	0,055081322
4	12,62961417	273,105	CUMPLE	0,046244537
5	24,27478041	273,105	CUMPLE	0,088884423
6	27,41599794	273,105	CUMPLE	0,100386291
7	31,51115055	273,105	CUMPLE	0,115381083
8	33,20337876	273,105	CUMPLE	0,121577338
9	20,32889393	273,105	CUMPLE	0,074436184
10	17,24428182	273,105	CUMPLE	0,063141582
			Valor Máximo	0,121577338

La siguiente tabla nos presenta los resultados de todos los valores máximos analizados a flexo-compresión en la dirección paralela al plano de todos los muros analizados para un valor de carga muerta inicial con un incremento de un 50%.

Tabla 23. Valores máximos de flexo-compresión en los muros del modelo dos.

Flexo- Compresion en la dirección paralela a su plano	
MURO	Valores Máximos
1	0,121577338
2	0,101375161
3	0,125697034
4	0,153552726
5	0,123106224
6	0,093403193
7	0,117772271

8.4 VERIFICACIÓN A CORTANTE EN LAS COLUMNAS DE CONFINAMIENTO DEL MURO.

A continuación se muestra los resultados del cortante en los elementos de confinamiento (COLUMNAS) calculados para un muro, donde se comprobó que estos elementos cumplen con los requisitos que nos permite la NSR-10.

Tabla 24. Valores del cortante en las columnas del modelo dos.

Combinación	Verificación a cortante en las columnas de confinamiento			
	Vuc	ϕV_{nc}	Vuc < ϕV_{nc}	Vuc / ϕV_{nc}
1	12,8415	21,06626402	CUMPLE	0,609576524
2	11,534	21,06626402	CUMPLE	0,547510464
3	4,226	21,06626402	CUMPLE	0,2006051
4	4,4665	21,06626402	CUMPLE	0,212021457
5	0,132	21,06626402	CUMPLE	0,006265943
6	16,132	21,06626402	CUMPLE	0,76577413
7	8,8245	21,06626402	CUMPLE	0,4188925
8	17,44	21,06626402	CUMPLE	0,827863924
9	2,59	21,06626402	CUMPLE	0,122945388
10	2,118	21,06626402	CUMPLE	0,100539896
			Valor Máximo	0,827863924

La siguiente tabla nos presenta los resultados del cortante de todas las columnas analizadas para un valor de carga muerta inicial incrementada en un 50% y además se observa que los valores están cumpliendo con lo permitido con la norma.

Tabla 25. Valores máximos del cortante en las columnas para el modelo dos.

Verificación del cortante en las columnas de confinamiento		
MURO	Valores Máximos	
1		0,827863924
2		0,724357199
3		0,848916542
4		0,820957146
5		0,79821937
6		0,813124718
7		0,911931986

8.5 VERIFICACIÓN A CORTANTE EN LAS VIGAS DE CONFINAMIENTO DEL MURO.

En la siguiente tabla se presentan los resultados del chequeo del cortante de las vigas de confinamiento de un muro que fue analizado en la dirección paralela a su plano, y además se comprobó que cumpliera con los requisitos de la NSR-10.

Tabla 26. Valores del cortante en las vigas del modelo dos.

Verificación a cortante en las vigas de confinamiento				
Combinación	Vuc	ϕV_{nc}	Vuc < ϕV_{nc}	Vuc / ϕV_{nc}
1	11,6524722	29,048352	CUMPLE	0,401140561
2	10,466037	29,048352	CUMPLE	0,360297101
3	3,8347037	29,048352	CUMPLE	0,132011059
4	4,05293519	29,048352	CUMPLE	0,139523756
5	0,11977778	29,048352	CUMPLE	0,004123393
6	14,6382963	29,048352	CUMPLE	0,503928632
7	8,00741667	29,048352	CUMPLE	0,275658208
8	15,8251852	29,048352	CUMPLE	0,54478771
9	2,35018519	29,048352	CUMPLE	0,080905973
10	1,92188889	29,048352	CUMPLE	0,066161718
			Valor Máximo	0,54478771

La siguiente tabla nos presenta los resultados del cortante de todas las vigas analizadas para un valor de carga muerta inicial incrementada en un 50%, y además se observa que los valores están cumpliendo con lo permitido con la norma.

Tabla 27. Valores máximos del cortante en las vigas para el modelo dos.

Verificación del cortante en las vigas de confinamiento	
MURO	Valores Máximos
1	0,54478771
2	0,476673627
3	0,558641687
4	0,540242606
5	0,525279687
6	0,535088365
7	0,600109902

9 RESULTADOS DE LOS ÍNDICES DE SOBRESFUERZO EN LA DIRECCIÓN PARALELA A SU PLANO PARA EL MODELO TRES.

Se analizaron los índices de sobre-esfuerzo de aplastamiento, cortante y flexo-compresión en la dirección paralela a su plano y se realizó un chequeo a las columnetas y vigas.

9.1 ANÁLISIS PARA LOS ÍNDICES DE SOBRESFUERZO POR APLASTAMIENTO EN LA DIRECCIÓN PARALELA A SU PLANO.

A continuación se muestran los valores de aplastamiento calculados para el primer muro con carga muerta inicial incrementada en un 100%.

Tabla 28. Valores de aplastamiento en los muros para el modelo tres.

Aplastamiento en la dirección paralela a su plano				
Combinación	Pud	\emptyset Pnd	Pud< \emptyset Pnd	Pud/ \emptyset Pnd
1	41,4118874	98,6321562	CUMPLE	0,41986193
2	36,9328464	98,6321562	CUMPLE	0,37445036
3	14,0636757	98,6321562	CUMPLE	0,142587127
4	13,8584257	98,6321562	CUMPLE	0,140506162
5	0,87231248	98,6321562	CUMPLE	0,008844098
6	51,664935	98,6321562	CUMPLE	0,523814311
7	28,7971146	98,6321562	CUMPLE	0,291964768
8	56,143976	98,6321562	CUMPLE	0,569225881
9	8,25591104	98,6321562	CUMPLE	0,083704051
10	7,06762159	98,6321562	CUMPLE	0,071656363
			Valor Máximo	0,569225881

La siguiente tabla nos muestra los resultados del índice de sobreesfuerzo de aplastamiento de todos los muros analizados en la dirección paralela a su plano para un valor de carga inicial (incrementada en un 100%), donde se presentan los valores máximos de estos índices de sobreesfuerzo.

Tabla 29. Valores máximos de aplastamiento en los muros para el modelo tres.

Aplastamiento en la dirección paralela a su plano	
MURO	Valores Máximos
1	0,569225881
2	0,497405231
3	0,556452593
4	0,550045414
5	0,548758502
6	0,563174656
7	0,562805011

9.2 DISEÑO A CORTANTE DEL MURO EN LA DIRECCIÓN PARALELA A SU PLANO.

A continuación se muestran los índices de sobreesfuerzo del cortante de los muros analizados en la dirección paralela a su plano. Para un valor de carga muerta inicial incrementada en un 100%.

Tabla 30. Valores del cortante en los muros del modelo tres.

Combinación	Cortante en la dirección Paralela a su plano			
	Vu	ϕV_n	$V_u < \phi V_n$	$V_u / \phi V_n$
1	30,668	29,3188526	NO CUMPLE	1,04601638
2	27,351	30,9166859	CUMPLE	0,88466791
3	10,415	28,5483526	CUMPLE	0,36481965
4	10,263	29,4858526	CUMPLE	0,34806523
5	0,646	33,8745193	CUMPLE	0,01907038
6	38,261	32,4435193	NO CUMPLE	1,17931103
7	21,326	34,8118526	CUMPLE	0,61260744
8	41,578	34,0415193	NO CUMPLE	1,22139085
9	6,114	32,5951859	CUMPLE	0,18757371
10	5,234	31,4696859	CUMPLE	0,16631879
			Valor Máximo	1,22139085

En la siguiente tabla se presentan los resultados de un análisis de los índices de sobreesfuerzos del cortante, calculados para todos los muros en la dirección paralela a su plano con un incremento de carga muerta de un 100%.

Tabla 31. Valores máximos del cortante en los muros para el modelo tres.

Cortante en la Dirección Paralela a su plano	
MURO	Valores Máximos
1	1,221390846
2	1,110181311
3	1,208868412
4	1,090274507
5	1,166095486
6	1,328574063
7	1,274052105

9.3 DISEÑO A FLEXO-COMPRESIÓN DEL MURO EN LA DIRECCIÓN PARALELA A SU PLANO.

La siguiente tabla muestra los índices de sobreesfuerzo de un análisis de flexo-compresión del muro realizado en la dirección paralela a su plano, calculado para

un muro con un valor de carga muerta inicial incrementado en un 100% donde se toma el valor máximo para después ser graficado.

Tabla 32. Valores de flexo-compresión en los muros del modelo tres.

Flexo- Compresión en la dirección paralela a su plano				
Combinación	Puc	ϕ Pnc	Puc< ϕ Pnc	Puc/ ϕ Pnc
1	23,7374627	273,105	CUMPLE	0,086916983
2	26,5330738	273,105	CUMPLE	0,09715338
3	17,074443	273,105	CUMPLE	0,062519701
4	14,1595967	273,105	CUMPLE	0,051846713
5	27,6064967	273,105	CUMPLE	0,10108382
6	31,3939878	273,105	CUMPLE	0,11495208
7	36,146329	273,105	CUMPLE	0,13235323
8	38,1863627	273,105	CUMPLE	0,139823008
9	23,3243053	273,105	CUMPLE	0,085404168
10	19,9366277	273,105	CUMPLE	0,072999863
			Valor Máximo	0,139823008

La siguiente tabla nos presenta los resultados de todos los valores máximos analizados a flexo-compresión en la dirección paralela al plano de todos los muros analizados para un valor de carga muerta inicial con un incremento de un 100%.

Tabla 33. Valores máximos de flexo-compresión en los muros para el modelo tres.

Flexo- Compresión en la dirección paralela a su plano	
MURO	Valores Máximos
1	0,139823008
2	0,116715151
3	0,14525757
4	0,184187326
5	0,143386373
6	0,108881675
7	0,13767521

9.4 VERIFICACIÓN A CORTANTE EN LAS COLUMNAS DE CONFINAMIENTO DEL MURO.

A continuación se muestra los resultados del cortante en los elementos de confinamiento (COLUMNAS) calculados para un muro, donde se comprobó que estos elementos cumplen con los requisitos que nos permite la NSR-10.

Tabla 34. Valores del cortante en las columnas del modelo tres.

Verificación a cortante en las columnas de confinamiento				
Combinación	Vuc	ϕV_{nc}	Vuc < ϕV_{nc}	Vuc / ϕV_{nc}
1	15,334	21,066264	CUMPLE	0,727893659
2	13,6755	21,066264	CUMPLE	0,649165888
3	5,2075	21,066264	CUMPLE	0,24719618
4	5,1315	21,066264	CUMPLE	0,243588516
5	0,323	21,066264	CUMPLE	0,015332572
6	19,1305	21,066264	CUMPLE	0,908110711
7	10,663	21,066264	CUMPLE	0,506164737
8	20,789	21,066264	CUMPLE	0,986838481
9	3,057	21,066264	CUMPLE	0,145113533
10	2,617	21,066264	CUMPLE	0,124227058
			Valor Máximo	0,986838481

La siguiente tabla nos presenta los resultados del cortante de todas las columnas analizadas para un valor de carga muerta inicial incrementada en un 100% y además se observa que los valores están cumpliendo con lo permitido con la norma.

Tabla 35. Valores máximos del cortante en las columnas para el modelo tres.

Verificación del cortante en las columnas de confinamiento	
MURO	Valores Máximos
1	0,986838481
2	0,862326608
3	0,964694071
4	0,953586264
5	0,951355208
6	0,976347775
7	0,97570694

9.5 VERIFICACIÓN A CORTANTE EN LAS VIGAS DE CONFINAMIENTO DEL MURO.

En la siguiente tabla se presentan los resultados del chequeo del cortante de las vigas de confinamiento de un muro que fue analizado en la dirección paralela a su plano, y además se comprobó que cumpliera con los requisitos de la NSR-10.

Tabla 36. Valores del cortante en las vigas del modelo tres.

Verificación a cortante en las vigas de confinamiento				
Combinación	Vuc	ϕV_{nc}	Vuc < ϕV_{nc}	Vuc/ ϕV_{nc}
1	13,9141852	29,048352	CUMPLE	0,479000846
2	12,40925	29,048352	CUMPLE	0,427192909
3	4,72532407	29,048352	CUMPLE	0,162670986
4	4,65636111	29,048352	CUMPLE	0,160296911
5	0,29309259	29,048352	CUMPLE	0,010089818
6	17,3591574	29,048352	CUMPLE	0,597595257
7	9,67568519	29,048352	CUMPLE	0,333088954
8	18,8640926	29,048352	CUMPLE	0,649403194
9	2,77394444	29,048352	CUMPLE	0,095494038
10	2,37468519	29,048352	CUMPLE	0,081749394
			Valor Máximo	0,649403194

La siguiente tabla nos presenta los resultados del cortante de todas las vigas analizadas para un valor de carga muerta inicial incrementada en un 100%, y además se observa que los valores están cumpliendo con lo permitido con la norma.

Tabla 37. Valores máximos del cortante en las vigas para el modelo tres.

Verificación del cortante en las vigas de confinamiento	
MURO	Valores Máximos
1	0,649403194
2	0,567466373
3	0,634830748
4	0,627521096
5	0,626052918
6	0,642499634
7	0,642077924

10 DERIVAS MÁXIMAS COMO PORCENTAJE DE LA ALTURA DEL PISO.

El control de derivas de los casos analizados se realizó siguiendo los lineamientos de la NSR-10, los cuales se ilustran en la siguiente tabla:

Tabla 38. Control de derivas.

Estructura de	Deriva Máxima
Concreto reforzado, metálicas, de madera, y de mampostería que cumplen los requisitos del título A.6.4.2.2	$1.0\%(\Delta iMax \leq 0.010hpt)$
De mampostería que cumplen los requisitos de A.6.4.2.3	$0.5\%(\Delta iMax \leq 0.005hpt)$

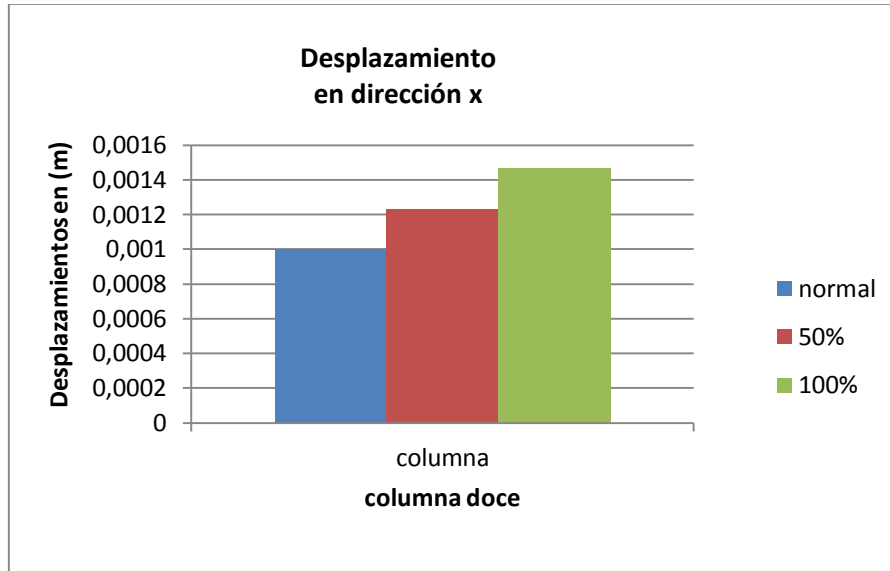
Tabla 39. Deriva máxima.

Piso	H [m]	Deriva Máxima [m]
1	2.45	$0.5\%hp = 0.01225$
2	2.45	$0.5\%hp = 0.01225$

10.1 DESPLAZAMIENTO EN DIRECCIÓN [X].

La siguiente gráfica representa los desplazamientos máximos obtenidos en dirección X, y estos desplazamientos se presentaron en la columna doce ubicada en la intersección del eje 3 y eje D.

Figura 24. Representación del desplazamiento en dirección X.



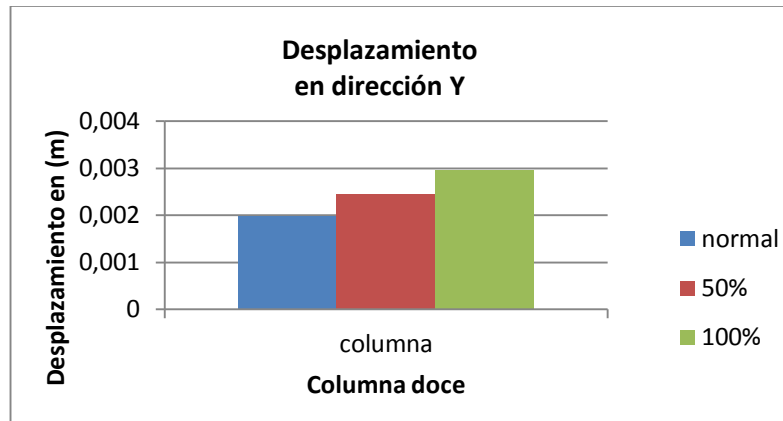
Representación del desplazamiento en dirección X.

El control de derivas en dirección [X] nos muestra, que al aumentarle su carga muerta hasta un 100% aumenta su desplazamiento, pero que aún sigue cumpliendo con la deriva admisible.

10.2 DESPLAZAMIENTO EN DIRECCIÓN [Y].

El siguiente gráfico ilustra los desplazamientos máximos obtenidos en dirección Y, y estos desplazamientos se presentaron en la columna doce ubicada en la intersección del eje 3 y eje D de los tres modelos.

Figura 25. Representación del desplazamiento en dirección Y.



Representación del desplazamiento en dirección Y.

Esta grafica nos muestra los desplazamientos de los tres modelos en dirección [y], y podemos observar que su desplazamiento aumenta al incrementar su carga muerta, y aun con este incremento de 100% nos cumple con la deriva permisible.

11 CONTROL DE DERIVAS EN LA DIRECCION [X]

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos en SAP después de realizarse un análisis en las direcciones [x]. Donde se comprueba que el control de las derivas cumpla con los requisitos que nos da la norma.

11.1 ANÁLISIS EN DIRECCIÓN [X] PARA EL MODELO UNO CON UN VALOR DE CARGA MUERTA INICIAL.

Para el análisis en la dirección [x].el parámetro que se tuvo en cuenta fue la carga muerta, donde se analizaron los casos para la carga muerta inicial, carga muerta aumentada 50% y carga muerta aumentada un 100%.

A continuación se muestran los resultados para la carga muerta inicial.

Tabla 40. Desplazamiento en dirección X para el modelo uno.

		Deriva
Columna 1	A102	0,00094644
	A103	0,00060007
Columna 2	A202	0,00097343
	A203	0,00061607
Columna 3	A302	0,00100042
	A303	0,00063306
Columna 4	B102	0,00094601
	B103	0,00060003
Columna 5	B202	0,00097301
	B203	0,00061603
Columna 6	B302	0,00100001
	B303	0,00063303
Columna 7	C102	0,00094617
	C103	0,00060037
Columna 8	C202	0,00097317
	C203	0,00061636
Columna 9	C302	0,00100016
	C303	0,00063335
Columna 10	D102	0,00094698
	D103	0,00060108
Columna 11	D202	0,00097395
	D203	0,00061705
Columna 12	D302	0,00100092
	D303	0,00063402
		0,00100092

Para la carga muerta inicial el desplazamiento mayor se produjo en la columna doce ubicada entre el eje 3 y el eje D. y el desplazamiento que se produjo está en el rango permitido por la NSR-10.

11.2 ANÁLISIS EN DIRECCIÓN X PARA EL MODELO DOS CON UN VALOR DE CARGA MUERTA INICIAL INCREMENTADA EN UN 50%.

En la siguiente tabla se presentan los resultados para una carga inicial incrementada en un 50%.

Tabla 41. Desplazamiento en dirección X para el modelo dos.

		Deriva
Columna 1	A102	0,00115463
	A103	0,00069109
Columna 2	A202	0,00118961
	A203	0,00071109
Columna 3	A302	0,00122559
	A303	0,00073008
Columna 4	B102	0,00115401
	B103	0,00069104
Columna 5	B202	0,00118901
	B203	0,00071104
Columna 6	B302	0,00122501
	B303	0,00073004
Columna 7	C102	0,00115425
	C103	0,00069142
Columna 8	C202	0,00118924
	C203	0,00071114
Columna 9	C302	0,00122524
	C303	0,00073039
Columna 10	D102	0,00115541
	D103	0,00069228
Columna 11	D202	0,00119037
	D203	0,00071224
Columna 12	D302	0,00122633
	D303	0,00073121
		0,00122633

En esta tabla se puede observar, que el desplazamiento mayor se vuelve a presentar en la misma columna, y este desplazamiento aun sigue cumpliendo con el control admisible que nos permite la norma.

11.3 ANÁLISIS EN DIRECCIÓN X PARA EL MODELO TRES CON UN VALOR DE CARGA MUERTA INICIAL INCREMENTADA EN UN 100%.

A continuación se muestran los resultados cuando le aumentamos la carga en un 100% a la carga inicial.

Tabla 42. Desplazamiento en dirección X para el modelo tres.

		Deriva
Columna 1	A102	0,0013738
	A103	0,00078511
Columna 2	A202	0,00141778
	A203	0,0008081
Columna 3	A302	0,00146276
	A303	0,0008301
Columna 4	B102	0,00137301
	B103	0,00078504
Columna 5	B202	0,00141701
	B203	0,00080804
Columna 6	B302	0,00146201
	B303	0,00083004
Columna 7	C102	0,00137335
	C103	0,00078546
Columna 8	C202	0,00141734
	C203	0,00080845
Columna 9	C302	0,00146233
	C303	0,00083044
Columna 10	D102	0,00137489
	D103	0,00078647
Columna 11	D202	0,00141883
	D203	0,00080942
Columna 12	D302	0,00146377
	D303	0,00083139
		0,00146377

Podemos observar que al aumentarle la carga muerta en un 100% su desplazamiento aumenta, y este desplazamiento se vuelve a producir en columna doce, y aun este desplazamiento sigue estando en el permitido por la NSR-10.

12 CONTROL DE DERIVAS EN LA DIRECCIÓN [Y]

En este caso se analizaron los desplazamientos producidos por la carga muerta inicial, y se comprobó que al aumentarle su carga muerta inicial en un 50% y 100%, los desplazamientos que se produjeron por este aumento aún están en el rango permitido por la NSR-10.

12.1 ANÁLISIS EN DIRECCIÓN [Y] PARA EL MODELO UNO CON UN VALOR DE CARGA MUERTA INICIAL.

A continuación se muestran los resultados obtenidos para el análisis cuando se tiene una carga muerta inicial sin incremento.

Tabla 43. Desplazamiento en dirección Y para el modelo uno.

		Deriva
Columna 1	A102	0,00141725
	A103	0,00088743
Columna 2	A202	0,001401
	A203	0,000876
Columna 3	A302	0,0014174
	A303	0,00088776
Columna 4	B102	0,00161425
	B103	0,00101696
Columna 5	B202	0,0016
	B203	0,001007
Columna 6	B302	0,00161438
	B303	0,00101724
Columna 7	C102	0,00179282
	C103	0,00113591
Columna 8	C202	0,00178
	C203	0,001127
Columna 9	C302	0,00179294
	C303	0,00113616
Columna 10	D102	0,00199054
	D103	0,00126599
Columna 11	D202	0,001979
	D203	0,001258
Columna 12	D302	0,00199064
	D303	0,00126621
		0,00199064

En esta tabla se puede observar que el desplazamiento mayor se produjo en la columna doce, ubicada entre el eje 3 y el eje D. Además se comprobó que este desplazamiento que produjo esta carga aun sique estando en el rango permitido por la NSR-10.

12.2 ANÁLISIS EN DIRECCIÓN Y PARA EL MODELO DOS CON UN VALOR DE CARGA MUERTA INICIAL INCREMENTADA EN UN 50%.

La siguiente tabla nos muestra los resultados obtenidos, cuando le incrementamos la carga muerta inicial en un 50%.

Tabla 44. Desplazamiento en dirección Y para el modelo dos.

		Deriva
Columna 1	A102	0,00173379
	A103	0,00100981
Columna 2	A202	0,001712
	A203	0,000998
Columna 3	A302	0,00173379
	A303	0,00101027
Columna 4	B102	0,001985
	B103	0,00115135
Columna 5	B202	0,001966
	B203	0,001141
Columna 6	B302	0,001985
	B303	0,00115175
Columna 7	C102	0,00221204
	C103	0,00128129
Columna 8	C202	0,002195
	C203	0,001272
Columna 9	C302	0,00221204
	C303	0,00128165
Columna 10	D102	0,00246428
	D103	0,00142336
Columna 11	D202	0,002449
	D203	0,001415
Columna 12	D302	0,00246428
	D303	0,00142368
		0,00246428

Se puede observar que cuando le incrementamos la carga muerta inicial en un 50% el desplazamiento se produce en la columna doce, y este desplazamiento aún está en el rango que nos permite la norma.

12.3 ANÁLISIS EN DIRECCIÓN Y PARA EL MODELO TRES CON UN VALOR DE CARGA MUERTA INICIAL INCREMENTADA EN UN 100%.

A continuación se presentan los resultados de desplazamientos, cuando se incrementa la carga muerta inicial en un 100%.

Tabla 45. Desplazamiento en dirección Y para el modelo tres.

		Deriva
Columna 1	A102	0,00206749
	A103	0,00113436
Columna 2	A202	0,00204
	A203	0,001122
Columna 3	A302	0,00206765
	A303	0,00113451
Columna 4	B102	0,00237489
	B103	0,00128887
Columna 5	B202	0,002351
	B203	0,001278
Columna 6	B302	0,00237503
	B303	0,00128899
Columna 7	C102	0,00265534
	C103	0,00142681
Columna 8	C202	0,002634
	C203	0,001417
Columna 9	C302	0,00265547
	C303	0,00142692
Columna 10	D102	0,00296411
	D103	0,00158184
Columna 11	D202	0,002945
	D203	0,001573
Columna 12	D302	0,00296422
	D303	0,00158195
		0,00296422

Esta tabla nos muestra que si le incrementamos la carga muerta inicial en un 100%, su desplazamiento aumenta y se presenta en la columna doce, además este desplazamiento producido por esta carga muerta aún está en el rango admitido por la NSR-10.

13 CONCLUSIONES.

Del análisis de la fuerza cortante en el muro en la dirección paralela a su plano se concluye que el índice de sobreesfuerzo se cumple bajo los lineamientos de la NSR-10 cuando se analizó con su carga muerta normal, pero al aumentar su carga muerta en un 50% y 100% estos índices ya no cumplían con el índice admisible que nos permite la norma.

En el análisis de la fuerza cortante que actúa sobre las columnas de confinamiento se determinó que se debía tener en cuenta la resistencia que aporta el refuerzo para que las columnas cumplieran con el índice permitido por la NSR-10.

Se determinó que para un análisis de flexo-compresión de los muros en la dirección paralela a su plano, se le puede aumentar hasta un 100% su carga muerta a la carga inicial sin detrimento de sobrepasar el índice de sobreesfuerzo permitido por la norma.

En el control de las derivas en ambas direcciones X y Y, se concluyó que al aumentarle su carga muerta hasta en un 100% aún siguen cumpliendo con la deriva permisible.

Se puede concluir que al aumentar la carga muerta por encima del valor sugerido por el diseño inicial de la edificación se producirá un incremento de los índices de sobreesfuerzos por encima de los valores aceptados por la norma.

14. RECOMENDACIONES.

- ✓ Para obtener unos resultados más verdaderos de los análisis realizados a los muros es necesario realizar ensayos a las unidades de mampostería de la casa tipo que se estudió, para obtener un valor más real de la resistencia a la compresión de la mampostería.
- ✓ Se recomienda realizar un análisis a los muros en la dirección perpendicular a su plano, debido a que los muros se consideran menos resistentes cuando se le aplican fuerzas en esta dirección.
- ✓ Se recomienda realizar los modelos con información experimental de la mampostería para una mayor veracidad en los resultados.

CITAS

- [1] Comisión Asesora Permanente para el Régimen de construcciones Sismo Resistentes. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Bogotá D.C. Títulos A, D y E, 2010.
- [2] J. Arango, edificios altos de mampostería en arcilla, terracota, Bogotá, 2001
- [3] D. Ruiz, Propuesta de normativa para la rehabilitación sísmica de edificaciones patrimoniales, Journal of Cultural Heritage Studies, vol. 25 No 2, Bogotá, 2012
- [4] J. Jaramillo, Ingeniería Estructural Y: Mampostería Estructural, Curso Virtual, Universidad Nacional de Colombia, 2013.
- [5] C. Leal y J. Martínez, Estudio Experimental en Muros y Fachadas de Mampostería, Tesis presentada como requisito para el título de Magister en Ingeniería Civil, Universidad de los Andes, Bogotá D.C. Colombia 1997.
- [6] Miranda, R. 2002. Comportamiento mecánico de la mampostería confinada. En: ICA (eds). Edificaciones de mampostería para vivienda. Capítulo 4. México D.F. p73-83.
- [7] Oscar Javier Gutiérrez; Mampostería Estructural; Tesis de Maestría en ingeniería civil; Universidad de los Andes; Bogotá 2003.
- [8] MALDONADO RONDON, Esperanza; CHIO CHO, Gustavo. Visión Estructural de las edificaciones de la ciudad de Bucaramanga: 1ed. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Ediciones UIS, 2007

BIBLIOGRAFÍA.

ARANGO, J. Edificios altos de mampostería en arcilla. Bogotá: Terracota, 2001.

CHIO CHIO, Gustavo y MALDONADO, E. Vulnerabilidad Sísmica en Centros Urbanos. 1ed. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. División de Publicaciones, 2008.

COMISIÓN ASESORA PERMANENTE PARA EL RÉGIMEN DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Bogotá D.C. Títulos A, D y E, 2010.

JARAMILLO, J. Ingeniería Estructural y Mampostería Estructural. Curso Virtual, Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2013.

LEAL V., Chiara del Pilar. Estudio Experimental en Muros y Fachadas de Mampostería, Tesis Magister en Ingeniería Civil. Bogotá: Universidad de los Andes, 1997.

RUIZ VALENCIA, Daniel; LOPEZ PEREZ, Cecilia y RIVERA, Juan Carlos. Propuesta de normativa para la rehabilitación sísmica de edificaciones patrimoniales. En: Apuntes. Bogotá. Julio –Diciembre, 2012. Vol. 25 No 2, p. 226-239